

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Специальность **15.04.01 Машиностроение**
 ООП/ОПОП **15.04.04 Машины и технологии сварочного производства**
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение электронной инженерии**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Технология сборки и сварки рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины

УДК 621.757:621.791:62-21

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM01	Хайдуков Л.А.		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

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 ОЭИ ИШНКБ	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/ОПОП
 _____ Гордынец А.С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Выпускной квалификационной работы магистра
(ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ01	Хайдуков Леонид Андреевич

Тема работы:

Технология сборки и сварки рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10.01.2022, № 10-5/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Чертёж рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины Материал конструкции сталь Strenx 700E по ГОСТ 5632-2014 Тип производства – среднесерийный
---	--

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>	1. Обзор литературы 2. Описание конструкции 3. Разработка технологии сборки и сварки рамы опорной 4. Конструкторская часть 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность 7. Заключение Комплект технологической документации
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	План раскроя заготовок Конструктивные элементы кромок Сборка конструкции Конструктивные элементы шва Схема выполнения сварных швов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
1-4	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ
5	Верховская М.В., к.э.н., доцент ОСГН ШБИП
6	Федорчук Ю.М., д.т.н. профессор ТПУ
Комплект технологических документов	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
1. Описание конструкции	
2. Разработка технологии сборки и сварки рамы опорной	

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	Першина А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Хайдуков Леонид Андреевич		

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



Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Уровень образования **магистратура**
 Отделение школы (НОЦ) **электронной инженерии**
 Период выполнения осенний/весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

Выпускная квалификационная работа магистра (ВКР бакалавра/ ВКР специалиста/ ВКР магистра)
--

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающегося:

Группа	ФИО
1ВМ01	Хайдуков Леонид Андреевич

Тема работы:

Технология сборки и сварки рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.01.2022	1. Обзор литературы	10
09.02.2022	2. Описание конструкции	10
25.03.2022	3. Разработка технологии сборки и сварки рамы опорной	20
24.04.2022	4. Конструкторская часть	20
10.05.2022	5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
24.05.2022	6. Социальная ответственность	10
31.05.2022	Английский язык	10
04.06.2022	Заключение	5
03.06.2022	Презентация	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Хайдуков Леонид Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 115 с., 17 рис., 23 табл., 22 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: сварка стали Strenx 700E, сварка крупногабаритных конструкций, сварной шов, сборка, рама, механизированная сварка.

Объектом исследования является технология изготовления сварной рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины.

Цель работы – разработать технологическую документацию на сборку и сварку рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины, привести результаты разработки в виде технологических карт.

В ходе работы проводились исследования уже существующих способов сварки высокопрочных низколегированных сталей, а также сварки крупногабаритных конструкций. Были проведены исследования и необходимые расчёты по обоснованию выбора разделки кромок, режимов и последовательности сварки конструкции.

В результате исследований была разработана технология механизированной сварки плавящимся электродом рамы опорной в среде защитных газов.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: габаритные размеры рамы 2150x1332x472 мм.

Степень внедрения: задание было выполнено применительно к предприятию по производству военной техники РФ.

Область применения: описанный способ сварки и его особенности может применяться для производства различных рам, применяющихся не только для унифицированной транспортно-загрузочной машины, а также для других крупногабаритных рам машин и механизмов.

Экономическая эффективность/значимость работы сравнив значения показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В будущем планируется унификация данной технологии сварки с другими моделями автоматических сварочных линий.

Оглавление

Введение.....	11
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки.....	13
1 Обзор литературы	16
1.1 Анализ существующих технологий сварки высокопрочных низколегированных сталей	16
1.2 Современные методы сварки	16
2 Описание конструкции.....	24
2.1 Описание сварной конструкции.....	24
2.2 Общая характеристика состав и свойства материалов	24
2.3 Оценка свариваемости стали Strenx 700E	26
3 Разработка технологии сборки и сварки рамы опорной.....	27
3.1 Выбор способа сварки	27
3.2 Выбор сварочных материалов	28
3.3 Расчет параметров режима сварки	29
3.4 Выбор сварочного оборудования.....	33
3.5 План борьбы со сварочными деформациями.....	37
3.6 Заготовительные операции	38
3.7 Сборочные операции	39
3.8 Сварочные операции	41
3.9 Контроль качества сварных соединений.....	42
4 Конструкторская часть.....	44
4.1 Разработка схемы базирования рамы опорной.....	44
4.2 Расчет усилий закрепления заготовок	46
4.3 Принципиальная схема сборки рамы опорной	49

4.4	Выбор типа зажимного устройства.....	50
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .	52
5.1	Предпроектный анализ.....	52
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	52
5.1.2	Технология QuaD.....	53
5.2	SWOT-анализ	55
5.3	Структура работ в рамках научного исследования.....	59
5.4	Разработка графика проведения научного исследования.....	60
5.5	Бюджет научно-технического исследования	65
5.5.1	Расчёт материальных затрат	65
5.5.2	Расчёт амортизационных отчислений	66
5.5.3	Основная заработная плата исполнителей.....	67
5.5.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	69
5.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	69
5.5.6	Накладные расходы	70
5.6	Определение ресурсоэффективности исследования	71
5.6.1	Интегральный показатель ресурсоэффективности	71
	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	73
6	Раздел «Социальная ответственность».....	77
	Введение	77
6.1	Анализ выявленных вредных факторов	78
6.2	Микроклимат в помещении	78
6.3	Освещенность рабочей зоны	80
6.4	Повышенный уровень электромагнитных излучений	85

6.5	Превышение уровней шума.....	86
6.6	Ультразвук.....	87
6.7	Электробезопасность.....	88
6.8	Пожарная опасность	89
6.9	Лазерное излучение	92
6.10	Экологическая безопасность	93
6.11	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	94
	Перечень нормативно – технической документации	97
	Заключение	99
	Список использованных источников	101
	Приложение A Development of a technological process for assembling and welding the frame of a supporting unified transport and loading machine.....	104
	Introduction	105
7.1	Description of the welded structure.....	106
7.2	General characteristics composition and properties of materials	106
7.3	Choice of welding method.....	108
7.4	Choice of welding materials	109
7.5	Selection of welding equipment	110
	Приложение Б Комплект конструкторско-технологической документации.....	115

Введение

В настоящее время в армиях всего мира активно используются различные самоходные артиллерийские установки, к которым предъявляются достаточно высокие требования, в том числе и к их мобильности на поле боя. Для того чтобы быть мобильными и эффективными САУ должны содержать боекомплект, который не будет критически отражаться на скорости и иметь возможность быстро его восполнить. Такую задачу выполняет унифицированная транспортно-загрузочная машина, которая способна быстро заряжать широкий спектр артиллерийской техники, перемещая дополнительный боекомплект.

К такой машине предъявляются не менее серьезные требования по надёжности, скорости перезарядки и грузоподъемности. Данная конструкция будет изготовлена из нескольких сталей, которые необходимо будет сварить, получив соединение высокого качества. Шов должен быть равнопрочным, с сохранением пластичности, так как рама при движении машины испытывает разнонаправленные динамические нагрузки.

Поэтому целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки опорной рамы унифицированной транспортно-загрузочной машины, обеспечивающей получение сварного соединения с удовлетворяющими параметрами прочности на кручение и изгиб, а также всем другим необходимым эксплуатационным требованиям.

Объектом исследования является технология изготовления опорной рамы унифицированной транспортно-загрузочной машины.

Актуальность исследования состоит в описании технологии формирования сварных швов высокого качества, которое достигается путём правильной последовательности сборки и сварки данной конструкции, замены устаревшего сварочного оборудования на высокотехнологичное новое. В целях повышения стабильности процесса сварки, а также улучшенного качества сварного шва (с учетом экономического фактора), было решено использовать механизированную сварку плавящимся электродом в смеси CO_2 .

Практическая значимость результатов ВКР – результаты магистерской ВКР можно применить в машиностроении при многосоставной сборке и сварки крупногабаритных рам и опорных конструкций, состоящих из среднелегированных сталей.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Данная выпускная квалификационная работа содержит в себе следующие обозначения и сокращения:

ВКР – выпускная квалификационная работа;

КТД – комплект технологической документации;

САУ - самоходная артиллерийская установка;

ЗТВ – зона термического влияния;

МАГ – механизированная сварка в среде активных газов;

ПК – персональный компьютер;

РДС – ручная дуговая сварка;

МП – механизированная сварка плавящимся электродом в среде активных газов и смесях;

ИП – источник питания;

СО² – углекислый газ;

ОТК – отдел технического контроля;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

СКЗ – средства коллективной защиты;

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1) ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.
- 2) ГОСТ Р 2.2.2006-05 Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Стандартинформ, 2015. – 45 с.
- 3) СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. / Разработаны: НИИ медицины труда РАМН / Афанасьева Р.Ф., Репин Г.Н., Михайлова Н.С., 1996. – 45 с.

- 4) ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 5) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы / Минздрав России / Москва 2003. – 27 с.
- 6) СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. / НИИСФ РААСН / Дата введения 2017 – 35с.
- 7) ОСТ 54 30013-83. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности. // Дата принятия 04.04.1983 // ОСТ СССР (Отраслевой Стандарт СССР) – 25с.
- 8) СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" / Минздрав России / Москва 21 2016 год. – 26 с.
- 9) ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов. //М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 – 42с.
- 10) Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. // Минюст России 01.08.2003 – 25с.
- 11) СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы // Госстрой СССР 01.01.1987 – 29с.
- 12) СанПиН 2.2.4./2.1.8.582-96. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения. Санитарные правила и нормы / Минздрав России / Москва 1997 год. – 23 с.
- 13) ГОСТ 12.1.040-83 Лазерная безопасность. Общие положения / Минздрав России / Переиздание от 2001 года – 16 с.
- 14) ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность защитное заземление. Зануление. / Государственный комитет СССР/ Переиздание от 2001 года – 19 с.

- 15) ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. // 1977г. 34 стр.
- 16) РД 03-606-03. "Инструкция по визуальному и измерительному контролю" // Федеральный горный и промышленный надзор России // Введён от 11 июня 2003 г. – 53 с.
- 17) ГОСТ Р 55724 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. // 2015 г. 14 с.
- 18) РД РОСЭК-004-97 Машины грузоподъемные. Контроль капиллярный. // Дата введения 15.05.1998 г. 15 с.

1 Обзор литературы

1.1 Анализ существующих технологий сварки высокопрочных низколегированных сталей

Для начала рассмотрим особенности материала, из которого изготовлены основные элементы конструкции – свариваемость и возможные дефекты, а также разберём существующие на данный момент технологии для сварки данного вида сталей их преимущества и недостатки.

Сталь Strenx 700E относится к классу высокопрочных конструкционных сталей, предел текучести данной марки лежит в диапазоне 650-700 МПа, что позволяет применять данную сталь для: производства самосвалов, шасси прицепов, подъемных кранов, строительного и сельскохозяйственного оборудования и т.д. Ключевым преимуществом подобных в сравнении с обычными конструкционными сталями, например Ст3, является повышенная прочность, благодаря которой достигается уменьшение массы конструкции при сохранении допустимой прочности изделия.

Недостатком же этого класса сталей является пониженные характеристики пластичности и сопротивления хрупкому разрушению (ввиду высокого шанса образования закалочных структур в сварном шве), что компенсируется в значительной степени термообработкой и в случае необходимого соединения – правильной технологией сварки. В такой ответственной конструкции как рама, которая испытывает разнонаправленные динамические конструкции на изгиб и кручение необходимо производить сварку учитывая эти требования.

Сталь Strenx 700E относится к категории ограниченно свариваемых сталей, для того чтобы выполнить качественное сварное соединения из этого материала, необходимо максимально уменьшить вероятность образования холодных трещин (водородное растрескивание) и пор, которые появляются из-за наличия водорода при возникновении напряжений в сварном шве в процессе сварки. Кроме этого, опорная рама является крупногабаритным изделием, что также вносит дополнительные условия в разрабатываемую технологию – большие габариты и масса изделия в совокупности, усложняет процесс термообработки, т.к. для нагрева таких изделий требуются

специальные высокоэнергоемкие печи для отпуска. Даже если учесть наличие этих печей, требуется выполнить перемещение данного изделия в печь в короткие сроки, чтобы исключить образование холодных трещин. В таких затрудненных условиях чтобы достичь равнопрочности металла шва с основным металлом необходимо следовать определённым рекомендациям.

Первым делом до начала процесса сварки на этапе написания технологии важно правильно выбрать сварочные материалы, в нашем случае сварочную проволоку. Сварочный материал должен примерно соответствовать по химическому составу основному металлу, а также иметь пониженное содержание углерода, серы и фосфора – что обеспечит необходимую стойкость металла шва к холодным и горячим трещинам [3].

Чтобы повысить пластичность сварного шва (что также требуется при сварке такой конструкции как рама) содержание углерода в сварочной проволоке должно быть не более 0,15%, что будет учтено в разделе 3 при выборе сварочных материалов. Кроме того, широкая разделка кромок, которая обеспечит образование сварного шва в большей степени из сварочной проволоки, также повысит пластичность (в случае назначения более пластичного материала сварочной проволоки в сравнении с основным металлом). Ограничения в содержании легирующих элементов в сварочной проволоке, обеспечит технологическую прочность сварного соединения.

Для защиты сварного шва от негативного влияния окружающей среды необходимо использовать защиту: основные покрытия и флюсы, инертные и активные газы и их смеси.

Кроме технологических мер в противодействии возникновения холодных и горячих трещин (а также иных деформаций и дефектов) необходимо применять и конструкторские меры такие, как: исключения в процессе конструирования жёстких узлов, большого скопления сварных швов (пересекающихся или близко расположенных).

В ходе выполнения самого процесса сборки и сварки конструкции, технологу участка необходимо следить за следующими технологическими мерами:

- 1) Сборка перед сваркой должна обеспечиваться в соответствии с КТД, соблюдая: минимально допустимые смещения кромок (обычно менее 10% от толщины) и зазоры, необходимое качество зачистки кромок и прихваток.
- 2) Термический цикл процесса сварки должен регулироваться должным образом, обеспечивая скорость охлаждения шва и ЗТВ согласно КТД. Скорость охлаждения металла сварочной ванны регулируется под действием изменяющихся параметров (силы тока, скорости сварки и погонной энергии) и с помощью технологических мер (к ним относятся методы сварки по длине сварного шва, наложение отжигающего валика, сварка блоками и т.д.). В случае невозможности осуществления необходимой скорости охлаждения методами, приведёнными выше, используют последующий подогрев металла шва и ЗТВ, что обеспечивает необходимую выдержку в заданном диапазоне температур и плавное равномерно охлаждение после. В таком случае температуру подогрева определяют исходя из примерного состава сварного шва, опираясь на содержание углерода – чем его больше, тем выше температура.
- 3) Следует следить за содержанием водорода в сварном шве (проявлением его будут образование холодных трещин и пор), это делается посредством контроля за использованием правильной защиты шва и исполнением заданных КТД режимов сварки. Для защиты сварного шва следует применять покрытые электроды с фтористокальциевыми покрытиями, основные флюсы, защитные газы с пониженной влажностью. Все сварные кромки, в процессе сборки необходимо зачистить и обезжирить, а сварочные материалы просушить (режимы сушки обычно указаны производителем) Варить следует на токе обратной полярности, соблюдая заданные параметры сварки.
- 4) Следить за правильной последовательностью выполнения сборки и наложения швов, что согласно КТД, уменьшит остаточные деформации и шансы образования наиболее вероятных дефектов.

Рекомендовано незамедлительно после окончания процесса сварки производить высокий отпуск конструкции для снятия остаточных напряжений и уравнивания структуры металла сварного шва. После такой термообработки следует провести нормализацию, для получения требуемой твердости и показателей пластичности металла конструкции. Если габариты конструкции и имеющиеся в наличии печи термообработки позволят выполнить термообработку, то химический состав сварочных материалов необходимо назначать наиболее близким к составу основного металла [3].

В случае, когда полная термообработка невыполнима, проблему равнопрочности сталей $\sigma_{0,2} = 700-750$ МПа решают подбором сварочной проволоки и оптимальных режимов сварки. Сварочная проволока в таком случае должна иметь прочность не ниже основного металла.

Выбор способа сварки для сталей такого типа достаточно широк, это может быть: РДС, сварка под флюсом, в защитных газах, электрошлаковая сварка – более подробно выбор способа сварки мы рассмотрим в разделе 3.1.

1.2 Современные методы сварки

Теперь рассмотрим примеры решений проблем сварки высокопрочных среднелегированных сталей в различных актуальных источниках (патенты, статьи, журналы).

Рассмотрим патент СССР № 1614312, В 23 К, 9/16, в котором применяют способ сварки, в ходе которого до заварки разделки кромок выполняют наплавку облицовочного слоя, который после вырезается, данный процесс повторяется до тех пор, пока в оставшейся части расплавленного металла не останется хрупких структур [1].

При таком способе сварки происходит постепенное выравнивание структуры состава переходного слоя металла, достигаемое повторением операций наплавки-удаления-наплавки, это достаточно эффективно препятствовало образованию трещин в металле сварного шва и ЗТВ. Существенными минусами данной технологии являлись:

- Высокая трудоёмкость (в особенности для протяженных швов, где требовалось многократно механически удалять промежуточный слой);
- Перерасход сварочных материалов.

В данный момент такой метод почти не применяется на практике.

Следующей технологией, которую мы рассмотрим заявка Японии №6171186, от 13.09.84. Приведённый в указанном источнике способ сварки применяется к конструкционным сталям, его суть заключается в многослойной заварке разделки кромок, которую следует выполнять с различным тепловложением в деталь. Достигается это сваркой каждого слоя сварки на определенном режиме, так первый слой укладывают при пониженном тепловложении (обратная полярность и меньший ток), относительно остальных слоев сварного шва. В ходе испытаний на высокопрочных сталях и сталях с углеродом более 0,7% данный способ согласно исследованиям, выявил низкую стойкость корневого слоя к образованию горячих трещин и пор.

Более совершенным по сравнению с предыдущими способами является способ сварки, описанный в патенте авт. св. СССР №967719, 12.05.81, В 23 К 9/16. Данная технология заключается в сварке разделки кромок от низа к верху. При этом в ходе испытаний авторы патента выполняют аргонодуговой сваркой на пониженных режимах облицовочный слой, после этого слоя при помощи РДС переплавляют практически полностью (60-80%) и выполняют заполнение разделки также ручным способом сварки [1].

Данный способ сварки зарекомендовал себя при работе с высокоуглеродистыми и высокопрочными сталями (среднелегированными), так как способен улучшить структуру металла ЗТВ, что позволит достигнуть условия равнопрочности соединения. Однако в ходе более широкого практического применения этой технологии появились и минусы: при соединении высокопрочных сталей в корне шва образуются поры, т.к. при сварке корня шва значительная доля металла шва приходится на основной металл. Данный дефект даже с учетом значительного переплава устранить достаточно сложно, кроме того он может распространиться на последующие слои, лежащие выше. К тому же два различных способа сварки снижают производительность

процесса (учитывая то что аргонодуговая, выполняется на пониженном токе $I_{св} = 50 - 90A$) [1].

Отталкиваясь от предыдущих методов сварки высокопрочных сталей авторы работы RU 2 110 378 «СПОСОБ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ» Беляев Д. И., Пасько С. В., Хорошева Н. Н., Кирьков В. М., Клапатюк А. В. и Позняков В. Д. ставили перед собой задачу, заключающуюся в увеличении производительности процесса сварки высокопрочных закаливающихся сталей, а также в повышении устойчивости сварного соединения против возникновения пор и холодных трещин [1].

Представленный способ сварки отличается от предыдущих в том, что сварку разделки кромок сварного шва следует произвести сварочным материалом, который будет пластичен и иметь ферритную структуру. Наложение же сопрягаемых валиков ведётся непрерывно по направлению от верхней части разделки кромки к корню с перекрытием каждым следующих валиком предыдущего на ширину, указанную в ТД. В плакировочном слое сварного шва доля основного металла будет ограничена [1].

Выполнив эти условия, после сварки следует ожидать повышение устойчивости сварного шва к образованию пор, что будет обусловлено плакировкой кромок в ходе последовательного наложения валиков друг на друга. Также эксперимент, выполненный в ходе исследования показал, что ограничение доля основного металла в сварном шве до уровня в 30% значительно увеличит стойкость к образованию пор, обусловленных действием водорода. Достигается данное ограничение перекрытием слоев друг друга на величину 20...60% [1].

Дополнительным повышением стойкости сварного шва к образованию пор авторы патента предлагают снижение основного металла в объеме сварочной ванны, путём выполнения сварки прямой полярности сварочной проволокой малого диаметра (до 1,2мм). В таком случае, коэффициент наплавки увеличится (производительность) примерно на 30%, при примерно таком же уменьшении глубины проплавления металла. Представленные меры достаточно надёжно позволяют ограничить долю основного металла, что приведёт к нужной нам стойкости сварных швов к рассматриваемому виду дефектов [1].

Также можно рассмотреть решение задачи разработки технологии для сварки высокопрочной стали 30ХГСА щелевой разделки, обеспечивающей гарантированное качество и необходимые свойства сварного соединения без предварительного подогрева и последующей термообработки (что также относится и к сварке нашей конструкции). Разработкой данной технологии занимались: Чинахов Д.А., Федько В.Т. и Сараев Ю.Н. из Томского Политехнического университета в патенте RU 2 233 211 [2].

Существенным отличием данной технологии является то, что необходимо производить сварку каждого следующего валика, так, чтобы предыдущий слой не успевал остывать до температуры начала мартенситного превращения, для этого наложение швов происходит максимально быстро. Сварку в ходе эксперимента производят плавящимся электродом в защитных газах (два концентрических потока смеси Ar и CO²) [2]. Сварочным материалом является проволока Ø1,2мм марки СВ-08Г2С, так как является наиболее подходящей по химическому составу с основным металлом 30ХГСА.

На рисунке 1.1 представлена используемая разделка кромок (щелевая) согласно этому эскизу необходимо производить сборку. После сборки необходимо выполнить сварку стационарной дугой с такими параметрами: $U=26...27В$, $V_{св}=14...15м/ч$, $V_{пров}=260...270м/ч$, $I_{св}=180А$. Сварку производить без подогрева и термообработки, накладывать каждый последующий слой, до понижения температуры предыдущего ниже 250-300°С.

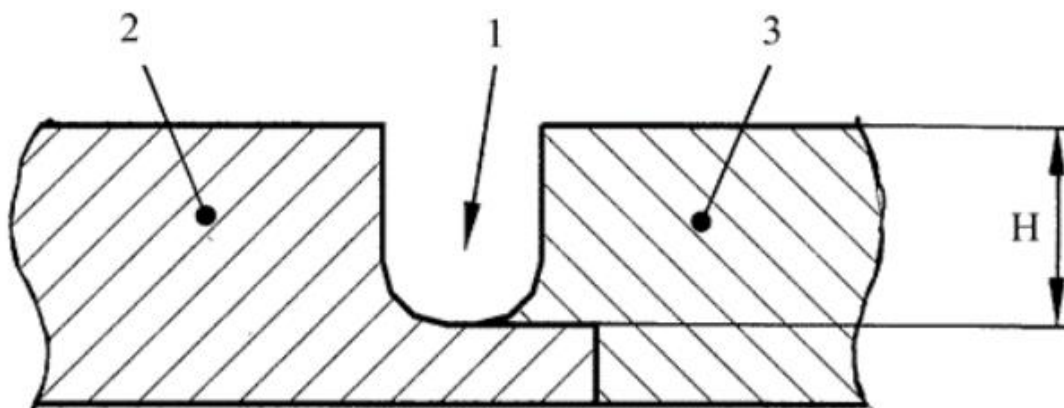


Рисунок 1.1 – Щелевая разделка кромок [2]

Все характеристики данного метода и популярных в применении в настоящее время для сварки стали 30ХГСА сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Сравнение характеристик методов сварки 30ХГСА [2]

Способ сварки	σ_B МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	KCV Дж/см ²	KCU Дж/см ²	Твердость шва, HRB	Твердость ЗТВ HRC	δ , %	Ψ , %
Рассматриваемый способ без термо- обработки и по- догрева	750	590	88 –	106 –	93 – 98	24 – 26	13	59
	–	–	126	176			–	–
	790	610					14	60
Автоматическая сварка с предва- рительным подо- гревом до 300°C и последующим отпуском 600°C	540	435	138 –	121 –	86 – 90	22 – 23	11	64
	–	–	150	163			–	–
	640	535					13	66
30ХГСА по ГОСТ 4543-71	1080	830	49	-	-	-	10	45

В ходе проведения экспериментов образцы сварных соединений прошли необходимые проверки и показали высокие механические и эксплуатационные свойства, полученный микрошлиф наглядно продемонстрировал мелкодисперсную структуры получаемого металла сварочного шва. Зона сплавления у таких соединений не-явная, с плавным переходом к основному металлу, такое качество материала и было причиной полученных высоких характеристик ударной вязкости и потенциальной работоспособности изделия [2].

Данная технология благодаря устранению предварительного подогрева и дальнейшей термообработки, позволяет сэкономить значительные средства за счет меньшего расхода материала на подогрев изделия и меньших капитальных затрат на оборудование [2].

2 Описание конструкции

2.1 Описание сварной конструкции

В приложении А, представлен чертёж рамы опорной унифицированной транспортно-загрузочной машины.

Конструктивно опорная рама согласно спецификации, состоит из 20 сборочных единиц, значительная часть из которых соединяется с помощью сварных швов, которых всего в этой сборке 11 (стыковые, нахлесточные и тавровые). Материал конструкции сталь Strenx 700E (русский наиболее близкий аналог сталь 30ХГСА), 18ХГТ, 10ХСНД, Ст20, Ст3пс. Необходимо разработать технологию сборки и сварки для сварных швов данной конструкции, с различными разделками кромок.

2.2 Общая характеристика состав и свойства материалов

Стали которые необходимо сварить между собой это: Strenx 700E, 18ХГТ, 10ХСНД, Ст20, Ст3пс.

Сталь Strenx 700E относится к классу особовысококачественных легированных конструкционных сталей, является мелкозернистой. Из этой стали выполнено большинство деталей рамы.

Использование в промышленности: изготовление несущих конструкций, отвечающие особым требованиям. Достигается это за счёт того, что стали типа STRENX являются высокопрочными конструкционные стали с низким содержанием легирующих элементов и, следовательно, низким углеродным эквивалентом, что значительно улучшает свариваемость данной стали.

Стали 18ХГТ и 10ХСНД относятся к конструкционным низколегированным. Первая зачастую используется, когда необходимо цементацией получить твердую поверхность и вязкую сердцевину, из этой стали изготовлена ось балки. Сталь 10ХСНД чаще всего используется для изготовления сварных конструкций из неё изготовлена ось малой балки и несколько рёбер жёсткости.

Стали Ст20 и Ст3пс это конструкционный углеродистые стали, из этих сталей изготовлены наименее ответственные части конструкции.

Таблица 2.1 - Химический состав сталей конструкции [5, 15]

Марка стали	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Mo, %	B, %
Strenx 700E	0.20	0.60	1.60	0.010	0.020	0.80	2.0	0.30	0.70	0.005
10XCHД	0,12	0,8-1,1	0,5-0,8	0,04	0,035	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,6	-	-
18ХГТ	0,17-0,23	0,17-0,37	0,8-1,1	0,035	0,035	1-1,3	0,3	0,3	-	-
Ст20	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,04	0,04	0,25	0,25	0,25	-	-
Ст3пс	0,14-0,22	0,05-0,15	0,4-0,65	0,05	0,04	0,3	0,3	0,3	-	-

Таблица 2.2 - Механические свойства сталей конструкции [5, 15].

Марка стали	Предел текучести, (МПа)	Предел прочности, (МПа)	Относительное удлинение, %.
Strenx 700E	700	780 - 930	14
10XCHД	375	510	20
18ХГТ	420	520	26
Ст20	375	410	25
Ст3пс	205-245	370-480	23-26

Согласно марочнику сталей, Strenx 700E является ограниченно свариваемой. Ограничений в способах сварки данной стали не указано. Рекомендован как подогрев, так и термообработка. Флокеночувствительность – чувствительна [15].

Все остальные марки стали имеют свариваемость без ограничений и могут быть сварены всеми способами сварки металлов.

2.3 Оценка свариваемости стали Strenx 700E

Оценка свариваемости сталей обычно производится по методу определения углеродного эквивалента, этот показатель наиболее четко отражает склонность материала к образованию различного рода трещин в процессе кристаллизации металла шва. В расчёте учитывается влияние всех легирующих элементов стали (в нашем случае Strenx 700E) на основной упрочняющий элемент системы – углерод, вычисляется эквивалент по формуле (2.1)

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (2.1)$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P – содержание химических элементов (по таблице Менделеева) в составе шва.

Подставив значения из таблицы 1, рассчитаем углеродный эквивалент по формуле (2.1).

$$C_{\text{э}} = 0.20 + \frac{1.60}{6} + \frac{0.60}{24} + \frac{0.80}{5} + \frac{2.0}{40} + \frac{0.30}{13} + \frac{0}{14} + \frac{0.020}{2} = 0,735\%$$

Так как при $C_{\text{э}} > 0,45\%$ в сварных конструкциях вероятность возникновения в сварном шве и ЗТВ трещин различного происхождения крайне высока, такие стали (у которых $C_{\text{э}} > 0,45\%$) принято считать свариваемыми ограниченно. В нашем случае $0,735\% > 0,45\%$ - а значит расчёты подтвердили данные марочника и сталь Strenx 700E ограниченно свариваемая.

Такого вида стали следует учитывать при составлении ТД, подбирать для них отличные от обычных (без ограничений свариваемости) параметры режимов сварки, сопутствующий подогрев, конструкторские меры и т.д. Все эти меры будут предусмотрены для получения необходимой равновесной структуры металла сварного шва, исключаящей трещины.

Вывод: Strenx 700E рекомендуется сваривать с подогревом. Температура подогрева 100-175°C [6], также рекомендуется последующая термообработка, если это возможно.

3 Разработка технологии сборки и сварки рамы опорной

3.1 Выбор способа сварки

При выборе способа сварки, нам необходимо учитывать ряд заданных параметров, а именно: протяженность сварных швов, размер производства (среднесерийное), толщину свариваемых материалов, марки стали, особые требования – прочность на кручение изгиб не ниже основного материала [13].

Учитывая эти параметры, можно изначально отказаться от ручных способов сварки, так как они будут экономически невыгодными для нашего типа производства – у нас присутствуют средние и длинные сварные швы при среднесерийном производстве, выгоднее будет использовать механизацию подачи электродной проволоки, да и к тому же ввиду невысокого коэффициента наплавки, требуют большого количества проходов, что перегревает деталь.

Так как основой нашей конструкции является сталь Strenx 700E, и все другие виды конструкционных сталей привариваются к ней, необходимо учесть это при выборе способа сварки. Основным дефектом высокопрочных среднелегированных сталей, к которым относится эта марка стали является образование холодных трещин, обусловлено это повышенным содержанием водорода в металле сварного шва. Кроме того, ЗТВ не должна перегреваться, поэтому сварку необходимо проводить при пониженных режимах или иными способами снизить тепловложения в деталь. Исходя из этих требований можно исключить из рассматриваемых способов сварки электрошлаковую сварку и сварку под слоем флюса, так как основное преимущество данных видов сварки — это их производительность, которая достигается при высоких показателях сварочного тока, что значительно перегревает сварной шов и около шовную зону. К тому же выполнение некоторых швов конструкции данным методом будет невозможно, ввиду неудобного их расположения.

Наиболее оптимальным способом сварки с точки зрения производительности и качества шва будет являться механизированная сварка в среде защитных газов плавящимся электродом. Так как данный способ сварки способен дать необходимое ка-

чество шва, обладает определенной мобильностью и также имеет достаточно высокую производительность, за счет механической подачи проволоки и сам по себе относительно дешёв.

Механика процесса механизированной сварки плавящимся электродом такова: дуга горит между изделием и сварочной проволокой, которая плавится и непрерывно поступает в дугу (с помощью подающего механизма полуавтомата), т.к. проволока легирована, то она и служит присадочным материалом. Дуга тепловым воздействием расплавляет как основной металл, так и присадочный, что в совокупности путём перемешивания под действием давления дуги образует сварочную ванну, которая защищена посредством защитного газа который поступает в область сварки. Дуга, постепенно перемещаясь вдоль дуги, перестает так сильно подогревать сварочную ванну, и она кристаллизуется, образуя неразъёмное сварное соединение двух деталей. Механизированную сварку плавящимся электродом будем выполнять постоянным током прямой полярности, т.к. предстоит варить серьёзные толщины материала (от 8...40мм) дабы снизить лишнее тепловложение в деталь и сохранить прочность околошовной зоны [8].

3.2 Выбор сварочных материалов

Механизированную сварку в защитных газах высокопрочных низкоуглеродистых сталей толщиной более 5мм выполняют в несколько проходов непрерывной дугой плавящимся электродом в смеси аргона и углекислого газа с присадочной проволокой, которая должна иметь предел текучести равный или ниже чем у основного металла, чтобы выполнить пластичный сварной шов без трещин. При этом сварочная проволока должна давать не более 5мл/100г концентрации водорода в сварном шве [6].

Выбор сварочной проволоки производим согласно критерию пластичности шва и металлургическому соответствию состава проволоки с материалом изделия. По рекомендациям [16] назначаем проволоку Св-08ХГ2С для всех соединений стали

Strenx 700 E и проволоку Св-08Г2С для сварки между собой всех остальных сталей, используемых в конструкции (таблица 3.1, 3.2).

Таблица 3.1 - Химический состав проволоки Св-08ХГ2С [7]

С, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	V, %	Mo, %	Ti, %
0,11	0.95	1,7-2,1	0.025	0.03	0,7-1,0	0,25	0,05	0,15	0,04

Таблица 3.2 - Химический состав проволоки Св-08Г2С [15]

С, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	V, %	Mo, %	Ti, %
0,11	0.95	1,7-2,1	0.025	0.03	0,2	0,25	0,05	0,15	0,04

Защитный газ исходя из экономической и технологической выгоды выбираем согласно рекомендациям [16] - газообразный и жидкий аргон высшего и первого сортов с физико-химическими показателями по ГОСТ 10157, с добавлением в него 20% углекислого газа высшего и первого сортов по ГОСТ 8050 (смесь К-20). Такая смесь позволит проводить струйный перенос с пониженным разбрызгиванием, кроме того благоприятно влияет на пластичность и структуру шва.

3.3 Расчет параметров режима сварки

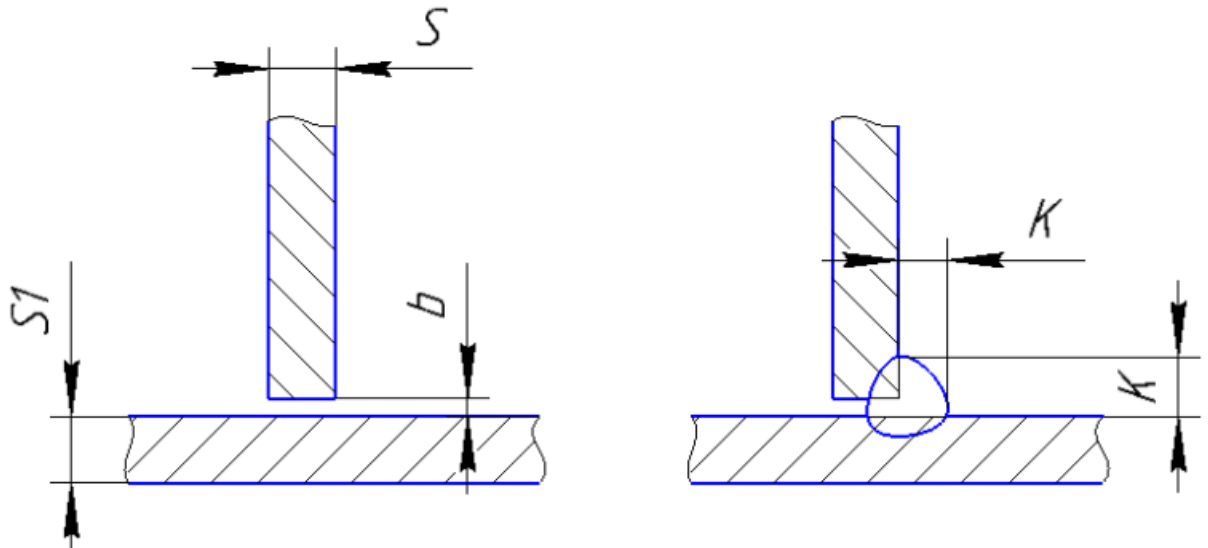
Рассчитаем параметры режимов сварки для механизированной сварки плавящимся электродом в смеси углекислого газа и аргона.

Основные параметры режимов сварки для данного метода сварки включают в себя: диаметр электродной проволоки, величину тока, его род и полярность, напряжение дуги, скорость сварки. Помимо основных параметров в этой главе укажем и дополнительные параметры, такие как: вылет сварочной проволоки, расход защитного газа, наклон электрода [17].

Размеры швов, их протяженность и конфигурация в нашем случае определены КД.

С целью назначения подходящих параметров режимов сварки, при соблюдении которых будет гарантированно получено требуемое сварное соединение, используем методику расчета выбранного способа сварки в среде защитных газов изложенную в методичке [18].

Опорная рама унифицированной транспортно-загрузочной машины сваривается из деталей различной толщины, номиналом от 6мм до 40мм. Данная конструкция имеет множество сварных швов, различных видов – стыковых, тавровых, угловых и нахлесточных, которые выполнены по ГОСТ 14771-76 или согласно чертежу (приложение Б). Для примера произведем расчёт по указанной методике для наиболее распространённого типа соединения – Т1 сварки подножки



S_1, S_2 – толщина деталей; b – зазор между деталями; K – катет шва

Рисунок 3.1 – Тавровое соединение с разделкой кромкой Т1 [14]

Зададим исходные геометрические параметры шва по ГОСТ 14771-76: $S_1=2,5\text{мм}$, $S_2=4\text{мм}$, $b=0\ldots 1\text{мм}$, $K=3\text{мм}$ [14]. Диаметр электродной проволоки $d_э$ назначаем исходя из толщины материала и количества проходов, т.к. в нашем случае требуется всего один проход, то $d_э=1,2\text{мм}$ по рекомендациям [18]. Плотность тока исходя из методички примем равную $j = 150 \text{ А/мм}^2$ [15].

Первым этапом рассчитаем силу сварочного тока $I_{св}$:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot j. \quad (3.1)$$

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 150 = 169,7 \approx 170 \text{ А}.$$

Примем $I_{св} = 170 \text{ А}$.

Следующее – определение напряжения дуги по формуле (3.2):

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} \cdot I_{св} \pm 1. \quad (3.2)$$

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 170 \pm 1 = 24,8 \pm 1 \text{ В.}$$

Примем напряжение $U_d = 25 \pm 1 \text{ В.}$

Рассчитаем коэффициент формы провара (3.3):

$$\psi_{\text{пр}} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \frac{d_{\text{эл}} \cdot U_d}{I_{\text{св}}}. \quad (3.3)$$

По рекомендациям методички [18], если $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$, то $K' = 0,92$. Подставим это и уже известные значения в формулу (3.3):

$$\psi_{\text{пр}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 170) \frac{1,2 \cdot 25}{170} = 2,8.$$

Для механизированной сварки значение коэффициента должно быть в допуске 0,8...4,0 – условие выполняется, а значит подобранные режимы тока и напряжения допустимы.

Определим коэффициент наплавки для механизированной сварки в смеси газов α_n по формуле (3.4) [18]:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n), \quad (3.4)$$

где Ψ_n – коэффициент потерь, в относительных единицах, который определяется формулой (3.5) для диапазона тока $j = (60 - 320) \text{ А/мм}^2$:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (3.5)$$

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 150 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 150^2 = 12\%.$$

Посчитаем коэффициент расплавления α_p , по формуле (3.6):

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{I_{\text{св}}} \cdot \frac{l_{\text{выл}}}{d_3^2}. \quad (3.6)$$

Величину вылета по рекомендациям примем равную 10мм [18]:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot 150 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{170} \cdot \frac{10}{1,2^2} = 9,5 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}.$$

Посчитанные выше значения, подставляем в формулу (3.4) для расчёта коэффициента наплавки:

$$\alpha_n = 9,5 \cdot (1 - 0,12) = 8,36 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Определим скорость сварки по формуле (3.7):

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H}, \quad (3.7)$$

где γ – плотность наплавленного металла, по рекомендациям [18] назначаем $\gamma=5$;

F_H – площадь сечения наплавленного металла сварного соединения Т1.

Рассчитаем для катета 3 мм (рисунок 3.1), по формуле (3.8):

$$F_H = \frac{K^2}{2} = \frac{3^2}{2} = 4,5 \text{ мм}^2. \quad (3.8)$$

Подставляем значения в формулу (3.7):

$$V_{\text{св}} = \frac{8,36 \cdot 170}{3600 \cdot 7 \cdot 0,045} = 1,25 \text{ см/с} = 45 \text{ м/ч}.$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле (3.9):

$$V_{\text{пэл}} = \frac{\alpha_p \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot F_{\text{эл}} \cdot \gamma}, \quad (3.9)$$

где $F_{\text{эл}}$ площадь поперечного сечения электрода, см^2 , считаем по формуле (3.10):

$$F_{\text{эл}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2}{4}. \quad (3.10)$$

$$F_{\text{эл}} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ см}^2.$$

Подставляем значения в формулу (3.9):

$$V_{\text{пэл}} = \frac{9,5 \cdot 170}{3600 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2} \cdot 5} = 7,94 \text{ см/с} \approx 285 \text{ м/ч}.$$

Следующим этапом будет расчёт теплоты, которая будет введена на единицу сварочного шва, рассчитаем погонную энергию по формуле (3.11):

$$q_{\text{п}} = \frac{\eta_u \cdot I_{\text{св}} \cdot U_d}{V_{\text{св}}}, \quad (3.11)$$

где η_u – эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, в нашем случае для сварки в смеси защитных газов – 0,8...0,84, примем 0,81.

Рассчитаем значение погонной энергии по формуле (3.11):

$$q_{\text{п}} = \frac{0,81 \cdot 170 \cdot 25}{1,25} = 2754 \text{ Дж/см}.$$

Расход защитного газа рассчитывается по формуле (3.12):

$$q_{\text{зг}} = 0,21 \cdot I_{\text{св}}^{0,75}. \quad (3.12)$$

$$q_{\text{зг}} = 0,21 \cdot 170^{0,75} = 9,9 \text{ л/мин}.$$

Исходя из расчёта и рекомендаций [18] с типовыми режимами сварки примем расход газа равный 10 л/мин.

Расчёты режимов сварки по остальным типам соединений, будут проведены по этой методике и соотнесены с рекомендациями [16, 18] и указаны в операционных картах в приложениях к ВКР.

3.4 Выбор сварочного оборудования

Произведём выбор оборудования для механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов. Для этого сравним несколько источников тока (сварочных полуавтоматов) между собой, чтобы выбрать наиболее подходящий к нашим расчётным данным. Источник тока должен обладать характеристиками, соответствующими ранее рассчитанным параметрам сварки: $I_{св}=140...180A$, $U=25-30V$, $\vartheta_{св}=25$ м/ч и т.д. Сравнительную характеристику выполним в форме таблицы (таблица 3.3), данные об оборудовании взяты с сайта и паспорта оборудования [10].

Таблица 3.3 Технические характеристики сварочных полуавтоматов [10]

Характеристики	START MIG5000 Сва- рочный полуав- томат	EWM TAURUS 351 DW BASIC...
Напряжение в сети, В	380	380
Потребляемая мощность, кВА	14	13.9
Диапазон регулирования сварочного тока, А	50-350	5-350
Продолжительность нагрузки (ПН), % при $I=250$ А	100	100

Продолжение таблицы 3.3 Технические характеристики сварочных полуавтоматов [10]

Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	1-24	0.5-24
Диаметр электродной проволоки, мм	08 – 1,6	0.8-2.4
Габаритные размеры, мм	635x250x410	1100x445x1000
Масса, кг	12,3	125

Были выбраны 2 подходящих полуавтомата для механизированной сварки плавящимся электродом в смеси аргона и углекислого газа.

Так как по основным показателям оба источника питания идентичны, то сравнение полуавтоматов мы проведём по второстепенным параметрам, такие как: габариты, вес и стоимость. Во всех трех компонентах первый вариант опережает второй, его удобней будет транспортировать и стоит он при аналогичных параметрах дешевле, поэтому делаем выбор в пользу START MIG5000.



Рисунок 3.2 – Сварочный полуавтомат START MIG5000 [10]

В данной комплектации аппарат включает в себя: источник питания, отдельный подающий механизм SB-10-500, кабель управления, полуавтоматическая горелка START MS 36 (3 метра) - 1 шт.

Кроме того, к сварочному оборудованию следует отнести:

- Сборочно-сварочный стол 3D-Weld SOLID D16 1500x3000мм, на котором будет производиться сборка и прихватка конструкции, а также сварка неповоротных узлов конструкции;
- Вращатель сварочный универсальный М-11040, на котором будет производиться сварка кольца;

- Сварочный кантователь КПЦ-4000, на котором будет производиться сварка рамы и балки 023ей.



Рисунок 3.3 – Сварочный кантователь КПЦ-4000 [19]

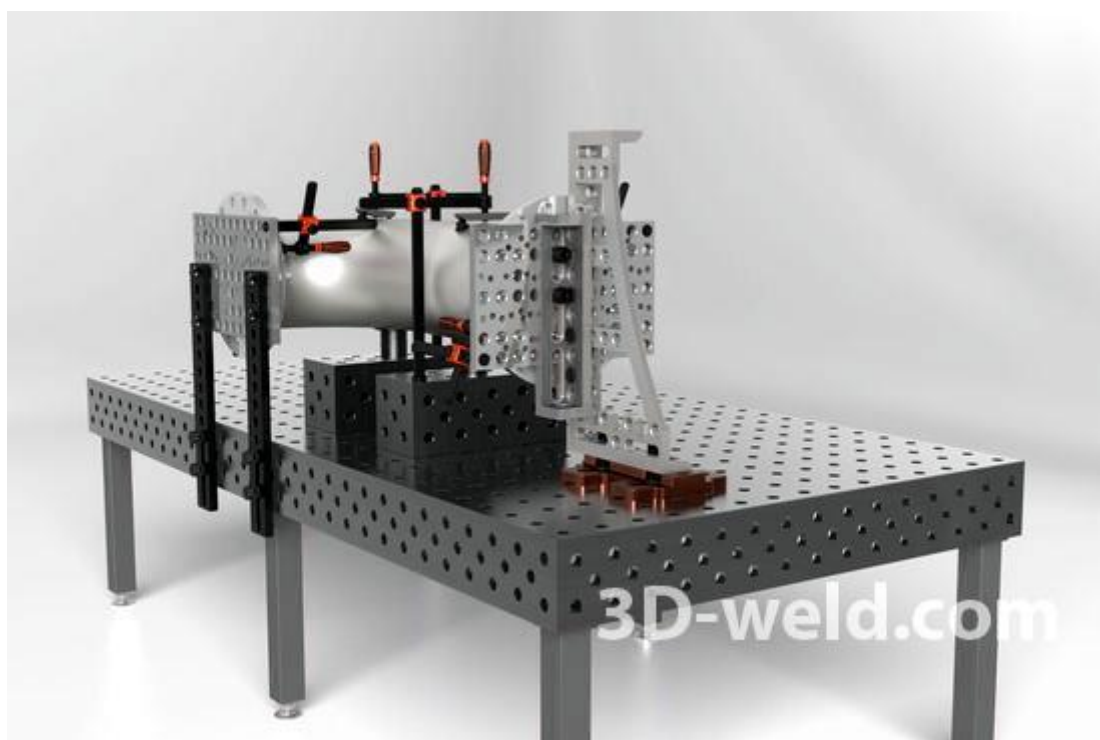


Рисунок 3.4 – Сварочный стол 3D-Weld SOLID D16 1500x3000мм [20]



Рисунок 3.5 – Вращатель сварочный универсальный М-11040 [21]

Это оборудование было выбрано из источников [19,20,21].

3.5 План борьбы со сварочными деформациями

Причин сварочных деформаций в сварке крупногабаритных конструкций обычно сразу несколько, основными из которых являются: неравномерный нагрев металла в зоне шва, линейная усадка в процессе кристаллизации сварочной ванны, а также структурные напряжения, появляющиеся в ходе нагрева. К тому же проблемой будет являться соединения разнородных сталей, которые имеют разную (хоть и не катастрофически) теплопроводность [13].

Способы борьбы с этими деформациями обычно делятся на упреждающие и исправляющие. В ходе сварки рамы опорной и её узлов мы будем использовать следующие технологические меры:

1. Последовательность наложения швов – будет соблюдаться принцип наименьших возможных деформаций, внешние швы коробчатых конструкций необходимо накладывать крест-накрест, предварительно выполнив все

внутренние швы. Подробно последовательность выполнения соединений смотреть в технологии и эскизах (Приложение Б);

2. Жёсткое закрепление заготовок на сборочно-сварочном столе с помощью набора сварочных прижимов и струбцин;
3. Дополнительный подогрев места соединения, в случае сварки разнородных сталей до температуры 200 С° (подогрев выше приведёт к разупрочнению сталей);
4. Сварку выполнять подходящим способом (в зависимости от протяженности шва) – напроход, от середины к краям, или обратноступенчатым способом (смотреть рисунок 3.6).

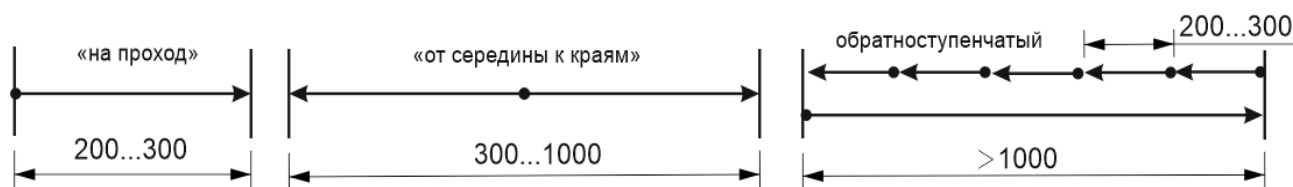


Рисунок 3.6 – Последовательность наложения швов

Данные меры для предотвращения и устранения сварочных деформаций должны обеспечить необходимые условия к сборке и сварке рамы.

3.6 Заготовительные операции

Заготовительные операции включают в себя: раскрой листов металла, резка на заготовки, механическая обработка (токарная или фрезерная), гибка и правка заготовок (там, где требуется по чертежу) и подготовка кромок к сварке.

Раскрой и резку листов металла будем осуществлять на большой и малой гильотине, для деталей цилиндрической формы резка будет производиться на станке лазерной резки. Раскрой металла должен выполняться с условием потерь материала не более 10% от изначального объема. Следует учесть, что при невозможности эффективно раскроить лист материала по размерам из ГОСТ, необходимо использовать отходы для производства более мелких деталей конструкции.

Свариваемые детали конструкции рамы опорной и других сварных узлов должны быть тщательно очищены и выправлены.

Рациональней всего выполнять разделку кромок с помощью промышленного кромкореза ВМ-21, который обеспечит достаточно высокую скорость выполнения фаски с необходимой шероховатостью. Но также допускается применение любого другого способа выполнения разделки кромок, который бы обеспечивал необходимое качество поверхности фаски.

Подготовленные детали в соответствии с чертежом контролируются ОТК согласно КД и после отправляются на сборку – на разделке кромок должны отсутствовать заусенцы, задиры и поверхность должна соответствовать заданной шероховатости. Подробная технология заготовительных операций по каждой детали приведена в маршрутных картах (Приложение Б).

3.7 Сборочные операции

После поступления деталей на сборку необходимо произвести очистку внутренней и наружной поверхности будущего сварного соединения от различного рода загрязнений, полученных в ходе транспортирования и мех обработки. Для этого необходимо выполнить операцию протирки ветошью предварительно смочив её растворителем и выполнить обдувку сжатым воздухом.

Следом следует позаботиться о защите основного металла от сварочных брызг, неизбежно производимых в процессе открытого горения дуги. Для этого будем применять жидкий концентрат лигносульфоната марки ЛСТ по ТУ 13-0281036-05-89 или другие защитные средства с аналогичными свойствами, не влияющие на качество сварки. Лигносульфонат технический разбавляется в горячей воде температурой 50–60 °С в отношении 1:4 по массе или 1:5 по объему. Полученная жидкость наносится на поверхность свариваемых изделий тонким слоем на ширине 100–150 мм с обеих сторон шва за 1–2 часа до начала сварки [16].

Для упреждения образования пор обусловленных повышенной концентрацией водорода следует прокалить электроды по режиму, рекомендованному производителем.

Выполнив эти операции можно приступить непосредственно к сборке, выполняя её в соответствии с эскизами (Приложение Б) в заданной последовательности и с заданными зазорами. Детали следует закреплять последовательно на сборочно-сварочном столе с помощью комплекта прижимов и сварочных трубцин, для исключения возможных деформаций.

Всю сборку будем производить на прихватках, выполняя их механизированной сваркой плавящимся электродом на тех же режимах, что и основная сварка. Длина прихваток будет зависеть от протяженности шва, но в среднем не менее 30-50мм, высота прихваток не менее 0,5 от высоты шва, их количество пропорционально длине шва. Сопутствующий подогрев для выполнения прихваток также, как и для выполнения основных швов необходим в тех случаях, когда выполняется сварка разнородных сталей, во всех других случаях этот подогрев не требуется.

Для выполнения стыковых соединений следует заранее установить и прихватить выводные планки, на которых следует начинать и заканчивать сварку. Отклонение планки от заданного КД положения - не более 1:100,

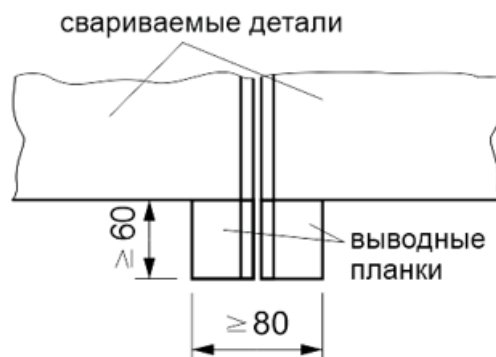


Рисунок 3.7 – Выводные планки

После выполнения сборки необходимо очистить прихватки от шлака и провести контроль ОТК и получить допуск на сварку. Следует учесть, что требования, предъявляемые к прихваткам аналогичны требованиям к основному сварочному шву. Метод устранения тоже тот же, вырезать и переварить.

После выполнения сборки в случае необходимости по КД и ТД перемещения сборочной единицы для сварки на кантователь или вращатель, необходимо выполнить это перемещения учитывая, что тяжести свыше 30 кг необходимо перемещать по цеху только с использованием средств механизации (в нашем случае кран-балки),

требование установлено «Правилom по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов» [22].

3.8 Сварочные операции

Сварка рамы опорной и сборочных единиц, используемых при ее сборке выполняется по чертежам механизированной сваркой плавящимся электродом в среде защитных газов (80%Ar и 20% CO²) по ГОСТ 14771-76. Сварной шов должен быть непрерывным.

Сварка рамы и ее сборочных единиц производится согласно разработанному технологическому процессу (маршрутным и операционным картам, с прилагающимися эскизами), который устанавливает способ сварки, порядок наложения швов, рассчитанные режимы сварки, диаметры и марки электродов и т.д. За соблюдением параметров технологического процесса должен вестись контроль ответственного на участке технолога при проверках технологической дисциплины.

Сварка всех деталей и сборок производится только аттестованными сварщиками, имеющими удостоверения, устанавливающие их квалификацию и характер работ, к которым они допущены.

В процессе начала сварки дугу зажигать следует вне границ шва, а также заканчивать её на выводных планках, впоследствии удаляя их (указано в операционных картах). При сварке косынок в сборке рамы, косынки необходимо выполнять с скруглениями по радиусу по указанным в эскизе размерам, чтобы после окончания сварки оплавленные концы, можно было обрезать, получив необходимую остроту кромок согласно КД.

Расположения свариваемых изделий при использовании вращателя и кантователя обеспечивает удобство и безопасность для работы сварщика, все швы будут выполняться в нижнем положении (большинство из них под углом 45°), это обеспечит швы надлежащего качества и исключит возможные дефекты при сварке в более сложных пространственных положениях.

Сварочные швы где катет или толщина шва превышает 4мм, выполняются многопроходной сваркой с учетом того, что за один слой высота наплавляемого металла не должна превышать 3-4мм. Сварка выполняется на прямой полярности для швов толщиной выше 6мм (практически все швы конструкции) и на обратной полярности для швов, где материал имеет толщину 2,5 – 5мм.

По мере выполнения проходов, после каждого из них слой необходимо зачищать от шлака и окалины, делать это необходимо оперативно в тех случаях, когда ведётся сварка разнородных металлов. При сварке разных марок сталей вводится сопутствующий начальный подогрев до 200 С° для первого слоя шва, последующие слои должны выполняться с такой скоростью, чтобы, нагрев сварного шва от сварки не опускался ниже этой температуры.

При сварке разнородных сталей всех сборочных единиц необходимо остывание с дополнительным подогревом, для улучшения выхода водорода из стали Strenx 700E. Температура последующего подогрева назначается той же, что и предварительный подогрев – до 200 С°. Время выдержки должно быть не менее 5 минут на каждые 5 мм толщины листа, но не меньше 1 часа [6].

Сварку выполнять в соответствии с маршрутными и операционными картами – приложение Б и согласно эскизам – приложение Б, а также учитывая нормативную документацию предприятия в области сварки крупногабаритных деталей [16].

По окончании процесса сварки очищается облицовочный слой шва и зона вокруг шва (не менее 20мм по РД 03-606-03), удаляются сварочные брызги с раствором лигносульфоната.

3.9 Контроль качества сварных соединений

Все швы проверяются как минимум двумя методами контроля – это должен быть ВИК + УЗК или капиллярный метод согласно КД. Методы контроля прописаны во всех маршрутных картах на сборку сварку всех сборочных единиц.

Визуально измерительный контроль производим в соответствии с РД 03-606-03. Перед контролем сварной шов и зону ЗТВ необходимо зачистить до металлического блеска на ширину не менее 20 мм от зоны контроля. Визуальный контроль следует производить на всем протяжении шва, а измерительный контроль не менее, чем в трех местах, равномерно расположенных на всей длине шва. Для ВИК недопустимыми дефектами являются [11]:

- трещины (всех направлений);
- все виды непроваров;
- наплывы;
- незаваренные кратеры;
- прожоги и свищи;
- различные скопления включений;
- подрезы, глубиной свыше 5% от толщины материала и длиной свыше 1/3 от длины стыка [11].

Если обнаруживается недопустимый дефект на данном этапе он вырезается из сварного шва и сваривается вновь на тех же режимах и снова подвергается контролю.

Ультразвуковой контроль проводим в соответствии с ГОСТ Р 55724, а ПВК в соответствии с РД РОСЭК-004-97 по технологическому классу чувствительности.

4 Конструкторская часть

4.1 Разработка схемы базирования рамы опорной

При сборке любой конструкции важнейшим критерием ее успешности является обеспечение заданного КД взаимного расположения деталей и сборочных единиц. Для закрепления деталей на сборочно-сварочном столе по требуемому положению относительно назначенной системы координат, применим на практике базирование. При разработке схемы базирования опорные точки обозначим в соответствии с ГОСТ 21495-76 «Базирование и базы в машиностроении».

Начнём базирование рамы с самой большой по габаритам балки – ФЮРА.301222.023 (Рисунок 4.1) Балку необходимо лишить всех бти степеней свободы, так как относительно неё будут собираться остальные элементы рамы.

Пренебрегая тем, что балка имеет различного рода выступы (грани рёбер, корпуса и упоры) можно считать его призматическим телом, в таком случае необходимо назначит установочную базу на наиболее устойчивую поверхность. Расположим для сборки балку на сборочно-сварочном столе, в таком случае три опорные точки расположатся, на нижней грани балки (её опоре). Поскольку опоры симметричны, относительно самой балки, то образуемый этими тремя точками центр тяжести, совпадёт с центром тяжести детали, что обеспечит устойчивость балки. Таким образом наложив три связи лишаем её трех степеней свободы – одной поступательной и двух вращательных [12].

Следом выбираем направляющую базу, ею станет боковая поверхность листов нижнего и верхнего, их необходимо будет установить к подвижному упору. Таким образом балка лишится двух степеней свободы, одной вращательной и одной поступательной.

Остаётся всего 1на степень свободы (поступательная вдоль поверхности сборочного стола и упора). Лишаем балку последней степени свободы с помощью опорной базы 6, которая будет реализована действием прижима, который подожмет (действуя на боковой лист) балку к упору.

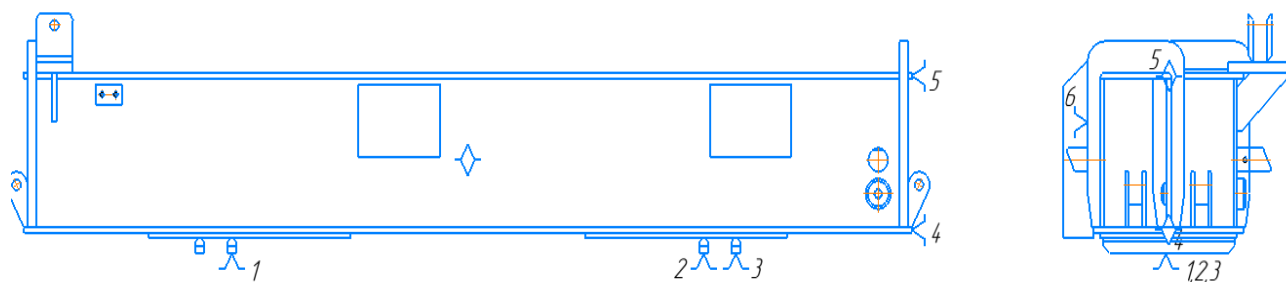


Рисунок 4.1 – Базирование балки ФЮРА.301222.023

Следуя последовательности сборки, следующей установленной деталью будет являться балка ФЮРА.301319.057, она будет базироваться аналогично зеркальной балки ФЮРА.301319.057-01, их обоим необходимо лишить 4-х степеней свободы, так как устанавливая их для соединения встык относительно балки ФЮРА.301222.023 (балка 023 будет являться направляющей), они уже будут лишены двух степеней свободы (одной вращательной и одной поступательной). Следующим этапом выберем установочную поверхность лишив балку 057ую трёх степеней свободы – это будет нижняя грань балки, которую можно установить на нужную высоту, для стыкового соединения (реализовать это можно посредством шаблона, выполненного под эту высоту). Лишим деталь последней степени свободы прижав лицевую поверхность (на виду сбоку, смотреть Рисунок 4.2) с помощью прижима к неподвижному упору.

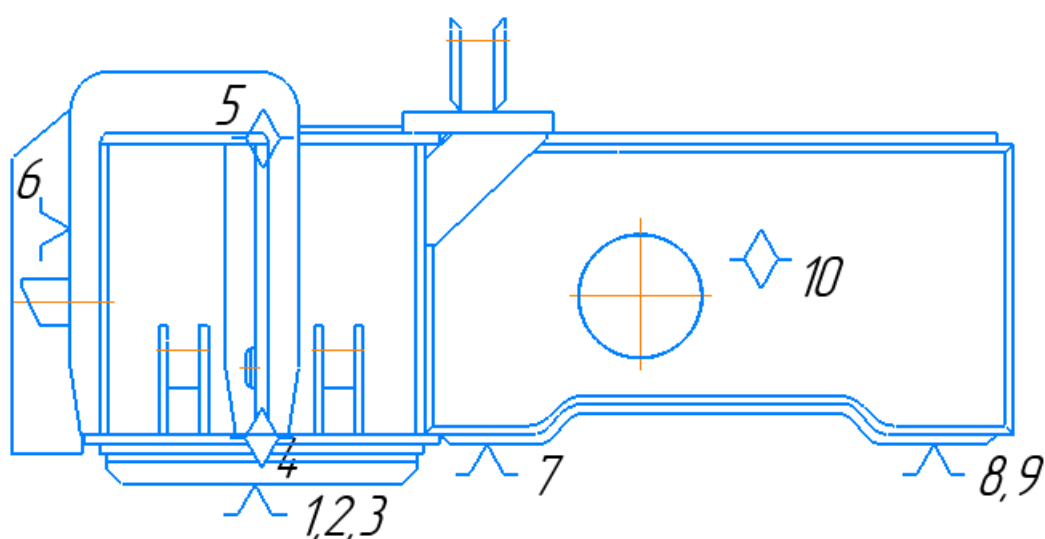


Рисунок 4.2 – Базирование балки ФЮРА.301319.057 (вид сбоку)

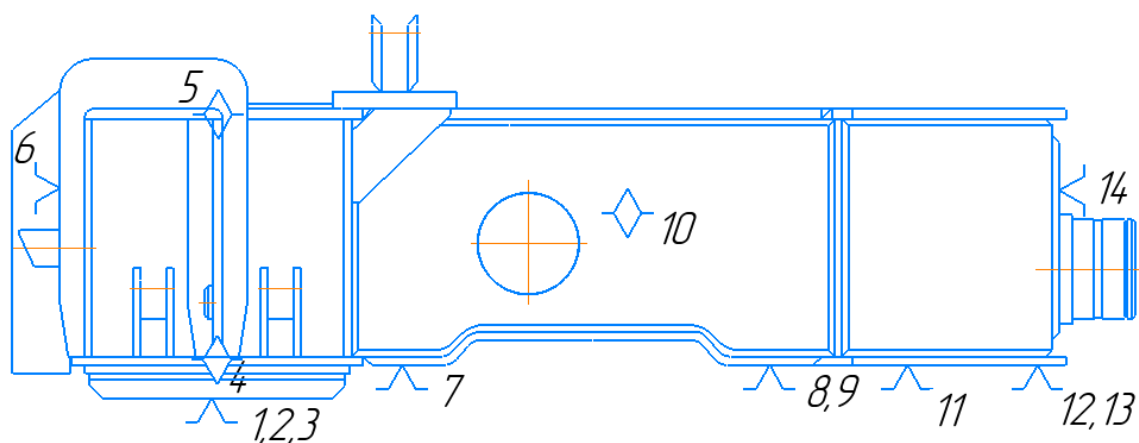


Рисунок 4.3 – Базирование балки ФЮРА.1301319.063 (вид сбоку)

Следующей деталью устанавливается позиция 7 на главном чертеже – Балка ФЮРА.1301319.063, лишаем её 4х степеней свободы так же, как и предыдущую балку, с помощью шаблона будет задаваться нижняя установочная база (лишающая 3х степеней свободы), после выбираем опорную поверхность (которая реализуется по торцу балки с помощью прижима и неподвижного упора).

Все эти детали собираются на прихватках и после базирования балки 063ей, отдаются на сварку, где с помощью сварочного кантователя вращая раму выполняют сварные швы в заданной последовательности (смотреть операционную и маршрутную карты).

Использовалась схема базирования УНО – схема базирования призматического тела. В дальнейшем, после сварки первой сборки рамы, к ней добавляются два кронштейна и кольцо. Все оставшиеся детали рамы, базируются по тому же принципу (уже лишенные двух степеней свободы, к ним применяется установочная база (посредством поверхности или неподвижного упора и опорная база – прижим + упор), наглядно показано в картах эскизов (Приложение Б) [12].

4.2 Расчет усилий закрепления заготовок

В процессе сварки основных швов или прихваток в любой конструкции появляются разного рода деформации. По их виду и происхождению их можно разделить на:

- Деформации от продольной усадочной силы P_{yc} ;
- Угловые деформации;
- Сдвиговые деформации;
- Изгиб продольной оси;
- Равномерная по толщине поперечная деформация.

В нашем случае, наиболее значимой деформацией будет являться угловая, рассчитаем первым этапом необходимые усилия для компенсации этой деформации (усилия прижатия на кромку).

Значения угловой деформации необходимо назначить из диапазона $0,9 \dots 1,1^\circ$, выберем $\alpha = 1^\circ$. Расстояние от оси шва, до точки приложения силы, исходя из чертежа и принципиальной схемы $l = 148$ мм. Толщина материала в месте сварки стыка балок равна $b = 12$ мм.

Рассчитаем величину прогиб листов без закрепления f подставив имеющиеся данные в формулу (4.1) [12]:

$$f = l \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (4.1)$$

$$f = 5 \cdot 0,017455 \approx 0,26 \text{ см.}$$

Следом рассчитаем усилие прижатия на кромку по формуле (4.2):

$$P_{кр} = \frac{b^3 \cdot E \cdot \tan \beta}{4 \cdot l^2}, \quad (4.2)$$

где: b – толщина свариваемых листов, мм;

E – модуль упругости стали, кгс/см^2 ;

$\operatorname{tg} \alpha$ – угловое перемещение в зоне сварного соединения, град.

Подставим уже известные значения в формулу (4.2), получим:

$$P_{кр} = \frac{1,2^3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot \tan 1}{4 \cdot 14,8^2} = 68,9 \text{ кг.}$$

Зная усилие прижатия, посчитаем расчетный прогиб листов по формуле (4.3):

$$f_0 = \frac{P_{кр} \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J}, \quad (4.3)$$

где f_0 – расчетный прогиб листов;

$J = \delta^3/12$ – момент инерции для единицы длины свариваемой кромки, см^3 [18].

$$f_0 = \frac{68,9 \cdot 14,8^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,144} \approx 0,26 \text{ см.}$$

Вычислим возникающий зазор по формуле (4.4):

$$\Delta = f - f_0. \quad (4.4)$$

$$\Delta = 0,26 - 0,26 = 0 \text{ см.}$$

По итогам расчёта заключаем – зазора отсутствует.

Последним этапом рассчитаем критическую угловую деформацию с учетом по формуле (4.5), что $\sigma_{\text{доп}} = \sigma$:

$$\tan \beta_{\text{кр}} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{\text{доп}}}{3 \cdot E \cdot b}. \quad (4.5)$$

$$\tan \beta_{\text{кр}} = \frac{2 \cdot 14,8 \cdot 25}{3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 1,2} = 0,000103.$$

$$\beta_{\text{кр}} = 0,58^\circ.$$

Так как в ходе проверки оказалось, что $\beta > \beta_{\text{кр}}$, то усилие прижатия в 68,9 кг оказалось верным, выбираем его для дальнейших расчётов.

Теперь необходимо рассчитать необходимое усилие прижатия по всей длине сварного шва, формула (4.6)

$$P = P_{\text{кр}} \cdot l_{\text{св}}, \quad (4.6)$$

где, $l_{\text{св}}$ – протяженность сварного шва – 280мм.

$$P = 68,9 \cdot 28 = 1929,2 \text{ кг}$$

Количество прихваток обычно назначается из соотношения длины шва на число 400...500мм, но не менее двух прихваток для швов свыше 200мм, поэтому в нашем случае $n_{\text{пр}} = 2$. Длина прихваток должна быть не менее 30мм, примем $l_{\text{пр}} = 30$ мм. Тогда общая протяженность двух прихваток будет равна 60мм [12].

Рассчитаем коэффициент K – показывающий соотношение длины изделия к общей длине прихваток по формуле (4.7) [12]:

$$K = \frac{l}{\sum l_{\text{пр}}}. \quad (4.7)$$

$$K = \frac{280}{60} = 4,67 \approx 5.$$

Следом рассчитаем усилие на одну опору по формуле (4.8):

$$P_{\text{кон}} = \frac{P}{K}. \quad (4.8)$$

$$P_{\text{кон}} = \frac{1929,2}{5} \approx 386 \text{ кг.}$$

Рассчитаем количество необходимых опор (прижимов) по формуле (4.9):

$$n_0 = \frac{l}{800 \dots 1000}. \quad (4.9)$$

$$n_0 = \frac{280}{900} = 0,31 \approx 1.$$

В нашем случае необходим всего один прижим, который будет действовать по центру заготовки с усилием прижатия равным 386 кг. Приведённые расчёты были произведены для случая соединения балки ФЮРА.301222.023 с балкой ФЮРА.301319.057, остальные соединения имеют сопоставимую протяженность шва и будут прижиматься, тем же видом прижимного устройства, что и эта пара деталей.

4.3 Принципиальная схема сборки рамы опорной

Принципиальная схема сборки представляет собой чертёж сварного изделия, на котором в виде условных обозначений указаны места, способы фиксирования и закрепления всех деталей, а также упрощённые способы для установки/съема деталей и конструкций.

Детали и механизмы в такой схеме изображаются с помощью условных изображений, по ГОСТ 3.1107-81.

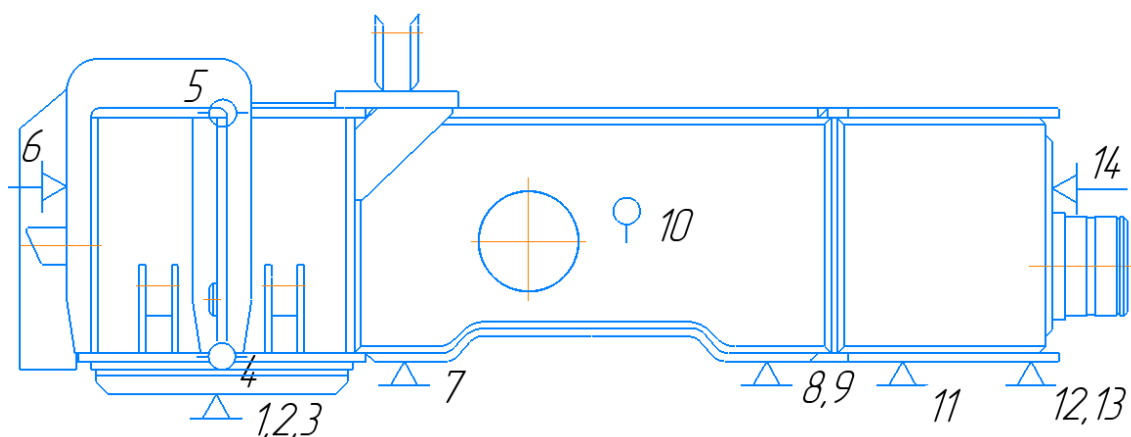


Рисунок 4.4 – Принципиальная схема сборки рамы

Более подробно последовательность сборки и сварки рамы опорной описана в КТД (приложение Б), где также приведены схемы базирования. Собирать конструкцию будем на сборочно-сварочном столе, а финальную сварку выполнять на сварочном кантователе КПЦ – 4000.

4.4 Выбор типа зажимного устройства

Зажимные устройства по принципу действия делятся на несколько видов, основные это: механические, гидравлически и пневматические (рекомендуется в процессе сборки использовать не более 3 различных типов прижимов). Выбирать конкретное зажимное устройство следует по требуемому усилию зажима заготовок при сборке, которое определяется в ходе расчётов (пункт 4.2.), в нашем случае оно равно 386кг [12].

Из возможных используемых прижимных устройств можно сразу вычеркнуть винтовые и рычажные устройства, так как при учёте мускульной силы человека равной 20...30кг, такого рода механизмы преобразуют с коэффициентом усиления равным 10...12, что все равно (максимум 360кг) будет меньше необходимого нам усилия.

Поэтому выбор будем производить между устройствами способными создавать усилия свыше 360кг, а это – пневматические, электромеханические и гидравлические прижимы. Для обеспечения необходимого усилия будем использовать пневматические прижимы, так как они способны обеспечить необходимое усилие (до 1000кг) и также относительно просты в использовании и обслуживании, к тому же дешевле конкурентных аналогов.

Чтобы избежать неравномерные по толщине пластические деформации, необходимо приложить усилие зажатия по центру балки близи установочных элементов, в таком случае возникновение трещин будет упреждено. Также при использовании прижима необходимо обязательно использовать и опору (под прилагаемой силой), для исключения поворота или изгиба детали.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ01	Хайдуков Леонид Андреевич

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- Примерный бюджет проекта – 302 282,1 руб.; - В реализации проекта задействованы: научный руководитель и ассистент.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 - Минимальный размер оплаты труда (на 2022 год) составляет 13 890 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- Отчисления по страховым взносам 27,1% от ФОТ; - Накладные расходы 16%; - Районный коэффициент 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения проектной работы с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	- Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование; - Анализ конкурентных технических решений; - SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета проектной работы.	- Планирование выполнения работ по проекту; - Расчет бюджета затрат на проектирование; - Составление сметы затрат на основное электрооборудование рассматриваемого объекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	- Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала:

1. Календарный план-график выполнения проекта (Диаграмма Ганта).
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.01.2022
--	------------

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	Хайдуков Леонид Андреевич		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Объектом исследования является разработка технологии механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины, выполняемая в рамках научно-исследовательской работы. Основная задача работы заключается в разработки технологии сборки и сварки вышеуказанного изделия.

Целью данного раздела – анализ конкурентоспособности и ресурсоэффективности технологии сборки и сварки рамы опорной, а также расчёт бюджета проведённого исследования, определим ресурсную, финансовую, бюджетную эффективности исследования.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [4].

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками [4].

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Целесообразно проводить сегментирование по двум наиболее значимым для рынка критериям, на основании которой уже строится карта сегментирования рынка [4].

Проведём сегментацию рынка по таким критериям как:

- Размер завода потребителя;
- Разновидность завода потребителя.

Результаты представим в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 Карта сегментирования рынка

		Предприятия ВПК	Заводы по ремонту во- енной тех- ники	Гражданские предприятия по ремонту грузо- вых машин	Гражданские предприятия по изготовлению грузовых машин
Размер компаний	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				
		Высокий спрос		Средний спрос	Низкий спрос

Из данной карты сегментирования рынка по уровню спроса на технологию сборки и сварки рамы опорной, можно установить, что основными потребителями можно считать средние и крупные предприятия, связанные с ВПК и ремонтов техники военного назначения, это будет являться основным направлением развития нашей технологии на первом этапе. В будущем привлекательным рынком для нашей технологии будет являться крупные и средние предприятия по изготовлению и ремонту крупных грузовых машин, так как там также присутствуют такие изделия как рама, но возможно немного другой конструкции.

5.1.2 Технология QuaD

Поскольку рынок в современном мире динамичен и новые конкурентные технологии появляются и занимают лидирующие места, для любого научного исследования необходим анализ этих конкурентных технологий, существующих в данный момент времени.

Технология сборки и сварки рамы опорной, которая должна выдерживать всю основную нагрузку на транспортно-загрузочную машину должна соответствовать таким критериям, как:

- ✓ Безопасность – возможность выполнения сварного соединения и его контроля, без существенного риска получения травмы рабочего;
- ✓ Долговечность – способность сварного соединения сохранять свои прочностные характеристики, на протяжении всего срока эксплуатации;
- ✓ Прочность – прочность сварного соединения;
- ✓ Экологичность – отсутствие вредного воздействия на окружающую среду;
- ✓ Простота конструкции – удобство в выполнении сварных швов и их контроле.
- ✓ Ремонтопригодность – возможность выполнения близкого по качеству сварного шва взамен дефектному.
- ✓ Доступность – возможность качественного выполнения сварного соединения рабочим обычной квалификации.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Безопасность	0,1	100	100	1	10
Долговечность	0,15	95	100	0,95	14,25
Прочность	0,2	100	100	1	20
Простота конструкции	0,1	90	100	0,9	9
Экологичность	0,05	95	100	0,95	4,75
Ремонтопригодность	0,05	80	100	0,8	4
Доступность	0,1	95	100	0,95	9,5
Экономические критерии оценки эффективности					
Цена	0,15	95	100	0,95	14,25
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	100	100	1	10
Итого	1	850	700	8,5	95,75

По технологии QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле [4]:

$$П_{ср} = \sum B_i \cdot \bar{B}_i \quad (5.1)$$

где $П_{ср}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

$\bar{B}_i$ – средневзвешенное значение i – го показателя.

Значение $П_{ср}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $П_{ср}$ получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая [4].

Исходя из данных таблицы 5.2 можно сделать вывод, что разрабатываемая технология сборки и сварки рамы является перспективной, и может быть успешно распространена в производстве данного вида изделий.

5.2 SWOT-анализ

Вторым этапом является комплексный анализ внешней и внутренней среды проекта с помощью технологии SWOT, который проводится в несколько шагов.

Первый шаг – описание сильных и слабых сторон проекта, в выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта [4].

Угроза – нежелательная ситуация, тенденция или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем [4].

Покажем наглядно результаты SWOT-анализа в таблице 5.3

Таблица 5.3 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокое качество получаемой продукции; С2. Надежность; С3. Рациональный метод сварки; С4. Высокая производительность процесса сварки С5. Низкие показатели потерь металла на раскрой, разбрызгивание и угар при сварке.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Относительно высокая требуемая квалификация рабочих. Сл2. Высокая стоимость оборудования вращения рамы Сл3. Ограниченность применения выпускаемой технологии
Возможности: В1. Возможность удешевления технологического процесса; В2. Появление дополнительного спроса со стороны гражданских производителей крупной техники на новую технологию В3. Регулирование производительности В4. Повышение эффективности сварки плавящимся электродом		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые машины, к которым привязана данная технология У2. Появление более совершенных технологий. У3. Кризис - отсутствие стабильности в экономике; У4. Поломка дорогостоящего оборудования и необходимость его замены		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	–	–	+	+	+
	B2	+	+	–	+	+
	B3	+	+	–	0	-
	B4	+	+	–	–	0

В рамках третьего этапа построим итоговую матрицу SWOT-анализа, которая приведена в таблице 5.5.

Таблица 5.5. – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: C1. Высокое качество получаемой продукции; C2. Надежность; C3. Рациональный метод сварки; C4. Высокая производительность процесса сварки C5. Низкие показатели потерь металла на раскрой, разбрызгивание и угар при сварке.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Относительно высокая требуемая квалификация рабочих. Сл2. Высокая стоимость оборудования вращения рамы Сл3. Ограниченность применения выпускаемой технологии
Возможности: В1. Возможность удешевления технологического процесса; В2. Появление дополнительного спроса со стороны гражданских производителей крупной техники на новую технологию В3. Регулирование производительности В4. Повышение эффективности сварки плавящимся электродом	В1С3С4С5 – снижение стоимости изготовления конструкции по технологии путём снижения издержек на: оплату труда рабочих, потерь металла в ходе производства. В2В3С1С2С3С4 – создание спроса на технологию в смежных отраслях, за счёт улучшения качества получаемого соединения, его надежности и конкурентной цене. В3С1С2С3С4 – изменение производительности сварки в зависимости от требуемого качества соединения, путём увеличения количества наплавляемого металла за один проход.	В1Сл1 – Повышение квалификации рабочих, разработка специального стенда и шаблонов для упрощения сборки рамы.

Продолжение таблицы 5.5. – Итоговая матрица SWOT-анализа

	В4С1С2 – улучшение эффективности сварки, путем оптимального подбора технологических мер в подготовке и сопровождению процесса сварки.	
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые машины, к которым привязана данная технология У2. Появление более совершенных технологий. У3. Кризис - отсутствие стабильности в экономике; У4. Поломка дорогостоящего оборудования и необходимость его замены	У2У3С1С2 – Постоянный мониторинг за конкурентами на рынке, а также за общей ситуацией в экономике.	У1Сл3 – адаптация технологии сборки и сварки рамы, в типовой технологический процесс подходящий для аналогичных рам. У4Сл2 – бережливое использование оборудования, своевременно техническое обслуживание.

По данным SWOT анализа можно заключить о ряде проблем с которыми может столкнуться наш продукт на заключительном этапе производства. Также были обозначены пути решения этих проблем, например, для уменьшения угроз предприятию необходимо:

- Производить постоянный мониторинг рынка, конкурентов на рынке, а также общей экономической ситуации в стране;
- Производить поиск заказов и адаптацию технологии производства указанной рамы, в сторону гражданской продукции;
- Качественно обслуживать действующее оборудование, а также своевременно его обновлять.

Чтобы бороться со слабыми сторонами нужно выполнять следующее:

- 1 Повышать квалификацию рабочих и инженеров, с помощью обучений и стажировок в других компаниях;
- 2 Оптимизировать процесс, повышая производительность процессов сварки;
- 3 Расширять номенклатуру возможного исполнения;
- 4 Проводить тщательную работу по поиску и удержанию новых клиентов и инвесторов.

5.3 Структура работ в рамках научного исследования

Первым этапом работы над любым проектом является планирование этапов этой работы. Поэтому в данном этапе необходимо показать занятость всех участников проекта, а также назначить сроки выполнения всех этапов.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Распределим этапы выполнения проектов среди участников работ, занеся данные в таблицу 5.6.

Таблица 5.6. – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	2	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер
Разработка технического задания	3	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Обзор литературы - изучение технологий сварки подобных конструкций.	Инженер
	5	Выбор способа сварки и его обоснование.	Инженер
	6	Выбор способа разделки кромок и его обоснование.	Инженер
	7	Назначение необходимых сварочных материалов.	Научный руководитель, инженер
	8	Расчёт режимов и параметров сварки данной конструкции.	Научный руководитель, инженер
	9	Расчёт физических и химических свойств получившегося шва.	Инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Рациональный выбор подходящего под рассчитанные параметры оборудования.	Научный руководитель, инженер
Проведение ОКР			

Продолжение таблицы 5.6. – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Разработка технической документации и проектирование	11	Написание технологии сварки и сборки изделия	Научный руководитель, инженер
	12	Составление технологической документации	Научный руководитель, инженер
	13	Чертежные работы	Инженер
	14	Составление пояснительной записки	Инженер
	15	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Научный руководитель, инженер
Оформление отчета по работе	16	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Научный руководитель, инженер
	17	Подведение итогов, оформление работы	Инженер

5.4 Разработка графика проведения научного исследования

В настоящее время ключевую роль в стоимости изделия несет стоимость трудовых затрат, поэтому верное определение трудоёмкости есть один из важнейших пунктов в экономической оценке того или иного продукта.

Оценивается трудоёмкость экспертным путём в человеко-днях и зависит от множества факторов.

Для определения среднего значения трудоемкости $t_{ож}$ используем формулу (5.2) [4]:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (5.2)$$

где, $t_{ож}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения работы, чел.дн;

t_{min} и t_{max} – минимально и максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, в чел.дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн;

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

Для наглядного изображения значения трудоемкости используют диаграмму Ганта, которая является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, необходимо, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни.

Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.4)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.5)$$

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Временные показатели исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длитель- ность работ в рабочих днях T_{pi}		Длитель- ность работ в календар- ных днях T_{ki}	
	$t_{min},$ чел-дни		$t_{max},$ чел-дни		$t_{ож\ i},$ чел-дни					
	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР
1. Выбор направления исследований	–	1	–	2	–	1,4	–	1,4	–	2
2. Календарное планирование работ по теме	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–
3. Составление и утверждение технического задания	2	1	3	1	2,4	1	2,4	1	4	1
4. Обзор литературы изучение технологий сварки подобных конструкций.	5	–	7	–	5,8	–	5,8	–	9	–
5. Выбор способа сварки и его обоснование.	3	–	5	–	3,8	–	3,8	–	6	–
6. Выбор способа разделки кромок и его обоснование.	2	–	3	–	2,4	–	2,4	–	4	–
7. Назначение необходимых сварочных материалов.	2	–	3	–	2,4	–	2,4	–	4	–
8. Расчёт режимов и параметров сварки данной конструкции.	3	–	5	–	3,8	–	3,8	–	6	–
9. Расчёт физических и химических свойств получившегося шва.	2	–	3	–	2,4	–	2,4	–	4	–
10. Рациональный выбор подходящего под рассчитанные параметры оборудования.	2	–	3	–	2,4	–	2,4	–	4	–

Продолжение таблицы 5.7 – Временные показатели исследования

11. Написание технологии сварки и сборки изделия	10	1	12	2	10,8	1,8	10,8	1,4	16	2
12. Составление технологической документации	10	–	12	–	10,8	1,4	10,8	–	16	–
13. Чертежные работы	6	–	9	–	7,2	–	7,2	–	11	–
14. Составление пояснительной записки	5	–	8	–	6,2	–	6,2	–	9	–
15. Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1	–	2	–	1,4	–	1,4	–	2	–
16. Согласование выполненной работы с научным руководителем	2	1	3	2	2,4	1,4	2,4	1,4	4	2
17. Подведение итогов, оформление работы	2	–	3	–	2,4	–	2,4	–	4	–
Итого					67,6	12	67,6	5,2	104	7

На основе таблицы 5.7 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта и представлен на рисунке 5.1 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени дипломирования.

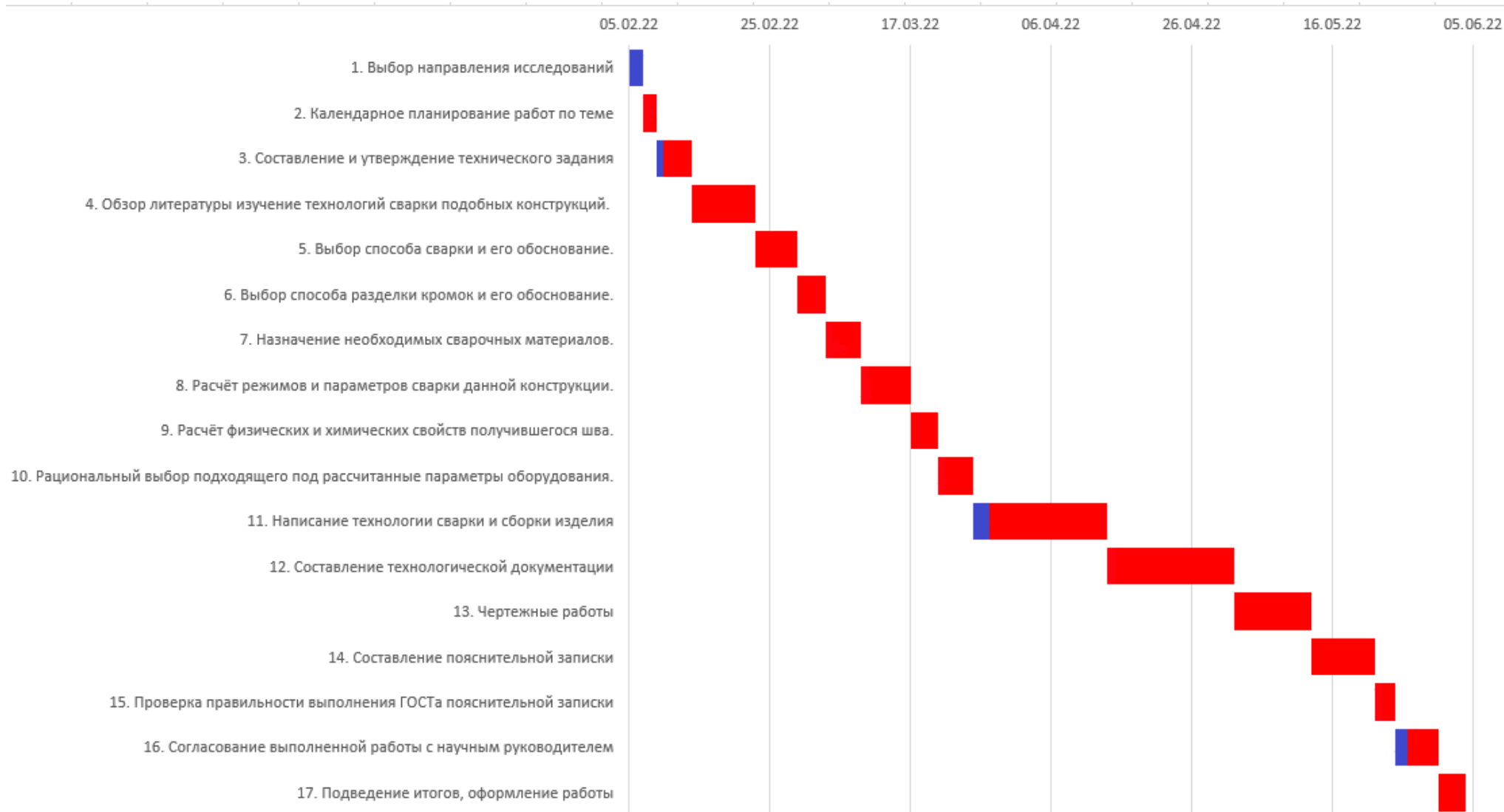


Рисунок 5.1 – Диаграмма Ганта

— - Научный руководитель; — - Инженер.

На диаграмме наглядно показано, что практическая часть диплома составляет практически 2 месяца, остальное время – чуть больше 2ух месяцев выделено на составление и оформление пояснительной записки, чертежей, а также экономической и социальной частей этой работы.

5.5 Бюджет научно-технического исследования

Составление бюджета данного исследования позволит верно оценить возможные затраты и экономическую эффективность этой работы. Для составления такого бюджета необходимо рассчитать несколько статей расходов, таких как [4]:

- 1 Материальные затраты;
- 2 Амортизационные отчисления;
- 3 Заработная плата персонала;
- 4 Расходы на внебюджетные фонды;
- 5 Накладные расходы

5.5.1 Расчёт материальных затрат

Материальные затраты включают в себя стоимость всех материалов или услуг, используемых в исследовательской работе.

Большинство работы над магистерской диссертацией выполнялось в таких программах как: Microsoft Office; КОМПАС-3D; Microsoft Excel; Mathcad. Данные программы доступны для студентов ТПУ в учебных или полных версиях, поэтому стоимостью их официальных лицензий мы пренебрежём. Необходимо будет учесть расходы на канцелярские товары и стоимость интернета. Сумму этих затрат необходимо будет умножить на $(1 + k_T)$, где k_T – коэффициент транспортно-заготовительных расходов, он назначается в пределах 5...20%, мы примем 15%. Расчет всех этих расходов отражается в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, шт	2	550	1100
Картридж для принтера	1000	1	1000
Тетрадь общая А4, 96 л.	180	1	180
Шариковая ручка	50	4	200
Интернет	400	4	1600
Итого			4080
Транспортно-заготовительные расходы, руб (15%).			612
Итого с учётом ТЗР			4692

5.5.2 Расчёт амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления будем рассчитывать условно, для одного компьютера, на котором выполнялась основная работа по написанию ВКР, срок написания работы – 115 дней или 3,8 месяца. Для проведения расчётов примем стоимость нашего компьютера равную 60 000 рублей, а срок полезного использования такой техники составляет 2 – 3 года, согласно рекомендациям [4], мы примем 3 года.

Тогда норма амортизации H_A будет рассчитываться как [4]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% , \quad (5.6)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Подставив известные значения в формулу (4.6) получим:

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33\%.$$

Годовые амортизационные отчисления вычисляются как:

$$A_{\Gamma} = H_A \cdot C_{\text{пер}} , \quad (5.7)$$

где $C_{\text{пер}}$ – первоначальная стоимость оборудования, у нас 60 000 руб., подставив уже известные величины в формулу (4.7) получим:

$$A_{\Gamma} = 0,3333 \cdot 60\,000 = 20\,000 \text{руб.}$$

Тогда ежемесячные отчисления получаются:

$$A_{\text{дн}} = \frac{A_{\Gamma}}{251}. \quad (5.8)$$

$$A_{\text{дн}} = \frac{20\,000}{365} = 54,8 \text{ руб.}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A_{\text{мес}} = A_{\text{дн}} \cdot n, \quad (5.9)$$

где n – количество календарных дней использования оборудования, в нашем случае 104 ассистента и 7 научного руководителя, подставляя в формулу (5.9) получим:

$$A = 54,8 \cdot 111 = 6082,8 \text{ руб.}$$

5.5.3 Основная заработная плата исполнителей

В этот раздел входит основная заработная плата персонала, участвовавшего в выполнении ВКР. Так как в данной работе участвуют только 2 работника – ассистент (студент) и научный руководитель, то для расчёта необходимо знать только их оклады. Заработная плата вычисляется в соответствии с трудоёмкостью выполняемых работ, а также согласно действующей системы ставок в НИ ТПУ

Расчёт заработной платы будем вести по формуле (5.10) [4]:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (5.10)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{\text{осн}}$), руб.

Основная заработная плата $З_{\text{осн}}$ вычисляется по формуле (5.11) [9]:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (5.11)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых трудящимся, в рабочих днях (таблица 5.7);

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная $З_{\text{дн}}$ плата рассчитывается по формуле (5.12):

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.12)$$

где $З_m$ – месячный оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл 5.7).

$M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя.

В нашем случае научный руководитель в должности кандидата технических наук и студент – ассистент низшей категории имеют разные рабочие недели, первый шестидневную, а второй пятидневную.

Таблица 5.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	66	118
Потери рабочего времени на отпуск	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	223

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{окл} \cdot k_p, \quad (5.13)$$

где $З_{окл}$ – оклад, руб.;

k_p – районный коэффициент, 1,3 для Томска.

Научный руководитель имеет должность доцента и степень кандидата технических наук оклад на весну 2022 год составляет 36 796 руб.

Оклад ассистента (студента) на весну 2022 года составляет 22 695 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 23670,88 руб.

Для полного расчёта подставим обобщённые сведения о рабочем времени персонала из таблицы 5.9 в вышеуказанные формулы (5.10 – 5.13), полученные значения приведён в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{окл} , руб.	k _p	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _p , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руко- водитель	36 796	1,3	47834,8	2047,2	5	10236
Инженер	23670,9		30772,2	1545,5	104	160732
Итого З _{осн}						170968

5.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают 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 ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (5.14)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	к _{доп}	З _{осн}	З _{доп}
Научный руководитель	0,15	10236	1535,4
Инженер		160732	24109,8
Итого			25645,2

5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.15)$$

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 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 5.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	10236	160732
Дополнительная заработная плата, руб.	1535,4	24109,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Сумма отчислений	3190	50092,1
Итого	53180,6	

5.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} \quad (5.16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

$$З_{\text{накл}} = (4692 + 6082,8 + 170968 + 25645,2 + 53180,6) \cdot 0,16 = 41691 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице

Таблица 5.13 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	4692
2. Затраты на амортизацию оборудования.	6082,8
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	170968
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	25645,2
5. Отчисления во внебюджетные фонды	53180,6
6. Накладные расходы	41691
7. Бюджет затрат НТИ	302259,6

5.6 Определение ресурсоэффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 5.14). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}. \quad (5.17)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

В качестве вариантов технологии сборки и сварки рамы выберем аналоги механизированной сварки плавящимся электродом (исполнение 1), такие как автоматическая сварка под флюсом и ручную дуговую сварку (исп. 2 и 3 соответственно).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}1} = \frac{302282,1}{350000} = 0,86$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}3} = \frac{327000}{350000} = 0,93$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}2} = \frac{350000}{350000} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки нашей технологии отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах, по отношению к самой дорогой разработки из сравниваемых аналогов.

5.6.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую как интегральный критерий, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.18)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 5.14).

Таблица 5.14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Долговечность соединения	0,2	5	5	4
Надежность	0,1	5	5	3
Удобство проведения контроля	0,1	5	3	4
Безопасность	0,2	4	5	4
Экологичность	0,1	5	4	5
Расход сварочного материала	0,1	4	4	3
Компактность	0,1	5	4	5
Производительность метода	0,1	5	5	3
ИТОГО	1	38	35	31

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,7$$

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,5$$

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 = 3,9$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad (5.19)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблицу 5.15) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (5.20)$$

Таблица 5.15 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	1	0,93
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,7	4,5	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	5,5	4,5	4,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,82	0,76

По данным таблицы 5.15 можно сделать вывод о том, что наша технология изготовления пикнометра превосходит конкурентные аналоги как по ресурсоэффективности, так и по интегральному показателю эффективности, так как имеет меньшую стоимость разработки.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе данной главы методами анализа, оценки и расчётов было выявлено, что разработанная технология сварки корпуса пикнометра экономична, ресурсоэффективна, имеет относительно высокую производительность труда, за счёт чего можно заключить, что данный научно-исследовательский проект будет весьма конкурентоспособным на рынке.

Были решены все задачи изначально установленные в этом разделе, а именно:

- Был проведён анализ потенциальных потребителей в ходе которого было выяснено, что основными потребителями данной продукции станут крупные и средние предприятия ВПК, а также крупные заводы по производству грузовых машин (см. подраздел 5.1).
- Также был выполнен анализ конкурентных технических решений. Технология нашей разработки оказалось достаточно конкурентной в сравнении с другими технологиями сварки рам на рынке.
- По итогам SWOT-анализа были выявлены основные угрозы нашей разработки: кризис в экономике, появление более дешевой и совершенной технологии на рынке, а также возможный выход из строя дорогостоящего оборудования, упреждающие меры для этих угроз представлены в подразделе 5.3.
- Выполнено планирование графика НИР и построена диаграмма Ганта для большей ее наглядности и определения очередности работ, по этому графику инженеру приходится 104 рабочих дня, а научному руководителю 5 рабочих дней.
- Был выполнен расчёт бюджета исследования, по которому можно полноценно оценить затраты на выполнение работ, согласно расчётам, они составили 302282,1 рубля.

В последнем подразделе дана оценка экономической эффективности проекта. А именно было установлено, что наша технология превосходит по ресурсоэффективности как по общему показателю, так и по сравнительному. Это было достигнуто достаточно конкурентными качествами метода сварки, при котором достигается оптимальное качество и скорость сварки, при сохранении мобильности для выполнения труднодоступных сварных швов рамы, а также верным подбором оборудования и сварочных материалов.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ01	Хайдуков Леонид Андреевич

ШКОЛА	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Тема дипломной работы: «Технология сборки и сварки рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины»

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 сборки и сварки рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины Область применения исследования – предприятия ВПК России.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СИЗ коллективные и индивидуальные 1.2. Анализ выявленных опасных факторов: • Термические источники опасности • Электробезопасность • Пожаробезопасности	1. Вредные факторы: 1.1 Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; 1.2 Недостаточная освещенность; 1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.4 Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.5. Ультразвук, ПДУ, СКЗ, СИЗ. 2. Опасные факторы: 2.1 Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R _{заземления} , СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ; 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: • 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: • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);

разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	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	10.01.2022 г.
---	----------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		13.05.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Хайдуков Леонид Андреевич		13.05.2022 г.

6 Раздел «Социальная ответственность»

Введение

В этом разделе рассматриваются вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В магистерской диссертации, рассмотрено исследование технологии сборки и сварки рамы опорной, так как конструкция для сварки является весьма трудоёмкой и габаритной, все исследования проводились на компьютере в корпусе НИ «ТПУ», кабинете 112. Поэтому в данном разделе рассматриваются вопросы анализа и выявления возможных опасных и вредных факторов на рабочем месте инженера-лаборанта. Площадь занимаемого помещения составляет 40м², на которых обычно располагаются 3 человека.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимоувязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Также, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

6.1 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).

6.2 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. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости перемещения воздуха приведены в таблице 7.1 и 7.2 [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 6.1.

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 6.1 –Допустимые параметры микроклимата.

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

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6м², в помещениях культурно-развлекательных учреждений и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5м² по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. В нашем случае кабинет имеет размеры 8х5х3,5м, в таком случае общая площадь нашего рабочего помещения 40м², объём составляет 140м³.

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°С), 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 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м³. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 46,7 м³, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется.

6.3 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 докумен-

тацией 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 $A = 8$ м, ширина $B = 5$ 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 $R_{\pi} = 70 \%$. 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.

1. Площадь помещения

$$S = A \times B, \quad (6.1)$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 8 \times 5 = 40 \text{ м}^2.$$

2. Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен ФЛД = 2200 Лм.

3. Выбираем светильник типа ОД-2-40, так как наша лаборатория является нормальным помещением с хорошим отражением потолка и стен с умеренной влажностью и запылённостью, $\lambda = 1,4$. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1230 мм, ширина – 266 мм. Принимаем высоту подвеса светильника от уровня потолка $h_c = 0,2$ м [24].

4. Рассчитаем высоту подвеса светильника над расчетной поверхностью по формуле (6.2):

$$h = h_{\pi} - h_{rp}. \quad (6.2)$$

где, h – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью; h_{rp} – высота рабочей поверхности над полом (0,8м); h_{π} – высота светильника над полом, высота подвеса.

$$h_{\pi} = H - h_c, \quad (6.3)$$

где Н – 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 5.2 и 5.3, получим:

$$h_{\pi} = 3,5 - 0,2 = 3,3 \text{ м.}$$

$$h = 3,3 - 0,8 = 2,5 \text{ м.}$$

5. Определим расстояние между рядами светильников, по соотношению (6.4):

$$L = \lambda \cdot h. \quad (6.4)$$

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

6. Рассчитаем количество рядов светильников при заданной ширине помещения $A = 5\text{м}$ (6.5):

$$n = \frac{A}{L}. \quad (6.5)$$

$$n = \frac{5}{3,5} = 1,43$$

Округляем полученное значение n в большую сторону – 2 ряда.

7. Определим число светильников в одном ряду (6.6):

$$N_p = (B - 2l)/l_{\text{св}}, \quad (6.6)$$

где, $l_{\text{св}}$ – длина светильника, для светильника типа ОД–2–40 $l_{\text{св}} = 1,23 \text{ м}$

$$N_p = \frac{8 - 2 \cdot 1,23}{1,23} = 4,5$$

Округляем значение светильников в ряду до 4рех.

Таким образом общее количество светильников будет равно 6.7:

$$N_{\text{св}} = N_p \cdot n. \quad (6.7)$$

$$N = 4 \cdot 2 = 8$$

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 4 светильников типа ОД мощностью 40 Вт с габаритными размерами 1230x266x158мм, при этом разрывы между светильниками в ряду составят (50...500) см. Изобразим в масштабе план помещения и разместим на нем 8 светильников (рис. 6.1). Учитывая,

что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 8 \cdot 2 = 16$ [24].

8. Индекс помещения определяется по формуле (6.8):

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} \quad (6.8)$$
$$i = \frac{40}{2,5 \cdot (5 + 8)} = 1,23$$

9. Расчетным уравнением метода коэффициента использования светового потока является формула (6.9):

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (6.9)$$

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

E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк [24].

$$\Phi = \frac{200 \cdot 40 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,52} = 1904 \text{ лк.}$$

10. Определим потребный световой поток ламп в каждом из рядов. Делаем проверку выполнения условия [24]:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ст}} - \Phi_{\text{расч}}}{\Phi_{\text{ст}}} \cdot 100\% \leq 20\%. \quad (6.10)$$

Подставим значения, для определения мощности осветительной установки:

$$-10\% \leq \frac{2200 - 1904}{1904} \cdot 100\% \leq 20\%$$
$$-10\% \leq 15,5\% \leq 20\%$$

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

11. Потребляемая мощность осветительной установки составит:

$$P = N \cdot P_{\text{лампы}} \quad (6.11)$$
$$P = 16 \cdot 40 = 640 \text{ Вт.}$$

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

12. Для схематического изображения размещения светильников необходимо

рассчитать расстояние вдоль стен и от торца помещения:

$$L = N \cdot a \cdot L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + N \cdot L_1. \quad (6.12)$$

Соответственно расстояние между лампами от стены длиной 8м L_1 , а от стены длиной 5м L_2 . Согласно «Практикум БЖД 2009» равномерность освещения обеспечивается расстоянием от крайних светильников до стенок = $L/3$ [24].

Составим уравнение с 1 неизвестной:

$$5000 = L_1 + 2/3 \cdot L_1 + 2 \cdot 266$$

$$8000 = 3 \cdot L_2 + 2/3 \cdot L_2 + 4 \cdot 1230$$

Преобразуем уравнения для нахождения L_1 и L_2 .

$$L_1 = \frac{5000 - 2 \cdot 266}{1 + 2/3} = 2680,8 \approx 2680 \text{ мм.}$$

$$L_2 = \frac{8000 - 4 \cdot 1230}{3 + 2/3} = 840 \text{ мм.}$$

Тогда расстояние от края стенок будет равно:

$$\frac{L_1}{3} = \frac{2680}{3} = 893,3 \approx 894 \text{ мм.}$$

$$\frac{L_2}{3} = \frac{840}{3} = 280 \text{ мм.}$$

Размещаем светильники в 2 ряда по 4 светильника. На рисунке 6.1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

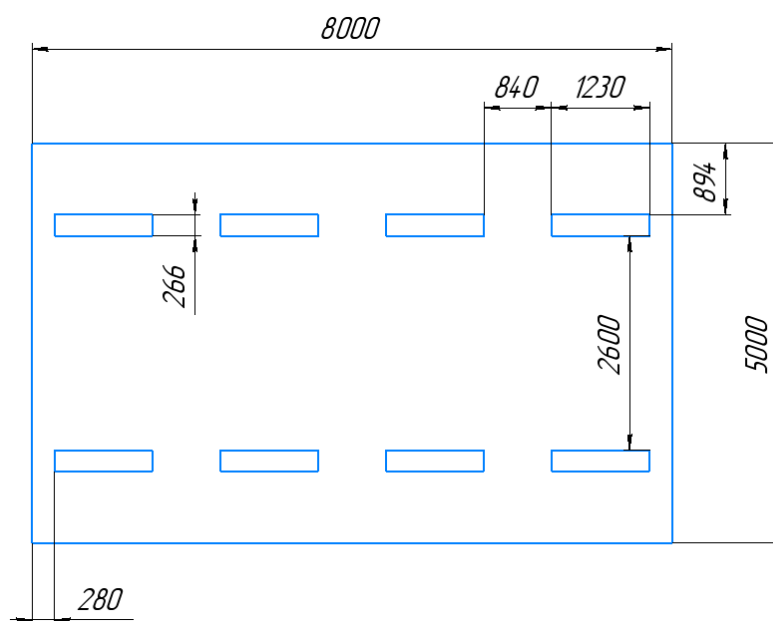


Рисунок 6.1 – План размещения светильников в кабинете

6.4 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).

6.5 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 распространения;

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

6.6 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 6.2.

Таблица 6.2. ПДУ контактного ультразвука по СанПиН 2.2.4./2.1.8.582—96

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
$1 \cdot 10^3$ — $31,5 \times 10^3$	$1,6 \times 10^{-2}$	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.

6.7 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, имеет оборудование напряжением 220 В (до 1000 В). Безопасное значение тока $I < 0.1$ А, а значение напряжения $U < 12$ В.

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).

6.8 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 средствам 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 легко воспламеняющихся 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 (Рисунок 6.2.), порошковый огнетушитель с поверенным клеймом, таблички с указанием направления движения в сторону эвакуационного выхода.

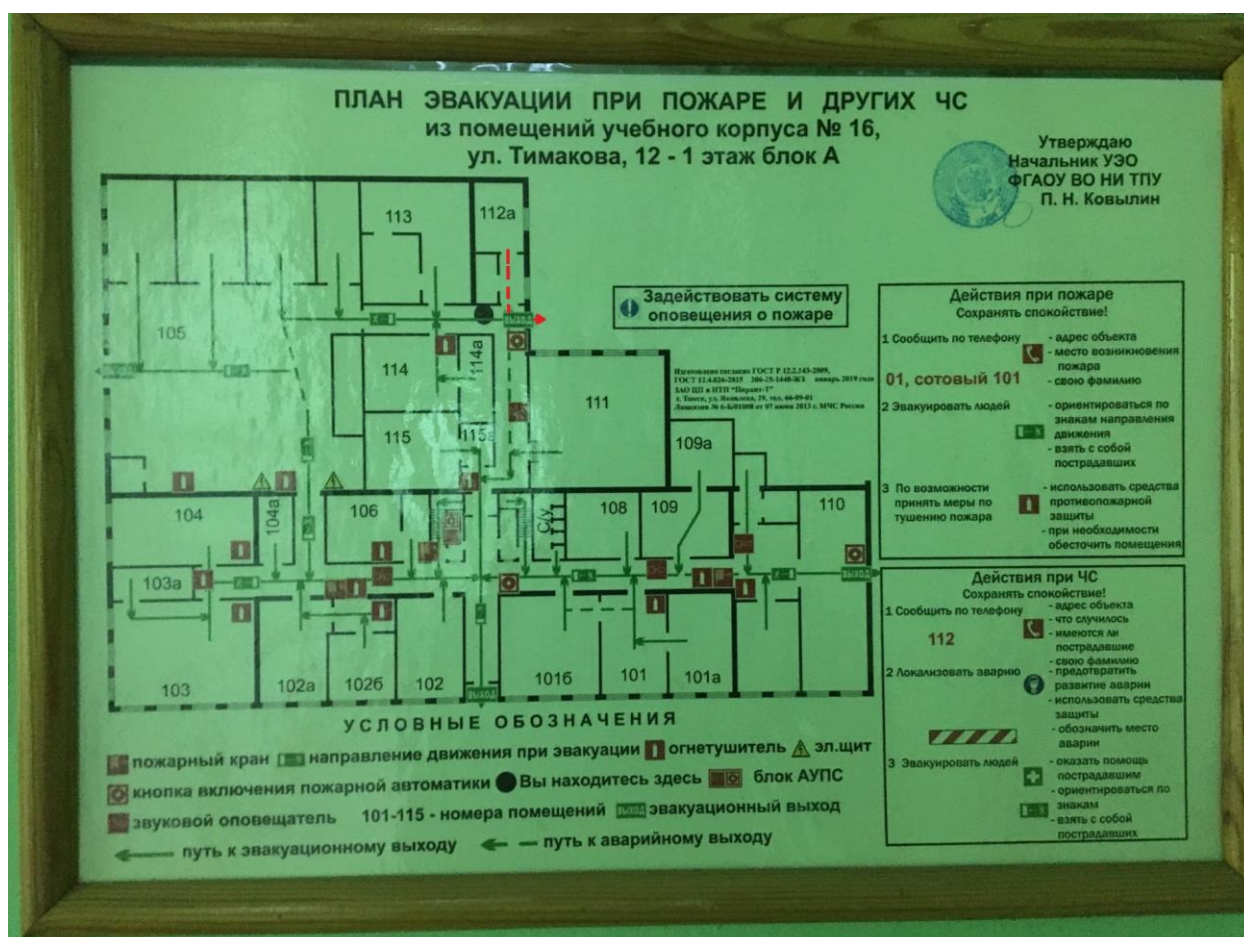


Рисунок 6.2 – План эвакуации (--- план эвакуации из кабинета 112, где проводились исследования.)

6.9 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). 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.

6.10 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.

6.11 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 разморозки 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 визуальное соответствие фотографии, что практически исключает несанкционированный доступ.

Перечень нормативно – технической документации

1. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.
2. ГОСТ Р 2.2.2006-05 Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Стандартинформ, 2015. – 45 с.
3. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. / Разработаны: НИИ медицины труда РАМН / Афанасьева Р.Ф., Репин Г.Н., Михайлова Н.С., 1996. – 45 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
5. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы / Минздрав России / Москва 2003. – 27 с.
6. СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. / НИИСФ РААСН / Дата введения 2017 – 35с.
7. ОСТ 54 30013-83. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности. // Дата принятия 04.04.1983 // ОСТ СССР (Отраслевой Стандарт СССР) – 25с.
8. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" / Минздрав России / Москва 21 2016 год. – 26 с.
9. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов. //М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 – 42с.

10. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. // Минюст России 01.08.2003 – 25с.
11. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы // Госстрой СССР 01.01.1987 – 29с.
12. СанПиН 2.2.4./2.1.8.582-96. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения. Санитарные правила и нормы / Минздрав России / Москва 1997 год. – 23 с.
13. ГОСТ 12.1.040-83 Лазерная безопасность. Общие положения / Минздрав России / Переиздание от 2001 года – 16 с.
14. ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность защитное заземление. Зануление. / Государственный комитет СССР/ Переиздание от 2001 года – 19 с.

Заключение

В ходе выполнения данной магистерской выпускной квалификационной работы, была разработана технология сборки и сварки рамы опорной для унифицированной транспортно-загрузочной машины. Были разобраны свойства основного материала рамы – стали Strenx 700E, её свариваемость и возможные дефекты. В качестве наиболее рационального способа сварки конструкции был выбран способ сварки – механизированный в смеси газов ($80\%Ar + 20\%CO^2$). Выбранный способ сварки удовлетворяет всем требованиям по качеству и экономичности, для него были подобраны необходимые сварочные материалы и назначены параметры режимов сварки, а также путём сравнения было выбрано сварочное оборудование для сборки и сварки.

В конструкторско-технологической части диплома были оформлены необходимые маршрутные и операционные карты по изготовлению, сборке и сварке всех деталей конструкции с приложением карт эскизов, на которых показана последовательность наложения сварных швов для каждого узла конструкции. Сборка конструкции осуществлялась на сборочно-сварочном столе с использованием пневматических прижимов и кран балки для перемещения конструкции на кантователь, где производилась сварка.

При соблюдении разработанной технологии в изготовлении рамы опорной, ожидается получение конструкции, отвечающей всем требованиям по прочности и пластичности. До производства опытной партии изделий, желательно в целях проверки расчётов, проверить режимы сварки и оборудования на образцах, так как некоторые параметры расчётов назначались исходя из рекомендаций справочной литературы.

Также была проведена экономическая оценка технологии в сравнении с конкурентными разработками, где была обоснована целесообразность данной разработки, а также рассчитан бюджет исследования.

В рамках охраны труда были описаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, которые обеспечивают минимальное влияние вредных и опасных факторов производства на инженера, сохраняя его максимальную трудоспособность. А также рассмотрены вопросы экологической безопасности и безопасности при ЧС.

Список использованных источников

1. Патент № 2110378 Российская Федерация, МПК В23К 9/16 (1995.01). Способ электродуговой сварки: № 97102598/02: заявл. 26.02.1997; опубликовано 10.05.1998 / Беляев Д. И., Пасько С. В., Хорошева Н. Н., Кирьков В. М., Клаптюк А. В. и Позняков В. Д.
2. Чинахов Д.А. Патент № 2233211 Российская Федерация, МПК В23К 9/173 (2000.01), В23К 103/04 (2000.01). Способ сварки: № 2003115921/02: заявл. 27.05.2003; опубликовано 27.07.2004 / Чинахов Д.А., Федько В.Т. и Сараев Ю.Н.
3. Васильев В.И. Введение в основы сварки. Учебное пособие / В.И. Васильев, ДП. Ильященко, Н.В. Павлов; Юргинский технологический институт. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 317 с.
4. 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.
5. Strenx 700 E/F [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ssab.ru/products/brands/strenx/products/strenx-700-e-f> – (Дата обращения: 22.02.2022). – Текст: электронный.
6. Рекомендации по сварке Strenx [Электронный ресурс]. – URL: <https://wearservice.ru/upload/iblock/215/osrgyhfxbdpb38fknadb0i6wa7nk2des.pdf> – (Дата обращения: 23.04.2022). – Текст: электронный.
7. Характеристика материала Св-08ХГ2С [Электронный ресурс]. – URL: http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3156 – (Дата обращения: 04.03.2022). – Текст: электронный.
8. Юхин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG) / Юхин Н.А.; Издательство «СОУЭЛО», 2008. – 302 с.

9. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд – во Томский политехнический университет, 2009. — 101 с.
10. Сварочные аппараты [Электронный ресурс]. — URL: <https://100kwatt.ru/svarochnye-apparaty/> — (Дата обращения: 16.02.2022). — Текст: электронный.
11. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. Федеральный горный и промышленный надзор России / дата введения 11.06.2003 г. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901865879> (дата обращения: 14.03.2022). — Текст: электронный.
12. Хайдарова А.А. Сборочно-сварочные приспособления. Этапы конструирования: учебное пособие / А.А. Хайдарова; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. — 132 с.
13. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки (2003) // А.И. Акулов, В.П. Алехин, С.И. Ермаков и др. / Под ред. А.И. Акулова: Издательство: Машиностроение, 2003. — 323 стр.
14. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры: дата введения 01.07.1977г. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004932> (дата обращения: 24.03.2022). — Текст: электронный.
15. Драгунов Ю.Г. Марочник сталей и сплавов. 4-е изд., переработ. и доп. / Ю.Г. Драгунов, А.С. Зубченко, Ю.В. Каширский и др.: Под общей ред. Ю.Г. Драгунова и А.С. Зубченко — М.: 2014 — 1216 с.: ил.
16. Першина А.А. Технология механизированной сварки плавящимся электродом стыковых, угловых, тавровых и нахлесточных соединений при изготовлении грузоподъемного оборудования. Общие технические требования. / Разработал инженер-технолог А.А. Першина. / Изд-во Томского Политехнического университета 2019г. — 43с.

17. Чернышова Г. Г. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением: Учебное пособие / Под ред. Г. Г. Чернышова и Д. М. Шашина. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 464 с.
18. Покатаев Е. П. Расчёт режимов дуговой сварки: методические указания к курсовому и дипломному проекту для студентов специальности 0504 / Покатаев Е. П.; Волгоград, под ред. Л.Н. Головановой; 1987-18 с.
19. Кантователи для сварки рам [Электронный ресурс]. — URL: https://www.tvagonm.com.ua/catalog/oborudovanie_proizvodstva_krytykh_vagonov/kantovateli_s_podemnymi_tsentrarni_dlya_svarki_ram_krytyh/ — (Дата обращения: 13.03.2022). — Текст: электронный.
20. Сварочный стол 3D-Weld SOLID D16 1500x3000 мм из 16 мм [Электронный ресурс]. — URL: <https://3d-weld.ru/katalog-stolov-3d-iz-12mm-stali-s-tcenami/svarochnyy-stol-3d-weld-solid-d16-1500x3000-mm-iz-12-mm> — (Дата обращения: 15.03.2022). — Текст: электронный.
21. Вращатель сварочный универсальный М-11040 [Электронный ресурс]. — URL: https://www.elmid.ru/catalog/svarochnye_vrashchateli_pozitsionery_universalnye/vrashchatel_svarochnyy_universalnyy_m_11040/ — (Дата обращения: 16.03.2022). — Текст: электронный.
22. Правило по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов / Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации; дата введения 28.10.2020 г. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573113861> (дата обращения: 12.03.2022). — Текст: электронный.

Приложение А

(обязательное)

Development of a technological process for assembling and welding the frame of a supporting unified transport and loading machine

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM01	Хайдуков Леонид Андреевич		

Консультант школы отделения (ОЭИ)

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

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

Introduction

Currently, various self-propelled artillery installations are actively used in the armies of the whole world, which have quite high requirements, including their mobility on the battlefield. In order to be mobile and effective, self-propelled guns must contain ammunition that will not critically affect the speed and be able to quickly replenish it. This task is performed by a unified transport-loading machine, which is capable of quickly loading a wide range of artillery equipment, moving additional ammunition.

No less serious requirements are imposed on such a machine in terms of reliability, recharge speed and load capacity, in particular, these requirements also fall on the support frame manufactured by JSC "NPF Mikran". This structure will be made of several steels, which will need to be welded to obtain a high-quality joint. The seam must be equally strong, while maintaining plasticity, since the frame undergoes multidirectional dynamic loads when the machine is moving.

Therefore, the purpose of this work is to develop a technology for assembling and welding the support frame of a unified transport and loading machine, providing a welded joint with satisfying torsional and bending strength parameters, as well as all other necessary operational requirements.

The object of the study is the manufacturing technology of the support frame of a unified transport and loading machine.

The relevance of the research consists in the description of the technology of forming high-quality welds, which is achieved by the correct sequence of assembly and welding of this design, replacing outdated welding equipment with high-tech new ones. In order to increase the stability of the welding process, as well as to improve the quality of the weld (taking into account the economic factor), it was decided to use mechanized welding with a melting electrode in a CO₂ mixture.

Practical significance of the results of the WRC – the results of the master's WRC can be applied in mechanical engineering for multi-component assembly and welding of large-sized frames and support structures consisting of medium-alloy steels.

7.1 Description of the welded structure

In Appendix A, there is a drawing of the frame of the supporting unified transport and loading machine.

Structurally, the support frame, according to the specification, consists of 20 assembly units, a significant part of which is connected by means of welds, which are 11 in total in this assembly (butt, lap and T-bar). The construction material is steel Strenx 700E (the Russian closest analogue of steel 30HGSA), 10XCHД, 18XГТ, Cт20, Cт3пс. It is necessary to develop assembly and welding technology for welds of this design, with various cutting edges.

7.2 General characteristics composition and properties of materials

The steels that need to be welded together are: Strenx 700E, 10XCHД, 18XГТ, Cт20, Cт3пс.

Strenx 700E steel belongs to the class of especially high-quality alloy structural steels, is fine-grained. Most of the frame parts are made of this steel.

Industrial use: manufacturing of load-bearing structures that meet special requirements. This is achieved due to the fact that STRENGTH-type steels are high-strength structural steels with a low content of alloying elements and, consequently, a low carbon equivalent, which significantly improves the weldability of this steel.

18XГТ and 10XCHД steels are low-alloy structural steels. The first is often used when it is necessary to obtain a hard surface and a viscous core by cementation, the beam axis is made of this steel. 10XCHД steel is most often used for the manufacture of welded structures from which the axis of a small beam and several stiffeners are prepared.

Cт20 and Cт3пс steels are structural carbon steels, the least critical parts of the structure are made of these steels.

Table 2.1 - Chemical composition of structural steels [5, 15]

Steel grade	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Mo, %	B, %
Strenx 700E	0.20	0.60	1.60	0.010	0.020	0.80	2.0	0.30	0.70	0.005
10XCHД	0,12	0,8-1,1	0,5-0,8	0,04	0,035	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,6	-	-
18XГТ	0,17-0,23	0,17-0,37	0,8-1,1	0,035	0,035	1-1,3	0,3	0,3	-	-
СТ20	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,04	0,04	0,25	0,25	0,25	-	-
СТ3пс	0,14-0,22	0,05-0,15	0,4-0,65	0,05	0,04	0,3	0,3	0,3	-	-

Table 2.2 - Mechanical properties of structural steels [5, 15].

Steel grade	Yield strength, (MPa)	Ultimate strength, (MPa)	Relative elongation, %.
Strenx 700E	700	780 - 930	14
10XCHД	375	510	20
18XГТ	420	520	26
СТ20	375	410	25
СТ3пс	205-245	370-480	23-26

According to the steel manufacturer, the Strenx 700E is limited weldable. There are no restrictions in the welding methods of this steel. Both heating and heat treatment are recommended [15].

All other steel grades have weldability without restrictions and can be welded by all metal welding methods.

7.3 Choice of welding method

When choosing a welding method, we need to take into account a number of specified parameters, namely: the length of the welds, the size of production (average), the thickness of the materials to be welded, steel grades, special requirements - strength for torsion bending not lower than the base material.

Considering these parameters, it is possible to initially abandon manual welding methods, since they will be economically unprofitable for our type of production – we have medium and long welds with medium-scale production, it will be more profitable to use mechanization of electrode wire feeding, and besides, due to the low surfacing coefficient, they require a large number passages that overheat the part.

Since the basis of our construction is Strenx 700E steel, and all other types of structural steels are welded to it, it is necessary to take this into account when choosing the welding method. The main defect of high-strength medium-alloy steels, to which this steel grade belongs, is the formation of cold cracks, due to the increased hydrogen content in the weld metal. In addition, the ZTV should not overheat, therefore welding must be carried out at reduced modes or in other ways to reduce heat input into the part. Based on these requirements, electroslag welding and submerged flux welding can be excluded from the considered welding methods, since the main advantage of these types of welding is their performance, which is achieved at high welding current rates, which significantly overheats the weld and near the seam zone. In addition, the execution of some seams of the structure by this method will be impossible, due to their inconvenient location.

The most optimal welding method from the point of view of productivity and seam quality will be mechanized welding in the environment of protective gases with a floating electrode. Since this welding method is able to give the necessary seam quality, has a certain mobility and also has a fairly high productivity, due to mechanical wire feeding, and is relatively cheap in itself.

The mechanics of the process of mechanized welding with a melting electrode is as follows: the arc burns between the product and the welding wire, which melts and continu-

ously enters the arc (using a semi-automatic feeding mechanism), because the wire is alloyed, then they serve as an additive material. The arc melts both the base metal and the filler metal by thermal action, which together forms a welding bath by freezing under the influence of arc pressure, which is protected by a protective gas that enters the welding area. The arc, gradually moving along the arc, ceases to heat the welding bath so much, and it crystallizes, forming an integral welded joint of two parts. Mechanized welding with a melting electrode will be performed with a direct current of direct polarity, because serious thicknesses of the material (from 8...40mm) will have to be cooked in order to reduce excess heat input into the part and preserve the strength of the weld zone.

7.4 Choice of welding materials

Mechanized welding in protective gases of high-strength low-carbon steels with a thickness of more than 5 mm is performed in several passes by a continuous arc with a melting electrode in a mixture of argon and carbon dioxide with an attachment wire, which must have a yield strength equal to or lower than that of the base metal in order to perform a plastic weld without cracks. In this case, the welding wire should give no more than 5ml /100g of hydrogen concentration in the weld [6].

The choice of welding wire is made according to the criterion of seam plasticity and metallurgical correspondence of the composition of the wire with the material of the product. According to the recommendations [16], we assign CB-08XF2C wire for all connections of Strenx 700 E steel and CB-08F2C wire for welding with each other and with Strenx 700 E of all other steels used in construction (Table 7.1, 7.2).

Table 7.1 - Chemical composition of CB-08XF2C wire [15]

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	V, %	Mo, %	Ti, %
0,11	0.95	1,7-2,1	0.025	0.03	0,7-1,0	0,25	0,05	0,15	0,04

Table 7.2 - Chemical composition of CB-08F2C wire [15]

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	V, %	Mo, %	Ti, %
0,11	0.95	1,7-2,1	0.025	0.03	0,2	0,25	0,05	0,15	0,04

Protective gas based on economic and technological benefits is selected according to the recommendations [16] - gaseous and liquid carbon dioxide of the highest and first grades according to GOST 8050, with the addition of 20% argon of the highest and first grades with physico-chemical parameters according to GOST 10157. Such a mixture will allow for jet transfer, reducing the chances of the appearance of pores, also favorably affects the plasticity of the seam.

7.5 Selection of welding equipment

We will make a selection of equipment for mechanized welding with a melting electrode in a protective gas environment. The most suitable current source, which should have characteristics corresponding to the previously calculated welding parameters: $I_{\text{weld}} = 140 \dots 180 \text{ A}$, $U = 25 \text{--} 30 \text{ V}$, $v_{\text{weld}} = 25 \text{ m/h}$, etc. will be START MIG5000. This conclusion was obtained based on a comparison of several models of semi-automatic welding machines from open sources.



Figure 7.1 – START MIG 5000 semi-automatic welding machine [10]

In this configuration, the device includes: a power source, a separate feeding mechanism SB-10-500, a control cable, a semi-automatic burner START MS 36 (3 meters) - 1 piece [10].

In addition, welding equipment should include:

- 3D-Weld SOLID D16 1500x3000mm assembly and welding table, on which the assembly and tack of the structure will be carried out, as well as welding of non-rotating components of the structure;
- Universal welding rotator M-11040 on which the ring will be welded;
- KPC-4000 welding cantilever, on which the frame and beam 023ey will be welded.

7.6 Frame assembly and welding

After the parts are received for assembly, it is necessary to clean the inner and outer surfaces of the future welded joint from various kinds of contamination obtained during transportation and mechanical processing. To do this, it is necessary to perform the operation of wiping with a rag after moistening it with a solvent and blowing with compressed air.

Next, care should be taken to protect the base metal from weld spatter, which is inevitably formed when an open arc burns. To do this, we will use a liquid concentrate of lignosulfonate of the LST brand according to TU 13-0281036-05-89 or other protective means with similar properties that do not affect the quality of welding. Technical lignosulfonate is diluted in hot water at a temperature of 50-60 ° C in a ratio of 1:4 by weight or 1:5 by volume. The resulting liquid is applied to the surface of the welded products in a thin layer 100-150 ml wide on both sides of the seam 1-2 hours before welding [16].

To prevent the formation of pores caused by an increased concentration of hydrogen, the electrodes should be calcined according to the regime recommended by the manufacturer.

After completing these operations, you can proceed directly to the assembly, performing it in accordance with the sketches (Appendix B) in the specified sequence and with

the specified gaps. The parts should be fixed sequentially on the assembly and welding table using a set of clamps and welding clamps to eliminate possible deformations.

The entire assembly will be carried out on tacks, performing them by mechanized welding with a melting electrode in the same modes as the main welding. The length of the tacks will depend on the length of the seam, but on average not less than 30-50mm, the height of the tacks is not less than 0.5 of the seam height, their number is proportional to the length of the seam. Concomitant heating for the execution of tacks as well as for the execution of the main seams is necessary in cases where welding of dissimilar steels is performed, in all other cases this heating is not required.

To perform butt joints, it is necessary to install and attach the output strips in advance, on which welding should begin and finish. Deviation of the bar from the specified CD position - no more than 1:100

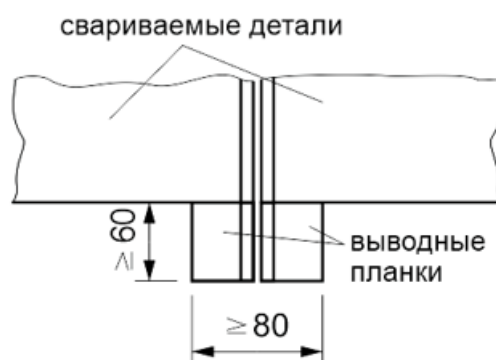


Figure 7.2 – Output strips

After the assembly is complete, the tacking must be cleaned of slag and the weld must be inspected by the Quality Control Department and a welding permit must be obtained. Note that the requirements for tacking are the same as for the main weld. The method of elimination is also the same, cut and reweld.

After the assembly is performed, if according to design documentation and technical documentation, the assembly unit must be moved for welding on the turner or rotator, it is necessary to perform this movement, taking into account that weights over 30 kg must be moved around the workshop only using mechanical equipment (a crane beam in our case), this requirement is established by "Regulations on Labor Protection during loading and unloading operations and cargo placing". [22].

Welding of the support frame and assembly units used in its assembly is carried out according to the drawings by mechanized welding with a melting electrode in the environment of protective gases (80%CO₂ and 20%Ar) according to GOST 14771-76. The weld must be continuous.

Welding of the frame and its assembly units is carried out according to the developed technological process (route and operational maps, with attached sketches), which establishes the welding method, the order of suturing, calculated welding modes, diameters and brands of electrodes, etc. Compliance with the parameters of the technological process should be monitored by the technologist responsible at the site during inspections of technological discipline.

The arrangement of the products to be welded when using a rotator and a cantilever ensures convenience and safety for the welder, all seams will be filled in the lower position (most of them at an angle of 45 °), this will ensure the seams of proper quality and eliminate possible defects when welding in more complex spatial positions.

Welding seams where the cathet or seam thickness exceeds 4 mm are performed by multi-pass welding, taking into account that the height of the deposited metal should not exceed 3-4 mm per layer. Welding is performed on the forward polarity for seams with a thickness above 6mm (almost all seams of the structure) and on the reverse polarity for seams where the material has a thickness of 2.5 – 5mm.

As the passes are completed, after each of them, the layer must be cleaned from slag and scale, this must be done promptly in cases where welding of dissimilar metals is carried out. When welding different grades of steels, a corresponding initial heating is introduced up to 200 ° C for the first seam layer, subsequent layers must be carried out at such a speed that the heating of the weld from welding does not fall below this temperature.

When welding dissimilar steels of all assembly units, cooling with additional heating is necessary to improve the hydrogen yield from Strenx 700E steel. The temperature of the subsequent heating is assigned the same as the preheating - up to 200 ° C. The exposure time should be at least 5 minutes for every 5 mm of sheet thickness, but not less than 1 hour [6].

Welding should be performed in accordance with the route and operational maps – Appendix B and according to the sketches – Appendix C, as well as taking into account the regulatory documentation of the enterprise in the field of welding large-sized parts [16].

At the end of the welding process, the seam lining layer and the seam area (at least 20mm according to RD 03-606-03) are cleaned, welding splashes with lignosulfone solution are removed.

Приложение Б

(обязательное)

Комплект конструкторско-технологической документации