

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология роботизированной дуговой сварки плавящимся электродом в газовой смеси марки К-18 листовых металлоконструкций

УДК 621.791.754'293'264.042:624.014.078.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Дурницын Михаил Евгеньевич		

Руководитель ВКР

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ ИШНКБ	Дегтерев А.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев М.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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>	Введение 1 Литературный обзор 2 Экспериментальная часть 2.1 Основные и сварочные материалы 2.2 Оборудование роботизированной сварочной ячейки 2.3 Технологическая оснастка 2.4 Контроль качества сварных соединений 2.5 Подбор параметров режима сварки 3 Технологическая часть 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность Заключение Приложения
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация PowerPoint

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основная часть	Дегтерев Александр Сергеевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.03.2019 г.
---	----------------------

Задание выдал руководитель / консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Дурницын М.Е.		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Уровень образования бакалавриат
Отделение электронной инженерии
Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.04.2019	Литературный обзор	10
20.04.2019	Основные и сварочные материалы	10
25.04.2019	Оборудование роботизированной сварочной ячейки	10
30.04.2019	Технологическая оснастка	10
04.05.2019	Контроль качества сварных соединений	10
09.05.2019	Подбор параметров режима сварки	10
14.05.2019	Технологическая часть	10
23.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
28.05.2019	Социальная ответственность	10
30.05.2019	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ ИШНКБ	Дегтерев А.С.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа 108 с., 8 рис., 36 табл., 35 источников литературы, 12 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: сталь Ст3сп, промышленный робот, роботизированная сварка, сварка в защитных газах, сварные металлоконструкции, технология сборки и сварки, режим сварки, карта технологического процесса сварки.

Цель работы: разработка технологического процесса роботизированной дуговой сварки стыковых и угловых швов соединений, выполняемых при изготовлении в заводских условиях листовых металлоконструкций из низкоуглеродистых сталей.

В процессе работы проводилось уточнение экспериментальным путем параметров режима сварки для получения качественных сварных соединений. Контроль качества осуществлялся визуальным и измерительным контролем, а также металлографическими исследованиями.

Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, Microsoft PowerPoint 2010 и графическом редакторе «Компас-3D v.17.1 Учебная версия» и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения

В данной работе применены следующие термины:

Промышленный робот (ПР) – это универсальное, автономное и автоматическое устройство с памятью и программным управлением, предназначенное для воспроизведения двигательных и некоторых умственных функций человека при выполнении основных и вспомогательных производственных операций

Роботизированный технологический комплекс (РТК) – это совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения, автономно функционирующая и осуществляющая многократные циклы.

Роботизированная сварочная ячейка (РСЯ) – простейший вид РТК, предназначенная для автоматизации небольшого числа основных или вспомогательных сварочных операций.

Вылет электрода – это расстояние между концом токоподводящего наконечника и торцом сварочной проволоки.

Выпуск электрода – это расстояние от сопла горелки до торца сварочной проволоки.

Технологическая оснастка – совокупность приспособлений для установки и закрепления заготовок и инструментов, выполнения сборочных операций, транспортирования заготовок, деталей или изделий.

Обозначения и сокращения

ПР – промышленный робот;

РТК – роботизированный технологический комплекс;

РСЯ – роботизированная сварочная ячейка;

РДС – ручная дуговая сварка покрытым электродом;

НТР – научно-техническая работа;

Оглавление

Введение	10
1 Литературный обзор.....	12
2 Экспериментальная часть	15
2.1 Основные и сварочные материалы.....	15
2.1.1 Основной материал. Химический состав и свойства.....	15
2.1.2 Сварочная проволока	16
2.1.3 Защитный газ	17
2.2 Оборудование роботизированной сварочной ячейки.....	18
2.2.1 Источник питания Lorch S3 RoboMIG XT	18
2.2.2 Механизм подачи проволоки Lorch RF-06.....	19
2.2.3 Сварочная горелка TBi RM42G и шланговый пакет TBi RoboMIG	20
2.2.4 Промышленный робот KUKA KR 16-2.....	21
2.2.5 Станция автоматической очистки горелки	23
2.3 Технологическая оснастка	23
2.4 Контроль качества сварных соединений	24
2.5 Подбор параметров режима сварки.....	28
3 Технологическая часть.....	37
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	39
4.1 Планирование научно-технических работ.....	39
4.1.1 Структура работ в рамках научно-технической работы.....	39
4.1.2 Трудоемкость выполнения работ.....	42
4.2 Смета на осуществление научно-технической работы (НТР)	45
4.2.1 Материальные затраты НТР	45
4.2.2 Полная заработная плата исполнителей темы.....	46
4.2.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	48
4.2.4 Накладные расходы.....	49
4.2.5 Формирование сметы на научно-техническую работу.....	49
4.3 Оценка научно-технического уровня.....	50

5 Социальная ответственность.....	56
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	56
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	56
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	58
5.2 Производственная безопасность.....	59
5.2.1 Механические опасности.....	60
5.2.2 Электробезопасность	62
5.2.3 Неудовлетворительный микроклимат.....	63
5.2.4 Повышенные температуры.....	65
5.2.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны	66
5.2.6 Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение	67
5.2.7 Повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах	69
5.2.8 Физические и нервно-психические перегрузки	70
5.3 Экологическая безопасность.....	72
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	73
Заключение	76
Список используемых источников	78
Приложения	81
Приложение А	81
Приложение Б.....	85
Приложение В	89
Приложение Г	93
Приложение Д	97
Приложение Е.....	101

Введение

Автоматизации сварочного производства в настоящее время уделяется значительное внимание. Ведущее место в промышленном изготовлении сварных конструкций занимает робототехника. Применение роботов вызвано стремлением к повышению производительности, а также необходимостью стабильного получения высококачественной продукции при массовом производстве.

Роботы нашли широкое применение в автомобилестроении, электротехнике, энергетике, металлообработке и машиностроении.

В производственном цикле, промышленные роботы выполняют как основные, так и вспомогательные технологические операции. К основным операциям относятся, гибка, сборка, сварка, окраска, а к вспомогательным – операции установки и снятия заготовок, деталей и инструмента, а также транспортно-складские операции.

Сварка – высокотехнологичный процесс, ее автоматизация позволяет не только повысить эффективность производства и качество сварных изделий, но также сократить вредность и тяжесть труда сварщика.

Целью настоящей работы является: разработка технологического процесса роботизированной дуговой сварки стыковых и угловых швов соединений, выполняемых при изготовлении в заводских условиях, листовых металлоконструкций из низкоуглеродистых сталей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд следующих **задач:**

1. Проанализировать номенклатуру сварных металлоконструкций, изготавливаемых в строительной отрасли;
2. Определить наиболее распространенные типы сварных соединений конструкций и пространственные положения, в которых они выполняются;
3. Опираясь на полученные сведения выбрать способ роботизированной сварки, оборудование, сварочные материалы и оснастку;

4. Экспериментальным путем определить значения параметров режима роботизированной дуговой сварки, обеспечивающей формирование качественных стыкового и таврового соединений в нижнем и вертикальном положениях;

5. Разработать производственно-техническую документацию (ПТД) на сборку и сварку этих соединений.

1 Литературный обзор

Металлические конструкции в строительной отрасли: номенклатура, материалы, конструктивные элементы и способы сварки

Сварные конструкции представляют собой конструкции зданий и сооружений, изготавливаемые из сплавов на основе Fe, Al, Ti и др. [1], неразъемные соединения которых выполняется сваркой.

Классификация сварных конструкций затруднительна ввиду их разнообразия. При проектировании и изготовлении уместно учитывать характерные особенности их работы. Поэтому можно выделить следующие виды сварных конструкций и их элементов: балки, колонны, решетчатые конструкции, оболочковые конструкции, корпусные транспортные конструкции, а также детали аппаратов, техники и машин [2].

Проанализировав номенклатуру изготавливаемых в строительной отрасли металлоконструкций, можно прийти к выводу, что в большинстве случаев применяются углеродистые и низколегированные стали марок Ст3сп, 09Г2С, 10Г2С1, 14Г2 и др. [3], [4]. Номинальная толщина элементов, как правило, находится в диапазоне от 3 до 12 мм.

Изготовление металлоконструкций предполагает выполнение стыковых, угловых, тавровых, нахлесточных и торцевых соединений [5]. Причем стыковые, тавровые и нахлесточные получили наибольшее распространение [3].

Сварные соединения выполняются в различных пространственных положениях. Выделяют нижнее, «в лодочку», вертикальное, горизонтальное, и потолочное [5]. В заводских условиях изготовления металлоконструкций сварку обычно ведут в вертикальном и нижнем пространственных положениях. Последнее вызывает минимальные сложности.

В строительной отрасли широкое распространение получили следующие способы сварки: ручная дуговая покрытыми электродами, механизированная и автоматическая сварка в защитных газах или под слоем

флюса [6]. Это легко объясняется их универсальностью и экономичностью [1].

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами (РДС) характеризуется простотой и мобильностью оборудования, а также возможностью выполнения сварочных работ в различных пространственных положениях и в труднодоступных местах [1]. Данный способ сварки имеет и ряд недостатков:

- малая производительность и невозможность автоматизации;
- необходимость в высокой квалификации сварщика;
- вредные и тяжелые условия труда;
- затрата дополнительного времени на зачистку шва от шлака.

Сварка под флюсом в сравнении с РДС обладает высокой производительностью, низким расходом сварочных материалов и электроэнергии [1]. Данный способ целесообразно применять для сварки элементов металлоконструкций толщиной от 12 мм и выше. В основном применяется автоматическая сварка, позволяющая снизить трудоемкость и дорогостоящий ручной труд, полуавтоматическая же используется в ограниченном объеме [6]. К недостаткам можно отнести следующее [1]:

- невозможность выполнения сварки во всех пространственных положениях без специального оборудования.
- нецелесообразность использования при коротких и прерывистых сварных швах;
- необходимость дополнительных операций по зачистке шва от шлака;
- невозможность наблюдения за формированием шва;
- трудность корректировки положения дуги относительно свариваемых кромок.

Сварка в защитных газах широко применяется в промышленности. Данный способ позволяет вручную, полуавтоматически или автоматически получать соединения в различных пространственных положениях металлов и сплавов толщиной от десятых долей до десятков миллиметров [1].

Важно отметить такие особенности дуговой сварки в защитных газах как [6]:

- минимальная зона структурных превращений и небольшие деформации изделия благодаря высокой степени концентрации дуги;
- высокая эффективность защиты расплавленного металла, особенно при сварке в инертных газах;
- возможность наблюдения за формированием сварочной ванны и дугой;
- возможность полной автоматизации процесса;
- сварка возможна во всех пространственных положениях.

Недостатки, следующие [1]:

- нарушение газовой защиты в зоне сварки из-за сквозняков и ветра;
- требуются меры по защите от повышенной световой и тепловой радиации дуги.

Проанализировав все вышеперечисленные способы сварки можно сделать вывод, что при производстве в заводских условиях металлоконструкций толщиной от 3 до 12 мм оптимальным вариантом является использование сварки в среде защитных газов плавящимся электродом. Важно, что применение этого способа позволяет полностью автоматизировать сварочный процесс. Ведь в настоящее время роботизированные сварочные технологии набирают все большую популярность по многим причинам, среди которых можно выделить следующие [7]:

- высокая точность и производительность;
- возможность полной автоматизации всего цикла сварочной операции;
- высокое качество изготавливаемых изделий;
- улучшение условий труда;
- непрерывный производственный цикл.

2 Экспериментальная часть

Неотъемлемой частью технологического процесса изготовления сварной конструкции является режим сварки [6]. Анализ литературных данных [5], а также требований нормативной технологической документации [3] показал, что рекомендуемые значения параметров режима автоматической сварки плавящимся электродом, как правило, указаны в широких интервалах значений и требуют уточнения в каждом конкретном случае.

Потому для разработки технологического процесса роботизированной дуговой сварки стыковых и угловых швов соединений, выполняемых при изготовлении в заводских условиях, листовых металлоконструкций из низкоуглеродистых сталей, требуется экспериментальное определение фактических значений этих параметров.

2.1 Основные и сварочные материалы

При отработке технологии сварки в качестве основного материала выступал листовой прокат из стали Ст3сп толщиной 6 мм. Использовали 3 типа соединений по ГОСТ 14771-76: стыковое (С17, С21) и тавровое (Т3).

2.1.1 Основной материал. Химический состав и свойства

Ст3сп представляет собой конструкционную углеродистую сталь обыкновенного качества и применяется при изготовлении сварных конструкций, работающих при положительных температурах [8].

Химический состав по ГОСТ 380-2005 [9] и механические характеристики по ГОСТ 14637-89 [10], стали Ст3сп представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав стали Ст3сп, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As	N
0,14-0,22	0,15-0,30	0,40-0,65	≤0,05	≤0,04	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,08	≤0,01

Таблица 2 – Механические характеристики при T=20°C

Марка стали	Предел прочности σ_B , Н/мм ²	Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Относительное удлинение δ_5 , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
СтЗсп	370-480	245	26	78

Ограничений по свариваемости для данной стали нет, сварка проводится без подогрева и последующей термообработки. Не склонна к отпускной хрупкости [8].

2.1.2 Сварочная проволока

При автоматической сварке плавящимся электродом для швов, расположенных в различных пространственных положениях, используют сварочную проволоку диаметром до 1,2 мм, а в нижнем положении диаметром 1,2-3,0 мм [11].

Равнопрочность сварного соединения достигается подбором проволок, а также режимов и техники сварки. Для сварки в среде защитных газов стали СтЗсп рекомендуются проволоки марок Св-08ГС и Св-08Г2С [11].

В данной работе использовалась электродная проволока фирмы ESAB ОК Autrod 12.51, диаметром 1 мм. Это омедненная сварочная проволока, для сварки нелегированных и низколегированных сталей, является аналогом проволоки Св-08Г2С. Сварочная проволока по химическому составу должна соответствовать ГОСТ 2246-70 [12] приведённому в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав проволоки Ok Autrod 12.51, %

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
0,06-0,14	1,40-1,60	0,80-1,0	до 0,025	до 0,025	до 0,15	до 0,15	до 0,3

Механические характеристики наплавленного металла имеют значения, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла

Предел прочности σ_B , Н/мм ²	Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Удлинение δ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
560	470	26	163 при +20°C ≥59 при -40°C	≥34 при -60°C

2.1.3 Защитный газ

При дуговой сварке для защиты сварочной ванны используют активные (углекислый газ, азот, водород кислород и азот) и инертные газы (аргон, гелий), а также смеси на их основе [13].

Низкоуглеродистые и низколегированные стали обычно сваривают в CO₂, данный способ наиболее экономичен и обеспечивает достаточное качество швов. Однако применяются и смеси углекислого газа с аргоном или кислородом до 30%, аргон в качестве защиты применяется только для изготовления ответственных конструкций [11].

Сварка в CO₂ имеет ряд недостатков: повышенное разбрызгивание и пониженная пластичность металла шва.

При использовании чистого аргона для углеродистых сталей образуются поры, поэтому широкое применение получила сварка в смеси аргона с углекислым газом (Ar+CO₂) [13].

Смесь Ar+CO₂ сочетает в себе достоинства каждого из газов. Аргон снижает отвод тепла от дуги, позволяя лучше разогреть проволоку, вследствие чего улучшая стабильность переноса электродного металла. Наличие CO₂ в смеси снижает силы поверхностного натяжения, что дает возможность капле отрываться при меньшем весе. [14]

Углекислый газ снижает растворимость водорода, при высоких температурах углерод окисляется и выделяется в виде СО из сварочной ванны. В процессе кипения ванны удаляются азот и водород. Все это приводит к снижению пористости шва [14].

Минимальное разбрызгивание наблюдается при содержании CO_2 в диапазоне от 12 до 20%. Также использование смеси позволяет повысить механические характеристики сварного соединения. Повышается пластичность и ударная вязкость, снижается зона термического влияния и сварочные деформации [14].

Поэтому в качестве защитной среды выбран газ марки К-18, представляющая собой смесь из 82% газообразного аргона высшего сорта (99,993%) по ГОСТ 10157-2016 [15] и 18% газообразной двуокиси углерода высшего сорта (99,8%) по ГОСТ 8050-85 [16].

Смесь поставляется по ТУ 2114-004-00204760-99, в стальных баллонах под давлением 15 МПа, объемом 40 л. Баллоны окрашены в черный цвет с надписью «смесь $\text{Ar}+\text{CO}_2$ ».

2.2 Оборудование роботизированной сварочной ячейки

В комплект сварочного оборудования для роботизированной дуговой сварки входят [7]: источник питания, механизм подачи сварочной проволоки, сварочная горелка, газовая аппаратура, устройства автоматической очистки горелки и обрезания проволоки, а также вентиляционное оборудование.

2.2.1 Источник питания Lorch S3 RoboMIG XT

В качестве источника питания использовался сварочный инвертер для роботизированной MIG/MAG сварки Lorch S3 RoboMIG XT представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – источник питания Lorch S3 RoboMIG XT

Данный источник питания имеет бесступенчатую регулировку напряжения, синергетическое управление и оснащен цифровым дисплеем.

С помощью функции Tiptronic возможно сохранение настроек параметров для любого типа шва. Интегрированные в S-RoboMIG XT вычислительные датчики мощности и измерения повышают производительность сварки благодаря точному управлению процессом и таким специальными функциями, как отслеживание шва, распознавания конца проволоки, и измерения расхода газа (опционально).

Технические характеристики данного источника питания приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики Lorch S3 RoboMIG

Характеристики	Значения
Диапазон сварочного тока, А	25-320
Рабочий цикл: - ток при ПВ 100%, А - ток при ПВ 60%, А - ПВ при максимальном токе, %	250 280 40
Сетевое напряжение, В	3~400
Падающий механизм и проволока: - стальная сварочная проволока, мм - алюминиевая сварочная проволока, мм	0,8-1,2 1,0-1,2
Габариты размеры (Д×Ш×В), мм	845×455×810
Вес, кг	82,8

2.2.2 Механизм подачи проволоки Lorch RF-06

Lorch RF-06 – это четырехроликовый подающий механизм с прочным облегченным узлом подачи из пластмассы, армированной стекловолокном (рисунок 2).

При осуществлении роботизированной сварки к механизму подачи проволоки предъявляются следующие требования: малый вес, компактность в сочетании с достаточной мощностью, и надежная изоляция для защиты электронных компонентов робота. Данный механизм удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям.

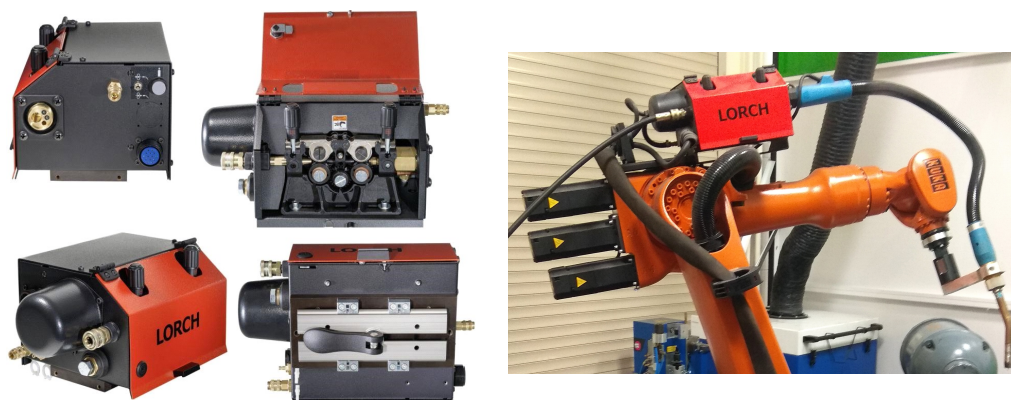


Рисунок 2 - Механизм подачи проволоки Lorch RF-06

Технические характеристики подающего механизма приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики подающего механизма RF-06

Характеристики	Значения
Мощность двигателя, Вт	100
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,1-25
Привод 4/2 (4 ролика, 2 приводных)	+
Диаметр роликов, мм	30
Полная изоляция	+
Выдувной вентиль для сжатого воздуха	+
Габариты (Д×Ш×В), мм	310×200×160
Вес, кг	7,2

2.2.3 Сварочная горелка TBi RM42G и шланговый пакет TBi RoboMIG

Роботизированная сварочная горелка TBi RM42G выпускается фирмой TBi Industries (рисунок 3, а). Это тонкая и компактная горелка с воздушным охлаждением для оптимального доступа к обрабатываемому изделию.

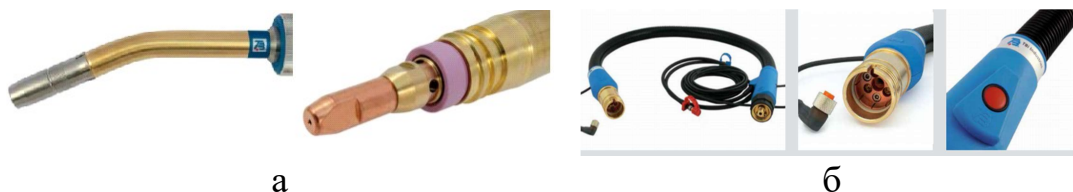


Рисунок 3 - Роботизированная сварочная горелка TBi RM42G (а); шланговый пакет TBi RoboMIG (б)

В таблице 7 представлены технические характеристики данной горелки.

Таблица 7 – Технические характеристики сварочной горелки TBi RM42G

Характеристики	Значения
Диаметр проволоки, мм	0,8-1,6
Рабочий цикл при использовании mix/CO ₂ : - ток при ПВ 100%, А - ток при ПВ 60%, А	250/300 350/420
Техническое исполнение	в соответствии с ИЕС 60974-7
Подключение	шланговый пакет TBi RM2 и привод Push-Pull
Вес, кг	0,7

Шланговый пакет TBi RoboMIG (рисунок 3, б) адаптирован для использования в роботизированных системах при высоких нагрузках. Крепление корпуса горелки обеспечено встроенным разъемом TBi RM2. Отдельный шланг для подвода воздуха, интегрированный возвратный клапан. Ниже (таблица 8) представлены его характеристики.

Таблица 8 – Технические характеристики шлангового пакета TBi RoboMIG

Характеристики	Значения
Рабочий цикл (смесь газов, 10-мин. цикл работы): - ток при ПВ 100%, А - ток при ПВ 60%, А	350 500
Подключение защитного газа	евроразъем
Подключение газа продувки	быстроразъемные соединения
Макс. давление газа продувки, бар	10
Рабочее давление тормозного устройства, бар	3-5
Вес (при длине 1,20 м), кг	2,35

2.2.4 Промышленный робот KUKA KR 16-2

Для выполнения сварочных операций использовался робот-манипулятор KUKA KR 16-2 представленный на рисунке 4. Этот робот относится к классу малой грузоподъемности. Данный класс роботов превосходно справляется с различными способами сварки.



Рисунок 4 - Робот-манипулятор KUKA KR 16-2

Промышленные роботы фирмы KUKA имеют ряд преимуществ:

- износостойкость при повышенных нагрузках (межсервисные интервалы достигают 20 тыс. часов работы);
- высокое качество изготовления каждой детали;
- высокая точность траектории.

Робот обладает следующими техническими характеристиками, представленными в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики робота KUKA KR 16-2

Количество осей	6
Радиус рабочей зоны, мм	1610
Максимальная грузоподъемность, кг	16
Степень защиты по ГОСТ 14254-2015	IP65
Диапазон рабочих температур, °C	+5...+55
Подвижность осей в диапазоне, град.: - ось 1 (поворот) - ось 2 (рука) - ось 3 (рука) - ось 4 (запястье) - ось 5 (изгиб) - ось 6 (вращение)	-185...+185 -155...+35 -130...+154 -350...+350 -130...+130 -350...+350
Максимальная скорость, град./с - ось 1 (поворот) - ось 2 (рука) - ось 3 (рука) - ось 4 (запястье) - ось 5 (изгиб) - ось 6 (вращение)	156 156 156 343 262 659
Повторяемость позиционирования, мм	±0,05
Вес, кг	235

2.2.5 Станция автоматической очистки горелки

Abicor Binzel BRS-CC – это надежное решение для автоматического обслуживания сварочной горелки. Процесс очистки происходит автоматически, после подачи сигнала от системы управления роботом. Горелка зажимается с помощью специального устройства. Фреза, подобранная в соответствии с геометрией сопла и горелки, перемещается во внутреннее пространство газового сопла и удаляет налипшие при сварке брызги. Затем очищенное внутреннее пространство опрыскивается средством для защиты от налипания брызг. В узле для откусывания сварочной проволоки происходит ее отрезание на заданную длину.

2.3 Технологическая оснастка

В качестве технологической оснастки в роботизированной сварочной ячейке применялось следующее:

- сварочно-монтажный стол Siegmund Professional 750;
- набор крепежных приспособлений (болты, упоры, угольники, трубки, призмы и др.).

Siegmund Professional 750 – это профессиональный сварочно-монтажный стол размерами 2000×1000×100 мм, имеющий горизонтальную и вертикальную сетку отверстий с шагом 25 мм и диаметром 16 мм (рисунок 5, а). Стол выполнен из плазменно-азотированной стали S355J2+N. Для удобства использования на поверхность стола нанесена координатная сетка с шагом 50 мм.



а



б

Рисунок 5 - Siegmund Professional 750 (а);
набор приспособлений для сборки (б)

При сборке заготовок под сварку использовались различные приспособления для закрепления заготовок (рисунок 5, б):

- универсальные упоры;
- упорные и крепежные угольники;
- быстрозажимные болты;
- струбцины резьбовые (45°/90°);
- призмы универсальные (Ø50 мм с углами рабочих поверхностей 90°/120°);

2.4 Контроль качества сварных соединений

В работе использовались следующие методы контроля:

- визуальный и измерительный;
- металлографические исследования сварных соединений.

Визуальный и измерительный контроль (ВИК) проводили в соответствии с РД 03-606-03 [17], в котором представлен порядок проведения контроля основного материала и сварных соединений при изготовлении, строительстве, монтаже, ремонте и эксплуатации.

ВИК подвергаются все законченные сварные соединения. Непосредственно перед контролем сварные швы и околошовную зону необходимо зачистить на ширину не менее 20 мм в обе стороны от шлака, брызг расплавленного металла и прочих загрязнений [17].

Данный вид контроля готовых сварных соединений проводят с целью выявления деформаций, поверхностных пор и трещин, дефектов формы сварных швов, подрезов, прожогов, наплывов, кратеров, свищей и других несплошностей.

ВИК проводили невооруженным глазом или с помощью оптических приборов (луп, микроскопов, эндоскопов и др.), а также измерительных инструментов. При изготовлении конструкций используются лупы с 2-7 кратным увеличением, т.к. дефекты, возникающие в процессе сварки, обычно имеют крупные размеры и легко обнаруживаются [17].

Наиболее распространенными видами дефектов для стыковых и угловых швов являются:

- непровары (несплавления);
- наплывы;
- подрезы;
- поры.

По внешнему осмотру и измерениям качество швов должно удовлетворять требованиям таблицы 10 [18], [19].

Таблица 10 – Допустимые размеры поверхностных дефектов

Элементы сварных соединений	Требования к качеству, допустимые размеры дефектов
Поверхность шва	Равномерно-чешуйчатая, без прожогов, наплывов, сужений и перерывов. Плавный переход к основному металлу (следует оговорить в чертежах КМ и КМД)
Подрезы	Глубина до 5% толщины свариваемого проката, но не более 1 мм
Дефекты удлиненные и сферические одиночные	Глубина до 10% толщины свариваемого проката, но не более 3 мм. Длина - до 20% длины оценочного участка*
Дефекты удлиненные и сферические в виде цепочки или скопления	Глубина до 5% толщины свариваемого проката, но не более 2 мм. Длина – до 30% от оценочного участка. Длина цепочки или скопления – более удвоенной длины оценочного участка.
Дефекты (непровары, цепочки, скопления пор), соседние по длине шва	Расстояние между близлежащими концами не менее 200 мм
* Длина оценочного участка для толщины 6 мм составляет 20 мм.	

Все дефекты, не удовлетворяющие требованиям, приведенным в таблице 10, являются недопустимыми. Причина возникновения таких дефектов связана с неверно подобранными режимами сварки либо некачественными сварочными материалами.

Металлографические исследования сварных соединений осуществляли по ГОСТ Р 57180-2016 [20]. Основная задача данных исследований - выявление структуры и дефектов основного и наплавленного металла сварного соединения. Существует два метода исследования: макроструктурный и микроструктурный.

При макроструктурном методе макрошлиф рассматривается невооруженным взглядом либо при небольших увеличениях и позволяет выявить [20]:

- число слоев шва;
- зону термического влияния
- наличие пор, трещин и непроваров;

При микроструктурном методе исследуется структура металла с помощью металлографических микроскопов на специальных образцах – микрошлифах. Микроанализ позволяет установить качество металла и обнаружить [20]:

- пережог металла;
- неметаллические включения;
- размер зерен металла;
- микротрещины, раковины и поры и др.

Целью всех стадий приготовления шлифа является последовательное создание поверхности требуемого качества. Каждая стадия процесса проводится с целью удаления повреждений поверхности от предыдущей обработки.

На интересующих участках полученных сварных швов, выполненных на различных режимах сварки (рисунок 6, а), производилась вырезка образцов (рисунок 6, б) с использованием абразивных кругов.

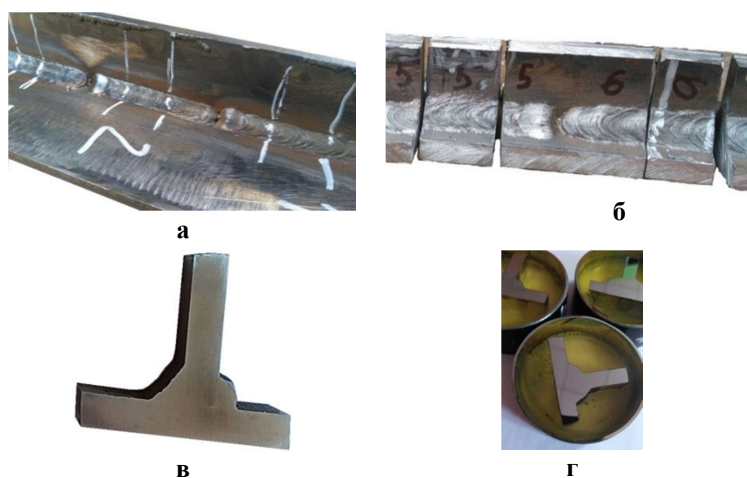


Рисунок 6 – сварные швы таврового соединения (а), вырезанный образец (б), образец для заливки (в), залитые образцы (г)

После вырезки, путем механической обработки на шлифовальных кругах, в местах реза подготавливалась плоская поверхность (рисунок 6, в).

Главным при изготовлении металлографических шлифов является предотвращение повреждения поверхности шлифа, заключающегося в изменении микроструктуры поверхностного слоя материала в результате деформации или нагрева. Поэтому обработку следует вести с применением охлаждающей жидкости. Температура в месте реза не должна превышать более 80°C [20].

Следующим этапом изготовления шлифа является закрепление образца в нейтральной по отношению к нему твердой среде, и обрабатывать комбинированный образец как одно целое. Это делается для удобства обработки образцов сложной формы и имеющих неудобные для изготовления размеры.

В нашем случае для закрепления использовалась заливка образцов эпоксидной смолой в цилиндрическую металлическую форму (рисунок 6, г).

Далее проводилась шлифовка на шлифовальных шкурках, с постепенным уменьшением размера зерна. При переходе от одного номера бумаги к другому образец тщательно промывался, шлифовка начиналась в направлении перпендикулярном предыдущему до полного удаления поперечных рисок [20].

После шлифовки самой мелкой бумагой для устранения оставшихся рисок производилась полировка. Эта операция выполнялась при помощи полировального станка, с горизонтальным расположением диска, обтянутого сукном с использованием полировальной суспензии. Операция выполнялась до получения зеркальной поверхности, не имеющей рисок. После чего шлиф тщательно промывался спиртом и просушивался.

Полученный отполированный образец изучался с целью выявления дефектов: газовых пор и полостей, трещин, несплавлений, непроваров, и т.д. [20].

Для выявления микроструктуры поверхность шлифа подвергалась травлению 5% раствором азотной кислоты в спирте (рисунок 7).

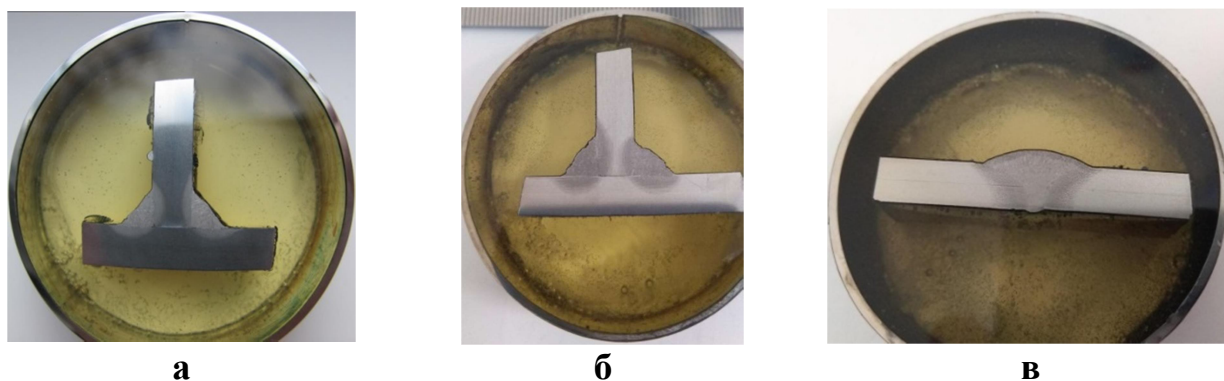


Рисунок 7 – микрошлифы тавровых соединений Т3 (а), (б);
стыковое соединение С17 (в)

2.5 Подбор параметров режима сварки

К основным параметрам режима автоматической (роботизированной) дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом относятся: род, полярность и сила сварочный тока, напряжение на дуге, диаметр, вылет, и скорость подачи сварочной проволоки, скорость сварки, а также состав и расход защитного газа, траектория движения горелки, размах и период колебаний [6].

Роботизированную сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности, это обеспечивает стабильность процесса. Сила сварочного тока характеризует глубину проплавления и производительность сварки. Ее регулируют изменением скорости подачи проволоки [21].

Диаметр сварочной проволоки выбирается исходя из пространственного положения шва и толщины свариваемых деталей. Проволоки меньшего диаметра, обеспечивают более устойчивое горение дуги, а так же большую глубину проплавления и меньшее разбрызгивание [21].

Напряжение на дуге один из наиболее важных параметров сварки в защитных газах. С его ростом уменьшается глубина проплавления и увеличивается ширина шва. Напряжение устанавливают исходя из величины

сварочного тока, диаметра и состава сварочной проволоки и защитного газа [21].

С увеличением вылета проволоки возрастает ее нагрев и скорость плавления при одновременном снижении силы тока. Возрастает количество расплавленного металла и уменьшается глубина проплавления. Ширина и высота шва возрастают [21].

Оборудование, использованное в работе, позволило изменять следующие параметры:

- напряжение на дуге U_d , В;
- скорость подачи сварочной проволоки $V_{\text{пш}}$, м/мин;
- скорость сварки $V_{\text{св}}$, м/ч;
- расход защитного газа Q_g , л/мин;
- вылет, наклон и траекторию движения электрода.

В литературе и нормативной документации даются рекомендации по режимам параметров сварки, некоторые из них приведены ниже в таблицах 11 и 12.

Таблица 11 – Ориентировочные режимы механизированной сварки в углекислом газе [3]

Вид соединения	Толщина металла, мм	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
Стыковое, без скоса кромок	4	1,2-1,6	200-350	23-32	25-120	12-20	8-12
	6	1,2-2,0	250-420	25-36	25-70	12-20	10-16
	10	1,2-2,5	320-450	29-38	20-45	12-25	12-16
	14	1,2-2,5	380-500	33-40	15-25	12-25	12-16
Стыковое, угол скоса 30°	16	1,4-2,5	380-500	33-40	16-25	15-25	12-16
	18	1,6-2,5	380-500	33-40	12-25	18-25	12-18
	20	1,6-2,5	450-500	36-40	18-20	18-25	12-18
Тавровое, без разделки кромок	Катет шва 5-8	1,2-2,5	200-350	22-32	18-40	12-20	7-12
Примечание: при сварке в потолочном и вертикальном положениях величина тока должна быть уменьшена на 15-20%							

Таблица 12 – Режимы полуавтоматической и автоматической сварки в углекислом газе [5]

Толщина металла, мм	Катет шва, мм	Зазор, мм	Число слоев	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки одного слоя, м/ч	Расход газа на один слой, л/мин
Стыковые швы								
1,2-2,0	-	0,8-1,0	1-2	0,8-1,0	70-100	18-20	18-24	10-12
3-5	-	1,6-2,0	1-2	1,6-2,0	180-200	28-30	20-22	14-16
6-8	-	1,8-2,2	1-2	2,0	250-300	28-30	18-22	16-18
8-12	-	1,8-2,2	1-3	2,0	250-300	28-30	16-20	18-20
Угловые швы								
1,5-2,0	1,2-2,0	-	1	0,8	60-75	18-20	16-18	6-8
3,0-4,0	3,0-4,0	-		1,2	120-150	20-22	16-18	8-10
5,0-6,0	5,0-6,0	-		2,0	260-300	28-30	29-31	16-18

Так как значения параметров режима сварки имеют весьма широкий интервал изменения значений, их уточнение производилось при наплавке отдельных валиков (рисунок 8, а), а затем при выполнении пробных соединений (рисунок 8, б, в, г).

По результатам наплавки и сварки проводились визуальный и измерительный контроль, а также металлографические исследования. Основными выявляемыми дефектами были наплывы, прожоги, поры, отклонения формы шва, подрезы и недостаточная глубина проплавления.

Для устранения образовавшихся дефектов проводилась корректировка параметров режимов сварки путем изменения:

- напряжения дуги, В;
- скорости подачи проволоки, м/мин;
- скорости сварки, м/ч;
- вылет электродной проволоки, мм;
- вводились колебательные движения;
- изменялся угол наклон сварочной горелки и направление сварки (углом вперед, углом назад, снизу-вверх, сверху-вниз).



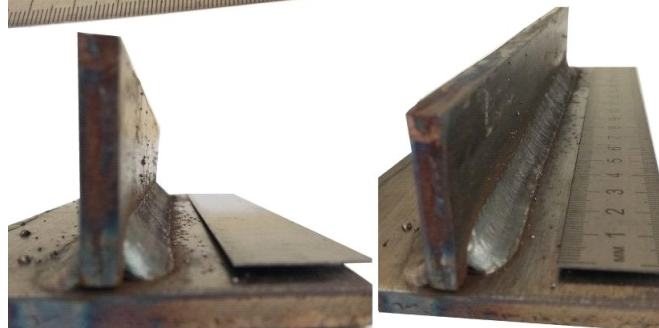
а



б



в



г

Рисунок 8 – Результаты подбора режимов

Итогом экспериментальной части работы стало получение параметров режимов сварки для стыковых соединений в нижнем положении, а тавровых – в вертикальном, нижнем и «в лодочку». Все параметры данных соединений сведены в таблицах 13-17.

Таблица 13 – Параметры стыкового соединения С17 в положении Н1

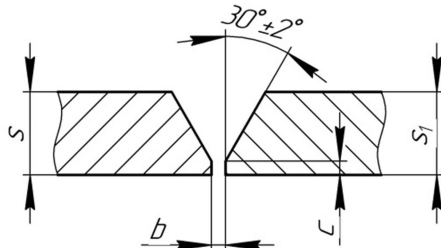
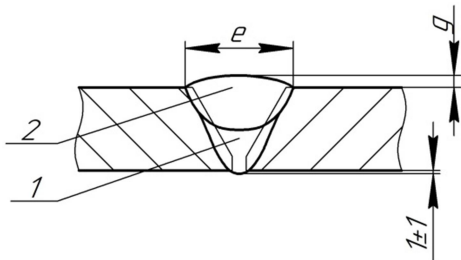
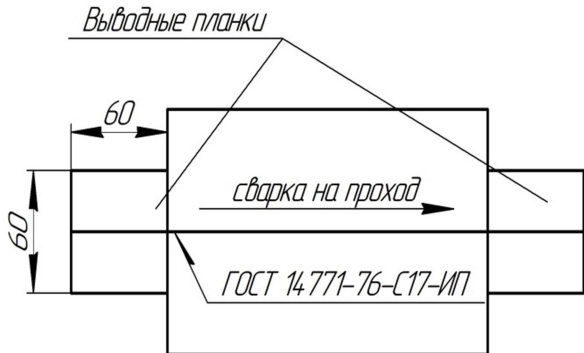
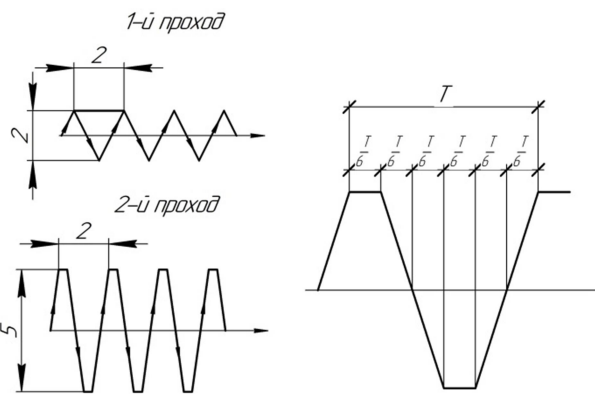
Конструктивные элементы и размеры сварного соединения									
Конструкция соединения			Конструктивные элементы шва						
									
b, мм	c, мм	s=s ₁ , мм	e, мм	g, мм	Число проходов				
1,1-1,6	1-1,2	6	8-10	0-2	2				
Порядок сварки			Траектория колебательных движений						
									
Параметры режима сварки									
Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм
Прихватки	1	175-180	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,4	28-30	Треугольная	2	2
1		175-180		25	7,2-7,4	26-28	Треугольная	2	2
2		180-190		25	7,3-7,6	17-19	Трапецеидальная	5	2
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние от сопла горелки до изделия 10-12 мм; – Угол наклона горелки к поверхности изделия 80-90°; при угле наклона отличном от 90°, сварку вести углом назад.									

Таблица 14 – Параметры стыкового соединения С21 в положении Н1

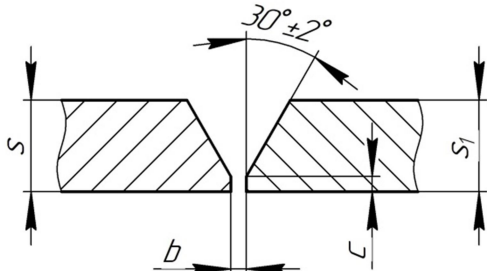
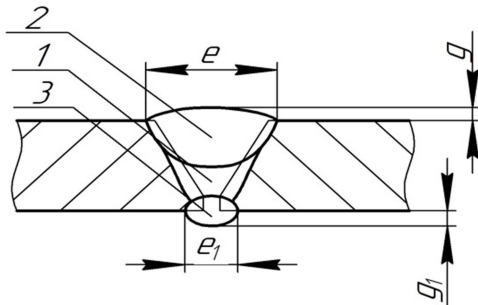
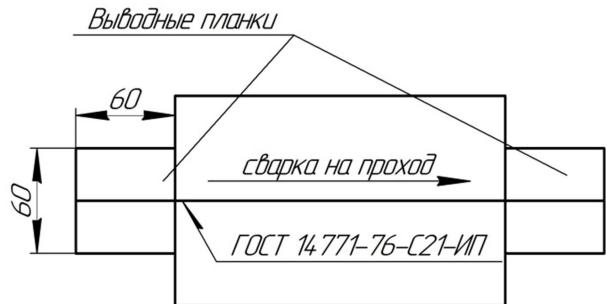
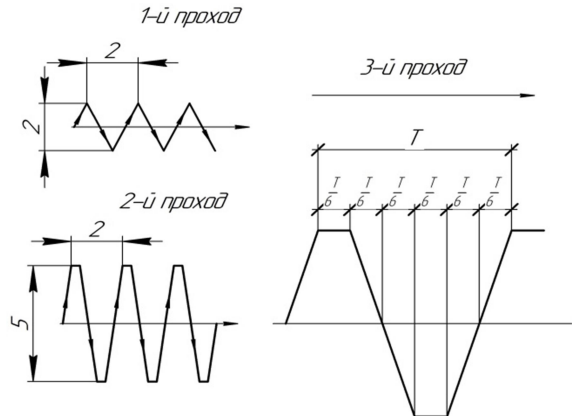
Конструктивные элементы и размеры сварного соединения									
Конструкция соединения				Конструктивные элементы шва					
									
b, мм	c, мм	s=s1, мм	e, мм	g, мм	e1, мм	g1, мм	Число проходов		
1,1-1,6	1-1,2	6	10-12	0-2	8-10	1-2	3		
Порядок сварки				Траектория колебательных движений					
									
Параметры режима сварки									
Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм
Прихватки	1	175-180	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,4	28-30	Треугольная	2	2
1		175-180		25	7,2-7,4	26-28	Треугольная	2	2
2		180-190		25	7,3-7,6	17-19	Трапецидальная	5	2
3		170-180		25	7,0-7,3	32-34	Без колебаний	-	-
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние от сопла горелки до изделия 10-12 мм; – Угол наклона горелки к поверхности изделия 80-90°; при угле наклона отличном от 90°, сварку вести углом назад.									

Таблица 15 – Параметры таврового соединения ТЗ в положении В2

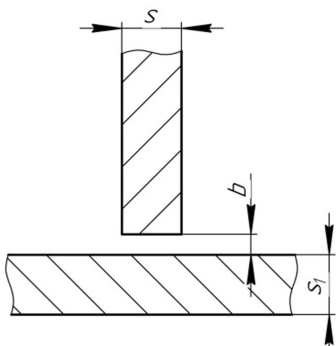
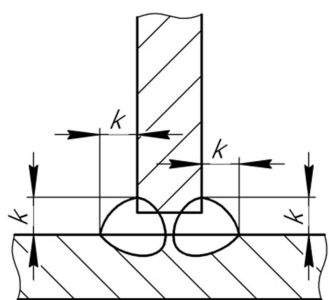
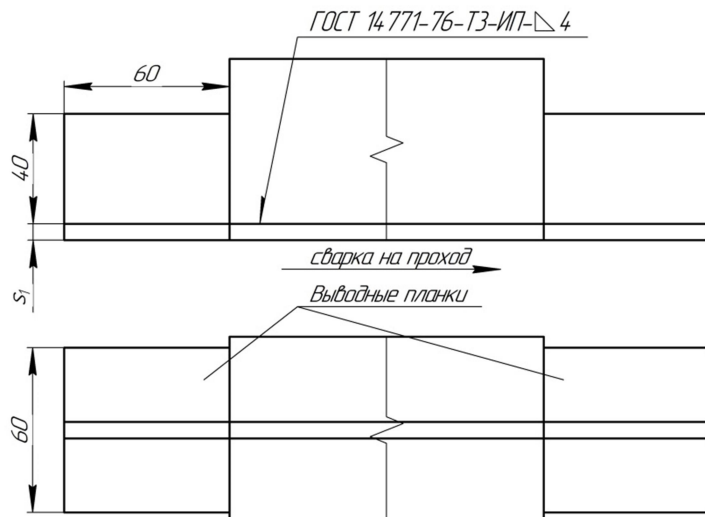
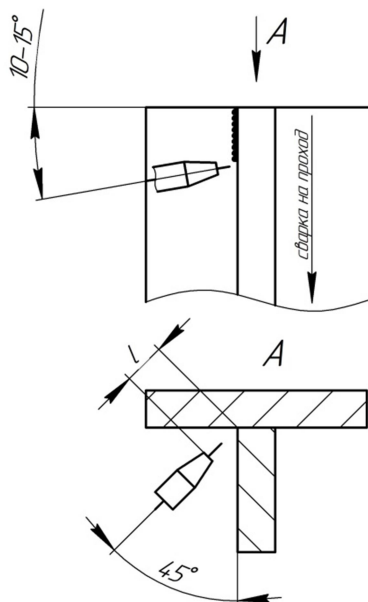
Конструктивные элементы и размеры сварного соединения									
Конструкция соединения					Конструктивные элементы шва				
									
Порядок сварки									
									
Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм
Прихватки	1	180-190	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,5	25-27	Без колебаний	-	-
1		180-190		25	7,2-7,5	22-24	Без колебаний	-	-
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние (l) от сопла горелки до изделия 10-12 мм; – Угол наклона горелки к оси шва 75-80°, сварку вести углом назад.									

Таблица 16 – Параметры таврового соединения ТЗ в положении Н1

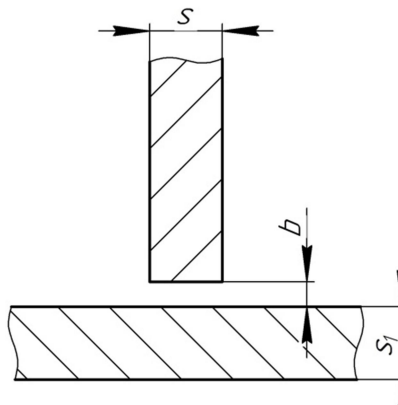
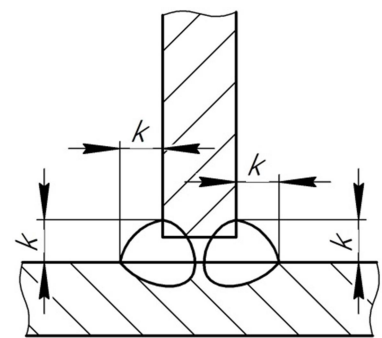
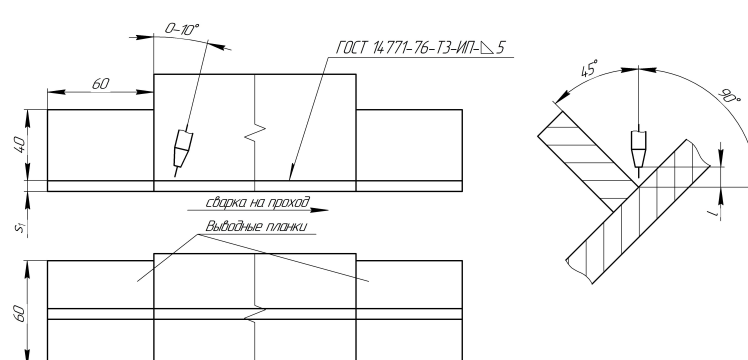
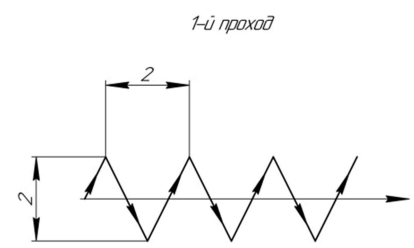
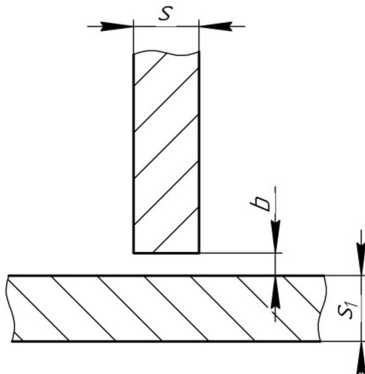
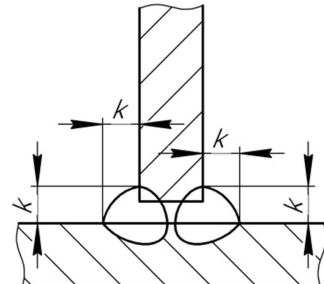
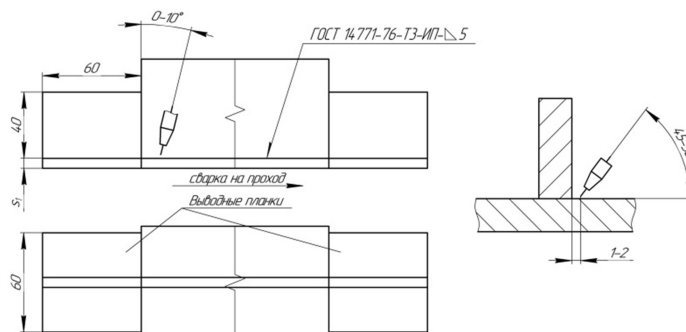
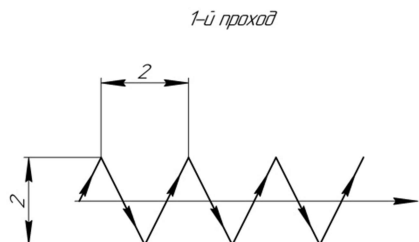
Конструктивные элементы и размеры сварного соединения									
Конструкция соединения					Конструктивные элементы шва				
									
					$S=S_1$, мм	b, мм	k, мм		
					6	0-1,5	4-6		
Порядок сварки					Траектория колебательных движений				
									
Параметры режима сварки									
Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм
Прихватки	1	185-195	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,4	18-20	Треугольная	2	2
1		185-195		25	7,2-7,4	15-17	Треугольная	2	2
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние (<i>l</i>) от сопла горелки до изделия 10-12 мм – Угол наклона горелки к оси шва 80-90°, сварку вести углом назад, при угле наклона отличным от 90°.									

Таблица 17 – Параметры таврового соединения ТЗ в положении Н2

Конструктивные элементы и размеры сварного соединения												
Конструкция соединения					Конструктивные элементы шва							
												
										s=s ₁ , мм	b, мм	k, мм
										6	0-1,5	4-5
Порядок сварки					Траектория колебательных движений							
												
Параметры режима сварки												
Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм			
Прихватки	1	185-195	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,4	18-20	Треугольная	2	2			
1		185-195		25	7,2-7,4	15-17	Треугольная	2	2			
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние от сопла горелки до изделия 10-12 мм – Угол наклона горелки к оси шва 80-90°, сварку вести углом назад, при угле наклона отличным от 90°.												

3 Технологическая часть

Технологический процесс изготовления сварных конструкций является основой производственного процесса и состоит из транспортных, заготовительных, сборочных, сварочных, контрольных и других видов операций.

Любой технологический процесс независимо от типа производства и класса опасности отражается в комплекте технологической документации в соответствии с государственными стандартами, которые устанавливают правила и положения о разработке, комплектации и ее обращении.

Технологическая документация определяет технологию изготовления изделия и содержит в себе: маршрутные и операционные карты, карты эскизов и схем, спецификацию технологических документов, техническую инструкцию и ведомость по материалам и оснастке. Ее номенклатуру определяют государственные стандарты (ГОСТ) и единая система технической документации (ЕСТД).

Результатом выполнения технологической части выпускной квалификационной работы является разработка комплекта технологической документации в соответствии с требованиями ЕСТД, которая представлена в приложении Е.

Разработанный комплект содержит: титульный лист, карту эскизов на контрольную, сборочную и сварочную операции и маршрутно-операционное описание процесса изготовления стыкового соединения.

На большинстве предприятий строительной отрасли требования к сборке, сварке и контролю качества соединений сформулированы в понятных сварщикам и мастерам технологических картах. Поэтому они были разработаны для стыковых соединений в нижнем положении, а тавровых – в вертикальном, нижнем и «в лодочку». И приведены приложениях А-Д.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В41	Дурницын Михаил Евгеньевич

Школа	ИШНКБ	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление	15.03.01 «Машиностроение»

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

1. Стоимость ресурсов научно-технической работы (НТР): материально-технических, энергетических, финансовых и информационных	Стоимость ресурсов научно-технической работы (НТР): – Прейскуранты цен на оборудование и материалы; – Положение об оплате труда.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов	Страховые взносы (отчисления во внебюджетные фонды) в размере 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика	Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка календарного план-графика проведения НТР
2. Планирование и формирование сметы НТР	Планирование и формирование сметы НТР: – материальные затраты НТР; – полная заработная плата исполнителей темы; – отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления); – накладные расходы.
3. Оценка научного - технического уровня НТР	Оценка научно-технического уровня на основе интегрального показателя эффективности НТР

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Календарный план-график проведения научно-технической работы;
2. Смета на разработку технологического процесса.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2019 г.
---	----------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Дурницын М.Е.		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- планирование научно-исследовательских работ;
- определение сметы на осуществление научно-технической работы;
- оценка научного - технического уровня работы.

4.1 Планирование научно-технических работ

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 работ.

4.1.1 Структура работ в рамках научно-технической работы

Для выполнения научно-технической работы была сформирована рабочая группа в составе: научного руководителя (к.т.н., доцент) и студента.

В рамках проведения научного исследования, в данном разделе был составлен перечень этапов:

1. Составление и утверждение темы проекта – определение задачи и цели научной работы, отражающих сущность и характер работ;
2. Календарное планирование работ – устанавливает логическую последовательность, очередность и сроки выполнения отдельных этапов работы и их контроля;
3. Анализ актуальности темы – определение востребованности темы в теории и практике для решения конкретной задачи;

4. Поиск и изучение материала по теме – выбор научных и методических источников по проблеме;

5. Выбор направления исследований – формулирование идеи решения научно-технической задачи, и определение оптимального варианта выполнения работ;

6. Изучение литературы по теме – изучение научных и методических источников по проблеме;

7. Подбор нормативных документов – выбор нормативных документов регламентирующих выполнение работ по данной теме;

8. Изучение влияния параметров сварки на качество шва – анализ влияния правильного выбора параметров режима сварки на качество сварного шва, определение дефектов сварных соединений, вызванных неправильным подбором параметров режима сварки;

9. Сварка образцов – проведение сварочных работ для определения параметров режимов сварки;

10. Изучение результатов – изучение экспериментальных образцов, определение полученных в ходе сварки дефектов;

11. Анализ результатов – подведение итогов и обобщение результатов научно-технической работы, сопоставление результатов анализа научно-информационных источников и экспериментальных исследований, выпуска обобщенной отчетной научно-технической документации по НТР, оценки эффективности полученных результатов;

12. Оформление отчета ВКР – оформление результатов проектной деятельности, окончательная проверка работы преподавателем, подготовка к защите;

13. Защита ВКР.

Произведено распределение исполнителей по видам работ. Полученные данные приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Календарное планирование работ	Научный руководитель, студент
	3	Анализ актуальности темы	Научный руководитель
Выбор направления исследования	4	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	5	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Научный руководитель, студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение влияния параметров сварки на качество шва	
Практические исследования	9	Сварка образцов	Научный руководитель, студент
	10	Изучение результатов	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Оформление отчета ВКР	Научный руководитель, студент
	13	Защита ВКР	Студент

4.1.2 Трудоемкость выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научно-технической работы оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула [22]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, раб. дни;

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), раб. дни;

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

Полученные значения вносим в таблицу (таблица 19).

После заполнения таблицы 19 строим календарный план-график проведения НТР (таблица 20). График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период выполнения выпускной квалификационной работы.

Таблица 19 – Временные показатели проведения научно-технической работы

№	Название работы	Трудоемкость работ, раб. дни						Длительность работ в рабочих днях	
		$t_{\min}$		$t_{\max}$		$t_{\text{ож}i}$			
		Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент
1	Составление и утверждение темы проекта	1	-	1	-	1	-	1	-
2	Календарное планирование работ								
3	Анализ актуальности темы	2	1	2	10	2	4,6	2	5
4	Поиск и изучение материала по теме	1	15	1	30	1	21	1	21
5	Выбор направления исследований	1	1	1	3	1	1,8	1	2
6	Изучение литературы по теме	-	10	-	30	-	18	-	18
7	Подбор нормативных документов	1	3	1	10	1	5,8	1	6
8	Изучение влияния параметров сварки на качество шва	-	5	-	10	-	7	-	7
9	Сварка образцов	1	3	1	10	1	5,8	1	6
10	Изучение результатов проведенной обработки	1	5	1	10	1	7	1	7
11	Анализ результатов	1	2	1	6	1	3,6	1	4
12	Оформление отчета ВКР	1	14	1	30	1	20,4	1	20
13	Защита ВКР	-	1	-	-	-	1	-	1

Таблица 20 – Календарный план-график проведения научно-технической работы

[illegible]

Общая продолжительность выполнения работ для преподавателя составила 10 раб. дней, для студента - 92 раб. дней.

4.2 Смета на осуществление научно-технической работы (НТР)

При расчете сметы НТР должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с ее выполнением. В процессе формирования сметы НТР используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТР;
- полная заработная плата исполнителей темы;
- страховые отчисления (отчисления во внебюджетные фонды);
- накладные расходы.

4.2.1 Материальные затраты НТР

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле [22]:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (2)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (в нат. ед.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Принимаем $k_T = 0,05$.

Перечень стоимости материалов необходимых для данной разработки приведены в таблице 21.

Таблица 21- Материальные затраты

Наименование	Единица изм.	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага	лист	150	2	300
Картридж для принтера	шт.	1	1000	1000
Ручка	шт.	1	20	20
Тетрадь	шт.	1	30	30
Клей эпоксидный ЭДП	шт.	3	203	609
Защитный газ, баллон	шт.	1	7500	7500
Сварочная проволока, 5 кг	шт.	1	1569	1569
Листовая сталь	кг	50	35,5	1775
Итого				12803

С учетом транспортных расходов (5%), материальные затраты составят:

$$З_m = 1,05 \cdot 12803 = 13,5 \text{ тыс. руб.}$$

4.2.2 Полная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом. Полная заработная плата определяется по формуле [22]:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (3)$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле [22]:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (4)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим

работником, раб. дни. (таблица 20);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [22]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{T}, \quad (5)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

T – количество рабочих дней в месяце. $T=26$ дней, при 6-дневной рабочей неделе.

Месячный должностной оклад работника [22]:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (6)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Основная заработная плата

Исполнители	Должность, ученая степень	Трудоемкость выполнения работы $T_{\text{исп}}$, дн.	Оклад, руб/мес	Месячный должностной оклад, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Основная заработная плата исполнителя $Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	доцент, к.т.н.	10	33664	43763,2	1683	16830
Студент		91	12300	15990,0	615	55965
Итого						72797

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [22]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (7)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,12 для студента и 0,15 для руководителя.

Результаты расчета дополнительной заработной платы приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Полная заработная плата

Исполнители	Коэффициент дополнительной зарплаты, $k_{\text{доп}}$	Основная заработная плата исполнителя $З_{\text{осн}}$, руб.	Дополнительная заработная плата исполнителя $З_{\text{доп}}$, руб.	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	0,15	16832	2524,8	19300
Студент	0,12	55965	6715,8	62700
Итого		72797	9240,6	82000

В данном разделе были определены затраты на фонд основной заработной платы, который равен 72797 рублей и на дополнительную заработную плату – 9240,6 рублей.

4.2.3 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 [22]:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (8)$$

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

В соответствии с "Налоговым кодексом Российской Федерации (часть

вторая)" от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 01.05.2019) установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot 82 = 24,8 \text{ тыс. руб.}$$

4.2.4 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 составляет 16 % от общей суммы НТР.

4.2.5 Формирование сметы на научно-техническую работу

Расчет сметы на разработку приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Смета на разработку технологического процесса

№	Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
1	Материальные затраты	13,5	9,4
2	Затраты на полную заработную плату исполнителей	82,0	57,3
3	Отчисления во внебюджетные фонды	24,8	17,3
4	Накладные расходы	22,9	16,0
	Итого	143	100,0

В данном разделе были определены основные статьи расходов на реализацию данного проекта. Таким образом, затраты на разработку НТР составили 143 тыс. руб., в том числе примерно 57% на оплату труда.

Следует отметить, что для выполнения данной работы потребовалось оборудование на сумму 2,5 млн. руб. Данные по расчету стоимости требуемого оборудования представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Стоимость спецоборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Робот-манипулятор KUKA KR 16-2	1	1357	1357,0
2	Роботизированный источник питания LORCH S3 RoboMIG XT	1	539,5	539,5
3	Механизм подачи проволоки LORCH RF-06	1	59	59,0
4	Шланговый пакет Tbi RoboMIG 663P3RMC12	1	22,7	22,7
5	Роботизированная сварочная горелка Tbi RM 42G	1		
6	Станция отчистки горелки Abicor Binzel "BRS-CC"	1	207	207,0
7	Газовый редуктор- расходомер аргон/газовая смесь/CO2, LORCH	1	5	5,0
	Итого			2191,0

Первоначальная стоимость оборудования будет складываться из цены приобретения оборудования и дополнительных затрат на его транспортировку, монтаж и наладку (15% от цены приобретения):

$$C_{\text{перв}} = C_{\text{общ}} \cdot 1,15 = 2191 \cdot 1,15 = 2,5 \text{ млн. руб.} \quad (9)$$

4.3 Оценка научно-технического уровня

Результатом НТР является достижение научно-технического, экономического и социального эффектов. Научно-технический эффект характеризует возможность использования результатов выполняемых исследований в других научных исследованиях и обеспечивает получение информации, необходимой для создания новой продукции. Оценка научной и научно-технической результативности НТР производится с помощью системы взвешенных балльных оценок. На основе оценок новизны

результатов, их ценности, масштабам реализации определяется показатель научно-технического уровня по формуле [23]:

$$H_m = \sum_{i=1}^n K_i \cdot \Pi_i, \quad (10)$$

где K_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта,
 Π_i – количественная оценка i -го признака научно-технического уровня работы.

Значения весовых коэффициентов признаков научно-технического эффекта отражены в таблице 26.

Таблица 26 – Весовые коэффициенты признаков НТР

Признак научно-технического эффекта НТР(i)	Примерные значения весового коэффициента (K_i)
Уровень новизны	0,4
Теоретический уровень	0,1
Возможные реализации	0,5

Количественная оценка уровня новизны НТР определяется на основе значения баллов по таблице 27.

Таблица 27 – Количественная оценка уровня новизны НТР

Уровень новизны разработки	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Результаты исследований открывают новое направление в данной области науки и техники	8 - 10
Новая	По новому или впервые объяснены известные факты, закономерности	5 - 7
Относительно новая	Результаты исследований систематизируют и обобщают имеющиеся сведения, определяют пути дальнейших исследований	2 - 4
Традиционная	Работа выполнена по традиционной методике, результаты которой носят информационный характер	1
Не обладающая новизной	Получен результат, который ранее был известен	0

Теоретический уровень полученных результатов НТР определяется на основе значения баллов, приведенных в таблице 28.

Таблица 28 – Количественная оценка теоретического уровня НТР

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
Установление закона; разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы: многоаспектный анализ связей, взаимозависимости между фактами с наличием объяснения	8
Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство и т.п.)	6
Элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, симплексного прогноза, классификации, объясняющей версии или практических рекомендаций частного характера	2
Описание отдельных элементарных фактов (вещей, свойств и отношений); изложение опыта, наблюдений, результатов измерений	0,5

Возможность реализации научных результатов определяется на основе значения баллов по таблице 29.

Таблица 29 – Возможность реализации научных результатов

Время реализации	Баллы
В течении первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Более 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль (министерство)	4
Народное хозяйство	10
<i>Примечание: Баллы по времени и масштабам складываются</i>	

Результаты оценок признаков отображены в таблице 30.

Таблица 30 – Количественная оценка признаков НТР

Признак научно-технического эффекта НТР	Характеристика признака НТР	K_i	Π_i
Уровень новизны	Систематизируют и обобщают сведения, определяют пути дальнейших исследований	0,4	3
Теоретический уровень	Элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, симплексного прогноза, классификации, объясняющей версии или практических рекомендаций частного характера	0,1	2
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,5	12

$$H_m = \sum_{i=1}^n K_i \cdot \Pi_i,$$

$$H_m = 0,4 \cdot 3 + 0,1 \cdot 2 + 0,5 \cdot 12 = 7,4.$$

Таблица 31 - Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень научно-технического эффекта	Показатель научно-технического эффекта
Низкий	1 - 4
Средний	5 - 7
Сравнительно высокий	8 - 10
Высокий	11 - 14

В соответствии с таблицей 31 уровень научно-технического эффекта настоящей работы – средний.

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы была определена рабочая группа в составе двух исполнителей, разработан календарный план-график проведения НТР, по его результатам продолжительность выполнения работ для преподавателя составила 10 раб. дней, для студента - 92 раб. дня.

Кроме этого была рассчитана смета научно-технической работы, которая включает материальные затраты, затраты по основной и дополнительной заработной плате исполнителей, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Сумма по смете составила 143 тыс. руб.

Работа имеет средний уровень научно-технического эффекта.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В41	Дурницын Михаил Евгеньевич

Школа	ИШНКБ	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения:</i>	<i>Объектом исследования является роботизированная сварочная ячейка, расположенной в лаборатории промышленной робототехники Научного парка ТПУ. Материал для сварки - сталь Ст3сп. Полученные изделия предназначены для изготовления металлоконструкций.</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Рассмотреть: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность: – Анализ выявленных вредных и опасных факторов – Мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при исследовании работы сварочной ячейки: – механические опасности; – электроопасность; – повышенная загазованность воздуха рабочей зоны, наличие в воздухе рабочей зоны вредных аэрозолей; – неудовлетворительный микроклимат; – повышенная температура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл; – ультрафиолетовое и инфракрасное излучение; – повышенная яркость света при осуществлении процесса сварки; – повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах; – физические и нервно-психические перегрузки.
3. Экологическая безопасность:	Источники загрязнения окружающей среды: – металлические отходы; – вредные вещества, выделяемые при сварке (пыль, газ, аэрозоли окисей металлов, входящих в состав сварочных материалов)

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2019 г.
---	----------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев М.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Дурницын М.Е.		

5 Социальная ответственность

Социальная ответственность – это этический принцип, заключающийся в том, что для реализации общественного долга в процессе принятия решений необходим учёт не только интересов индивидов или организаций, принимающих эти решения, но и интересов, ценностей и целей широких социальных групп и общества в целом.

Объектом исследования является производство сварных конструкций роботизированной сварочной ячейкой расположенной на базе лаборатории промышленной робототехники Научного парка ТПУ. Задачи исследования: анализ опасностей возможных при работе роботизированной технологической ячейки (РСЯ) и последствий их воздействия на организм человека, анализ эффективных мероприятий по защите от выявленных опасностей.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно ГОСТ 12.2.072-98 [24] к работе по программированию, обучению, наладке, эксплуатации и ремонту РСЯ следует допускать лиц не моложе 18 лет, прошедших в установленном порядке медицинское освидетельствование, соответствующее обучение, проверку знаний по охране труда, инструктаж и имеющих квалификационное удостоверение.

Согласно ТК РФ, №197 - ФЗ каждый работник лаборатории промышленной робототехники Научного парка ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об

условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

- повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место расположено в помещении. Роботизированная сварочная ячейка оборудована: Источником питания Lorch S3 RoboMIG, механизмом подачи проволоки RF-06, роботом-манипулятором Kuka KR 16-2, станцией очистки сварочных горелок Abicor Binzel BRS-CC, передвижным вытяжным устройством Sinotec SWELDex basic и сварочно-монтажным столом Siegmund Professional 750.

Органы оперативного управления и связанное с ними оборудование необходимо располагать вне защищенного пространства, чтобы человек, работающий с ними, находился за его пределами. Органы управления и оборудование должны обеспечивать ясную видимость ограниченного пространства робота. Периметровое ограждение должно быть реализовано с использованием ограждений или чувствительного защитного оборудования в соответствии с п 5.10. [25]

Безопасные расстояния снаружи и внутри механического ограждения должны соответствовать требованиям ИСО 13857. Минимальные расстояния от блокирующих ограждений и других устройств автоматического выключения должны соответствовать требованиям ИСО 13855.

Задачи, требующие ручного управления на высокой скорости, должны выполняться при наименьшем зазоре 500 мм.

Органы управления (например, пульта управления, шкафы управления) роботом должны располагаться вблизи средств доступа для того, чтобы облегчить их использование операторами.

Шкафы электрического оборудования должны быть расположены так, чтобы их дверцы могли быть полностью открыты, а пути отхода были всегда доступны даже при открытых дверцах.

Выбор и конструкция помостов, мостков, ступеней, стремянок и закрепленных лестниц должны соответствовать относящимся к ним частям ИСО 14122.

5.2 Производственная безопасность

В данном пункте проведем анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 [26]

Таблица 32 – Опасные и вредные производственные факторы

№ п/п	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
		Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1	Механические опасности		+	+	Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений по ГОСТ 12.1.005-88.
2	Электроопасность	+	+	+	
3	Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны, наличие в воздухе рабочей зоны вредных аэрозолей		+	+	
4	Неудовлетворительный микроклимат	+	+	+	Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-2014 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002.
5	Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
6	Повышенная температура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл	+	+	+	
7	Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение		+	+	Нормы освещенности по СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1) для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки ОТК.
8	Повышенная яркость света при осуществлении процесса сварки		+	+	
9	Повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах	+	+	+	
10	Физические и нервно-психические перегрузки	+	+	+	ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия. СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту

Продолжение таблицы 32

11	Пожароопасность	+	+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" ПРИКАЗ от 12 апреля 2011 года N 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» (с изменениями на 6 февраля 2018 года) Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 69-ФЗ "О пожарной безопасности" (с изменениями и дополнениями) Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 года № 390 «О противопожарном режиме» (с изменениями на 7 марта 2019 года) Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» №123 – ФЗ от 22.07.2008г.
----	-----------------	---	---	---	--

5.2.1 Механические опасности

Основными причинами, формирующими опасные, критические и аварийные ситуации при эксплуатации промышленного робота (ПР), являются [27]:

– непредусмотренные движения исполнительных устройств промышленных роботов при наладке, ремонте, во время обучения и исполнения управляющей программы;

- внезапный отказ в работе промышленного робота или технологического оборудования, совместно с которым он работает;
- ошибочные (непреднамеренные) действия оператора или наладчика во время наладки и ремонта, при работе в автоматическом режиме;
- доступ человека в рабочее пространство робота, функционирующего в режиме исполнения программы;
- нарушение условий эксплуатации промышленного робота, роботизированного технологического комплекса;
- нарушение требований эргономики и безопасности труда при планировке роботизированного технологического комплекса и участка (размещение технологического оборудования, промышленных роботов, пультов управления, загрузочных и разгрузочных устройств, накопителей, тары, транспортных средств и других средств технологического оснащения).

РТК должны быть сконструированы, изготовлены и отлажены таким образом, чтобы в случае возможного предусмотренного отказа в работе какого-либо одного элемента (электрического, электронного, механического, пневматического или гидравлического) не были нарушены функции обеспечения безопасности или в случае их нарушения, РТК останавливались. При этом системы управления РТК должны соответствовать [24].

К функциям обеспечения безопасности, относятся [25], [27]:

- ограничение диапазона перемещения;
- аварийное и предохранительное отключение;
- перемещение робота на пониженной скорости;
- защитная блокировка.

Конструкция РТК должна исключать возможность травмирования лиц и обслуживающего персонала быстроперемещающимися элементами. Все быстро перемещающиеся элементы ПР или все рабочее пространство должны быть закрыты защитными ограждениями. Пространство, требующее

ограждения, должно быть определено исходя из степени риска выхода рабочих органов ПР за пределы рабочего пространства.

Пульты управления должны быть установлены за пределами огражденного пространства. Если это условие невыполнимо, то должны быть приняты дополнительные меры для обеспечения безопасности обслуживающего персонала, находящегося в огражденном пространстве, в соответствии с ГОСТ 12.2.072-98 [24].

5.2.2 Электробезопасность

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) [28] все электроустановки по условиям электробезопасности принято разделять на 2 группы:

- электроустановки напряжением до 1000В (1 кВ);
- электроустановки напряжением выше 1000В (1 кВ).

В нашем случае применяемое сварочное оборудование: робот-манипулятор KUKA KR 16-2, роботизированный источник питания LORCH S3 RoboMIG XT работают от напряжения 380 В, а также УШМ, работающая от напряжения 220 В., следовательно, оборудование относится к 1 категории опасности. [28]

Наиболее распространенными причинами электротравматизма являются:

- появление напряжения там, где его в нормальных условиях быть не должно (на корпусах оборудования, на металлических конструкциях сооружений и т.д.); чаще всего это происходит вследствие повреждения изоляции;
- возможность прикосновения к незаизолированным токоведущим частям при отсутствии соответствующих ограждений;
- воздействие электрической дуги, возникающей между токоведущей частью и человеком в сетях напряжением выше 1000В, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей;

- прочие причины: несогласованные и ошибочные действия персонала, подача напряжения на установку, где работают люди, оставление установки под напряжением без надзора, допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.

В качестве обеспечения вопросов электробезопасности для роботизированной ячейки наиболее актуальны:

- предохранительные устройства;
- устройства автоматического отключения
- оградительные, изолирующие устройства и покрытия;
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- устройства защитного заземления и зануления;

Применение указанных защитных мер обеспечивает электробезопасность при работе в лаборатории промышленной робототехники Научного парка ТПУ согласно требованиям [29].

5.2.3 Неудовлетворительный микроклимат

На рабочих местах большое значение отводится созданию допустимых комфортных условий труда, которое обеспечиваются параметрами микроклимата и степенью запыленности воздуха.

Оптимальные параметры микроклимата — такое сочетание температуры, относительной влажности и скорости воздуха, которое при длительном и систематическом воздействии не вызывает отклонений в состоянии человека.

По ГОСТ 12.1.005-88 [30] установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ $q_{\text{пдк}}$ (мг/м³) в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса. Сварочные работы относятся к 1 классу опасности. Сварочная пыль на 99 % состоит из частиц размером 10^{-3} ...1 мкм, около 1% – 1...5 мкм, частицы размером более 5 мкм составляют всего десятые доли процента. Химический состав выделяющихся

при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов) и в меньшей степени от состава свариваемых металлов. В состав сварочного аэрозоля входят соединения хрома, марганца, фториды и др.

Пыль, образующаяся при сварке, а также шлифовании, может быть причиной профзаболеваний. Наиболее частыми являются: пылевой бронхит, пневмокониоз, бронхиальная астма, профессиональная экзема, нейротоксикоз (интоксикация марганцем).

Концентрация вредных веществ в рабочей зоне, при данном виде сварки, представлена в таблице 33.

Таблица 33 – Концентрация вредных веществ в рабочей зоне [30]

Вредные вещества	Концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³
Марганец	0,1-0,22	0,2
Озон	0,05-0,1	0,1
Оксид железа	3,-6,5	6,0
Оксид углерода	4,5-7,0	20
Оксид азота	1,5-3,0	5,0

При производстве сварочных работ высокая температура дуги (6000-8000С°) неизбежно приводит к тому, что часть сварочной проволоки переходит в парообразное состояние. Эти пары, попадая в атмосферу цеха, конденсируются и превращаются в аэрозоль, частицы которой по дисперсии приближаются к дымам и легко попадают в дыхательную систему сварщиков.

Признаками отравления обычно являются: головокружение, головные боли, тошнота, рвота, слабость, учащенное дыхание и др. Отравляющие вещества могут также откладываться в тканях организма человека и вызывать хронические заболевания.

Мероприятиями по борьбе с загрязнениями воздуха служат внедрение новых марок покрытий электродов и порошков с наименьшими токсичными свойствами; приточно-вытяжная вентиляция; устройство передвижных отсосов; приток свежего воздуха от воздухопроводов через

электрододержатель или шлем; пользование респиратором с химическим фильтром, а иногда и противогазом.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Движение воздуха в помещениях является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. Относительная высокая скорость воздуха (более 0,3-0,5) может мешать технологическому процессу при сварке в среде защитных газов. В сварочном цехе значения микроклимата не должны превышать допустимых значений, приведенных в таблице 34.

Таблица 34 – Оптимальные нормы микроклимата в сварочном цеху

Сезон года	Температура, °C	Относ. влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более	Температура воздуха вне постоянных рабочих мест, °C	Тепловое облучение, Вт/м ²
Холодный и переходный периоды	18-20	60-40	0,2	13-24	800-1000
Теплый период	21-23	60-40	0,3	24-28	1000-1500

При выполнении указанных мероприятий, условия труда в лаборатории промышленной робототехники по микроклимату и воздействию среды соответствуют допустимым нормам согласно требованиям [29]

5.2.4 Повышенные температуры

Сварочные работы сопровождаются повышенной температурой обрабатываемого материала, изделий, наружных поверхностей оборудования и внутренних поверхностей замкнутых пространств, а так же наличием расплавленного металла.

Причины опасного воздействия горячие поверхности, связанные с рабочим органом, оборудованием или обрабатываемой деталью;

Последствия воздействия ожоги (от горячего или холодного) и лучевое поражение.

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

При электросварочных работах основным таким приспособлением является защитная маска, смотровое отверстие которой оснащено светофильтром, задерживающим инфракрасные и ультрафиолетовые лучи и снижающим яркость светового потока дуги [31].

Для защиты от ожогов кожного покрова применяют брезентовую спецодежду и рукавицы, а для защиты ног используют кожаную (летом) или войлочную (зимой) обувь. Запрещается выполнять сварочные работы с закатанными рукавами и расстегнутым воротом. Спецодежда и обувь сварщика должны обеспечивать оптимальный теплообмен организма при работе с физическими нагрузками, эффективно защищать от брызг расплавленного металла и опасных метеофакторов, иметь оптимальные весовые характеристики, не стеснять свободу движений, отвечать эстетическим требованиям [31].

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

Использование средств индивидуальной защиты при работе в лаборатории промышленной робототехники позволяет сократить воздействие вредных факторов на организм.

5.2.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Необходимый уровень освещения рабочего пространства должен быть определен и специфицирован в информации по использованию РТК.

Робототехническая система должны быть снабжена встроенным освещением для нормальной работы, если его отсутствие может создать риск, несмотря на общее освещение нормальной интенсивности.

Робототехническая система должна быть сконструирована и построена так, чтобы не существовало ни затененных зон способных вызвать

неудобство, ни раздражающего ослепляющего света, ни опасного стробоскопического эффекта на движущихся частях из-за освещения.

Внутренние элементы, требующие частой проверки и регулировки, а также зоны технического обслуживания должны быть обеспечены достаточным освещением. Уровень освещенности в зонах, требующих частой проверки и регулировки, должен быть не менее 500 лк (см. ИСО 8995-1).

Освещение рабочей зоны в лаборатории промышленной робототехники научного парка ТПУ соответствует установленным требованиям согласно требованиям [29].

5.2.6 Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение

В процессе сварки дугой излучается свет различных диапазонов. Спектр излучения сварочной дуги включает в себя диапазон инфракрасных волн (3430–750 нм), видимый диапазон (750–400 нм) и ультрафиолетовый диапазон (400–180 нм).

Интенсивность оптического излучения сварочной дуги и его спектральные характеристики зависят от мощности дуги, способа сварки, вида сварочных материалов, защитных и плазмообразующих газов.

Ультрафиолетовое излучение не воспринимается глазом человека и поэтому опасно вдвойне. Ультрафиолетовое излучение, прежде всего, действует на глаза, вызывая повреждение роговицы, хрусталика и сетчатки, что приводит к необратимым последствиям и потере зрения.

Слепящая яркость видимого света при высокой интенсивности облучения также вредно воздействует на глаза. Особенно опасна синяя часть спектра излучения дуги или газового факела, которая в сочетании с воздействием инфракрасного излучения вызывает фотохимические повреждения сетчатки глаза.

Инфракрасное излучение также, как и ультрафиолетовое, не воспринимается глазом человека. Инфракрасное излучение, особенно длинноволновое поглощается тканями организма человека, вызывая их

нагрев, который может привести к ожогам. При отсутствии средств индивидуальной защиты воздействие теплового излучения с интенсивностью, превышающей допустимый уровень, может привести к нарушениям терморегуляции, тепловому удару.

Допустимая плотность потока энергии электромагнитного излучения оптического диапазона (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного) на рабочих местах должна соответствовать требованиям, установленным соответствующими нормативными правовыми актами (таблица 35).

Таблица 35 – Допустимые уровни оптической облученности при сварке

Область спектра	Область излучения	Длина волны, мкм	Допустимая плотность потока излучения, Вт/м ²
Ультрафиолетовая	С	200-280	0,001
Ультрафиолетовая	В	280-315	0,01
Ультрафиолетовая	А	315-400	10,0
Видимая		400-760	В соответствии с СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
Инфракрасная		760-1000	

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги. Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения [32].

5.2.7 Повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах

Производственный шум, это сочетание различных по частоте и силе звуков. Вибрация — механические колебания материальных точек или тел.

Источниками шума при производстве сварных конструкций в роботизированной сварочной ячейке являются: вентиляция; сварочная дуга; слесарный инструмент (молоток, шабер, УШМ и др).

Потенциальные последствия шумового воздействия на организм человека [33]: потеря слуха, потеря равновесия, потеря понимания ситуации и дезориентация, а так же любые другие последствия (например, механические) воздействия на условия окружающей среды или отвлечение внимания. Если уровень шума не снижается в пределах нормы, используются индивидуальные средства защиты (наушники, шлемофоны).

Нормирование вибрации проводят по двум направлениям: санитарно-гигиеническому и техническому (защита оборудования) по ГОСТ 12.1.012-2004 [34].

Предельно допустимые нормируемых параметров производственной локальной вибрации при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблице 36.

Таблица 36 – Предельно допустимые значения локальной вибрации

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X_o, Y_o, Z_o			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с ²	дБ	м/с·10 ⁻²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения, и их уровни	2,0	126	2,0	112
*Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими настоящие санитарные нормы более чем на 12 дБ (в 4 раза), по интегральной оценке, или в какой-либо октавной полосе, не допускается.				

Источниками вибраций на производстве является различное производственное оборудование. Последствия воздействия вибрации: утомление, неврологическое поражение, сосудистые нарушения, соударения.

Методы снижения вибрации: снижение вибрации в источнике ее возникновения, конструктивные методы (виброгашение, вибродемпфирование - подбор определенных видов материалов, виброизоляция). Виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на фундаменты. Для защиты от вибраций на автоматических и полуавтоматических установках установлены виброизоляции.

При механизации и автоматизации производства, а также применении указанных методов для снижения вибрации на рабочем месте, условия труда в лаборатории промышленной робототехники соответствуют допустимым нормам.

5.2.8 Физические и нервно-психические перегрузки

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на следующие[26]:

- а) физические перегрузки;
- б) нервно-психические перегрузки.

Физические перегрузки подразделяются на:

- статические;
- динамические.

Нервно-психические перегрузки подразделяются на:

- умственное перенапряжение;
- перенапряжение анализаторов;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

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

Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков при ручной и полуавтоматической сварке вызывают перенапряжение нервной и костно-мышечной систем организма. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента (электрододержателя, шлангового держателя полуавтомата), гибкости шлангов и проводов, длительности непрерывной работы и поддержания рабочей позы (стоя, сидя, полусидя, стоя на коленях, лежа на спине).

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

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

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

Профилактика физиологической перегрузки: механизация и автоматизация труда, рационализация рабочей позы, производственная гимнастика, временное переключение на другую работу, обучение

правильным методам и приемам работы, периодические медицинские осмотры и др.

Профилактика переутомления:

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

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

3) Рационализация санитарно-гигиенических условий.

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

Использование РСЯ при сварочных работах значительно сокращает физические перегрузки и утомление работников.

5.3 Экологическая безопасность

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Своевременные и организованные мероприятия по удалению и обезвреживанию отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, позволяют снизить вредное влияние на экологическую обстановку.

Источники загрязнения окружающей среды в сварочном производстве:

- металлические отходы;
- вредные вещества, выделяемые при сварке (пыль, газ, аэрозоли окисей металлов, входящих в состав сварочных материалов).

Для утилизации металлических отходов используются специальные контейнеры. После наполнения контейнеров, отходы отправляются на переработку.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30% вредных веществ.

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Для улавливания аэрозолей и пыли выделяемых в процессе работы РТК используется передвижное вытяжное устройство Sinotec SWELDex basic. Устройство оснащено фильтром предварительной очистки и основным фильтром (2 ступенчатая фильтрация) со степенью очистки $\geq 99.9\%$.

Большое значение для оздоровления воздушной среды имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества. Через негерметичность в соединениях, а также вследствие газопроницаемости материалов происходит истечение находящихся под давлением газов.

Благодаря переработке отходов и использованию устройств для очистки выбросов, в лаборатории промышленной робототехники Научного парка ТПУ, загрязнение окружающей среды минимизировано.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 [35], ЧС – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Во время сварочных работ в лаборатории промышленной робототехники Научного парка ТПУ могут возникнуть следующие аварийные ситуации:

- возникновение пожара, взрыва;
- поражение электрическим током;
- сбой в программе РСЯ.

При дуговой электросварке и особенно резке брызги расплавленного металла разлетаются на значительные расстояния, что вызывает опасность пожара. Поэтому сварочная ячейка должны сооружаться из негорючих материалов, а в местах проведения сварочных работ не допускается скопление смазочных материалов, ветоши и других легковоспламеняющихся материалов.

При возникновении аварии или аварийной ситуации работники лаборатории обязаны прекратить работу, немедленно сообщить о случившемся руководителю работ и далее выполнять его указания.

При возникновении пожара сварщик должен:

- прекратить работу и отключить электрогазосварочное оборудование;
- выключить приточно-вытяжную вентиляцию;
- немедленно сообщить о пожаре руководителю работ и в пожарную охрану, указав точное место его возникновения;
- оповестить окружающих и при необходимости вывести людей из опасной зоны;
- приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения.

Места производства сварочных работ должны быть обеспечены средствами пожаротушения. В лаборатории используются следующие огнетушители:

- огнетушитель порошковый ОП-3(з);
- огнетушитель углекислотный ОУ-1.

Сварочная ячейка в лаборатории промышленной робототехники Научного парка ТПУ относится к категории «Г» - умеренная пожароопасность. На данном участке должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители располагаются 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. Персонал, отвечающий за проведение ремонтных работ и работ, связанных с устранением последствий пожара должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания .

В результате соблюдения всех нормативных требований и средств индивидуальной защиты помещение лаборатории промышленной робототехники Научного парка ТПУ полностью соответствует [29]

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был проведен анализ изготавливаемых металлоконструкций и определены типы сварных соединений, а также пространственные положения, в которых они выполняются.

Была выбрана роботизированная дуговая сварка среде защитных газов и рассмотрено применяемое оборудование для ее осуществления.

В качестве основного материала была выбрана конструкционная углеродистая сталь марки Ст3сп.

Для получения качественного соединения применялась сварочная проволока ОК Autrod 12.51, а зона сварки защищалась газовой смесью на основе аргона К-18.

Экспериментальным путем установлены значения параметров режимов, которые позволили получить качественные сварные соединения. Эти данные послужили основой для разработки технологических процессов роботизированной дуговой сварки стыковых и угловых швов соединений, выполняемых при изготовлении в заводских условиях листовых металлоконструкций из низкоуглеродистых сталей. Была составлена производственно-техническая документация:

- карта эскизов на сборку и сварку стыкового соединения;
- маршрутно-операционная карта на сборку и сварку стыкового соединения;
- карты технологического процесса сварки на стыковые (в нижнем) и тавровые (в нижнем, вертикальном и «в лодочку») соединения.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение был разработан и составлен план проведения научно-технической работы, рассчитаны материальные затраты, заработная плата исполнителей и отчисления во внебюджетные фонды. Сумма сметы составила 143 тыс. руб.

Данная работа имеет средний уровень научно-технического эффекта.

В разделе социальная ответственность были рассмотрены:

- правовые и организационные вопросы безопасности;
- вредные и опасные производственные факторы, и мера по снижению их воздействия;
- экологическая безопасность;
- проанализированы возможные чрезвычайные ситуации.

Список используемых источников

1 Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. – М., «Машиностроение», 1977. – 432 с.

2 Блинов А.Н., Лялин К.В. Сварные конструкции: учеб. для техникумов. – М.: Стройиздат, 1990. – 353 с.

3 РД 34.15.132-96. Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.

4 Лессиг Е.Н., Лилеев А.Ф., Соколов А.Г. Листовые металлические конструкции. – М.: Стройиздат, 1970. – 488 с.

5 Акулов А.И., Алехин В.П., Ермаков С.И. и др. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. / Под ред. Акулов А.И. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.

6 Николаев Г.А. (пред.) и др. Сварка в машиностроение: Справочник в 4-х т. Т.1 / Под ред. Ольшанского Н.А. – М.: Машиностроение, 1978. – 504 с.

7 Климов Л.С., Машнин Н.Е. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 240 с.

8 Зубченко А.С., Колосков М.М., Каширский Ю.В. и др. Марочник сталей и сплавов. – 2-е изд., испр. и доп. / Под общей ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 748 с.

9 ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.

10 ГОСТ 14637-89 (ИСО 4995-78). Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества.

11 Николаев Г.А. (пред.) и др. Сварка в машиностроение: Справочник в 4-х т. Т.2 / Под ред. Акулова А.И. – М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.

12 ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия.

13 Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / Потапьевский А.Г., Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А.; Юргинский технологический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

14 Куликов В.П. Технология сварки плавлением и термической резки: учебник. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2016. – 463 с.

15 ГОСТ 10157-2016. Аргон газообразный и жидкий. Технические условия.

16 ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.

17 РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

18 СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями N 1, 3).

19 СП 53-101-98. Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций.

20 ГОСТ Р 57180-2016. Соединения сварные. Методы определения механических свойств, макроструктуры и микроструктуры.

21 Юхин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG). – М.: СОУЭЛО, 2008. – 72 с.

22 Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

23 Клещева И.В. Оценка эффективности научно-исследовательской деятельности студентов. – СПб: НИУ ИТМО, 2014. – 91 с.

24 ГОСТ 12.2.072-98 Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Требования безопасности и методы испытаний.

25 ГОСТ Р 60.1.2.2-2016/ИСО 10218-2:2011 Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Часть 2. Робототехнические системы и их интеграция.

26 ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

27 ГОСТ Р 60.1.2.1-2016/ИСО 10218-1:2011 Роботы и робототехнические устройства. Требования по безопасности для промышленных роботов. Часть 1. Роботы (с Поправкой).

28 Правила устройства электроустановок (ПУЭ).

29 Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

30 ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

31 Николаев Г.А. (пред.) и др. Сварка в машиностроение: Справочник в 4-х т. Т.3 / Под ред. Винокурова В.А. – М.: Машиностроение, 1979. – 567 с.

32 ГОСТ Р 12.4.238-2007 ССБТ. Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах.

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

34 ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.

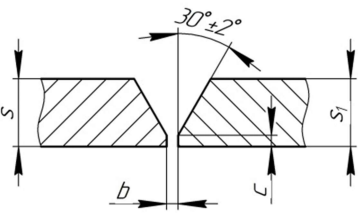
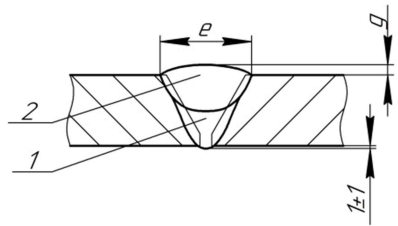
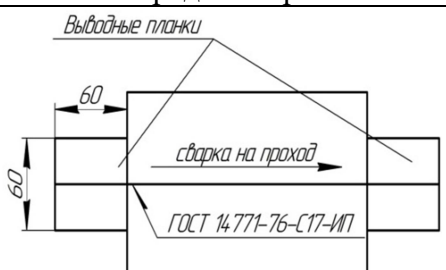
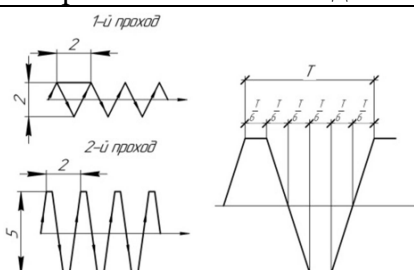
35 ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения.

Приложения
Приложение А
Карта технологического процесса сварки
Шифр: ААДП-1-02СОО/С17

Таблица 1 – Характеристики процесса

№	Наименование	Обозначение (показатели)
1	Нормативный документ	РД 34.15.132-96, ГОСТ 14771-76, СП 53-101-98, ГОСТ 23118-2012, СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87)
2	Способ сварки	ААДП
3	Основной материал (марки)	Ст3сп
4	Основной материал (группа)	М01
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока ОК Autrod 12.51
6	Толщина деталей	6 мм
7	Диаметр деталей	Плоские детали
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	С
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	С17
12	Положение при сварке	Н1
13	Марка и состав смеси защитных газов	К-18 (82%Ar+18%CO ₂)
14	Режим подогрева	Без подогрева
15	Режим термообработки	Без термообработки

Таблица 2 – Конструктивные элементы и размеры сварного соединения

Конструкция соединения			Конструктивные элементы шва		
					
b, мм	c, мм	s=s ₁ , мм	e, мм	g, мм	Число проходов
1,1-1,6	1-1,2	6	8-10	0-2	2
Порядок сварки			Траектория колебательных движений		
					

Способ подготовки кромок: термическая резка (кислородная, плазменно-дуговая) с последующей механической обработкой (фрезерование).

Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин. При обработке абразивным инструментом следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.

Кромки и прилегающие к ним участки, а также места примыкания начальных и выводных планок, если они были установлены, должны быть зачищены от окалины, масла, краски, ржавчины, влаги на ширину не менее 20 мм с каждой стороны сварного соединения и обезжирены (бензин, ацетон, спирт).

Требования к сварочным материалам: на поверхности сварочной проволоки не допускается наличия окислов, грязи, механических повреждений (раковин, забоин, трещин, расслоений и т.д.). Допускается очистка от ржавчины травлением в 5% растворе соляной кислоты, специальными механическими устройствами с предварительной прокалкой до 150-200 °С в течение 1,5-2 часов либо наждачной шкуркой до металлического блеска, не допуская перегибов (переломов).

Сварочное оборудование:

- Сварочный инвертор Lorch S3 RoboMIG XT;
- Робот-манипулятор KUKA KR 16-2;
- Механизм подачи проволоки LORCH RF-06;
- Роботизированная сварочная горелка Tbi RM 42G;

Способ сборки: сборка на сварочном столе с использованием фиксирующих приспособлений (зажим-струбцины) и прихваток.

Требования к прихваткам: 2 прихватки, длиной 20-25 мм, высотой 3-4 мм. Наложение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов запрещается.

Требования к сборке: при сборке, к началу и концу шва должны быть установлены выводные планки в одной плоскости со свариваемыми деталями и плотно прилегать к их зачищенным кромкам. Планки должны иметь разделку кромок аналогичную свариваемым деталям. Допуски на точность установки выводных планок такие же, как и при сборке деталей под сварку. Свариваемые детали следует собирать зазором клиновидной формы. Вместе начала процесса сварки зазор должен составлять 1,1-1,3 мм, а в конце – 1,3-1,6 мм. Смещение кромок друг относительно друга должно быть минимальным и составлять не более 1 мм. В процессе сборки исключить попадание влаги, масла и других загрязнений в разделку соединений и на прилегающие поверхности.

Параметры процесса сварки

Таблица 3

Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм
Прихватки	1	175-180	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,4	28-30	Треугольная	2	2
1		175-180		25	7,2-7,4	26-28	Треугольная	2	2
2		180-190		25	7,3-7,6	17-19	Трапецеидальная	5	2
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние от сопла горелки до изделия 10-12 мм; – Угол наклона горелки к поверхности изделия 80-90°; при угле наклона отличном от 90°, сварку вести углом назад.									

Технологические требования к сварке: перед сваркой проверить качество прихваток внешним осмотром. Сварку следует начинать и заканчивать на выводных планках. Место сварки защитить от сквозняка и ветра. Зажигать дугу и выводить кратер на основной металл не допускается. Корневой (1) слой шва следует формировать при движении горелки по треугольной траектории, а облицовочный (2) – по трапецеидальной траектории, схемы которых представлены в таблице 2.

После сварки каждого валика шов зачищать от брызг металла и шлака и производить визуальный контроль. Облицовочный слой шва должен перекрывать свариваемые кромки на 1-3 мм.

После окончания сварки со шва и околошовной зоны (на расстояние 20 мм от оси шва) должен быть удален шлак и брызги металла. Удаление выводных планок производится механическим путем, после чего торцы швов зачищают. Удалять выводные планки ударами молотка или кувалды запрещается.

Сваренный и зачищенный шов должен быть заклеен. Клеймо проставляется несмываемым маркером на расстоянии 30-40 мм от границы шва соединения.

Требования по контролю качества сварного соединения: перед сваркой контролировать конструктивные элементы подготовки кромок, чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей, а при сборке зазор и смещение кромок, качество, количество, размеры и расположение прихваток. В процессе сварки контролю подлежат: порядок сварки соединения, режим сварки, толщина и ширина валика шва, технологические параметры процесса сварки. После сварки контролю подлежат: клеймение, размеры выполненного шва и качество сварного соединения.

Контроль сварных соединений

Таблица 4

Метод контроля	Объем контроля	НД по методике контроля	НД по оценке качества
Визуальный и измерительный	100 %	РД 03-606-03	РД 34.15.132-96; СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87); СП 53-101-98.
Радиографический	не менее 0,5 % длины швов	ГОСТ 7512-82	
Металлография	1 образец	ГОСТ 10243-75 ГОСТ Р 57180-2016	

Приложение Б

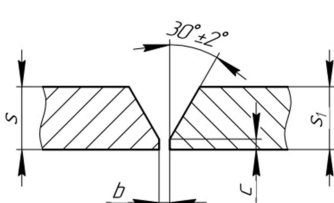
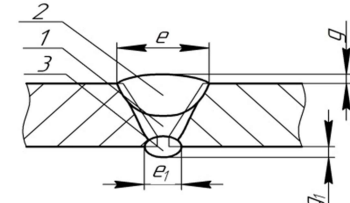
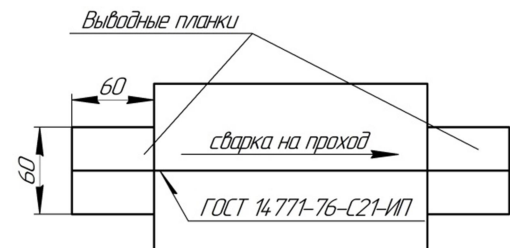
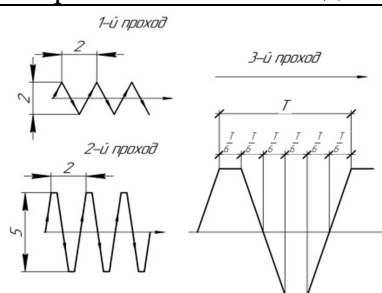
Карта технологического процесса сварки

Шифр: ААДП-1-02СОО/С21

Таблица 1 – Характеристики процесса

№	Наименование	Обозначение (показатели)
1	Нормативный документ	РД 34.15.132-96, ГОСТ 14771-76, СП 53-101-98, ГОСТ 23118-2012, СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87)
2	Способ сварки	ААДП
3	Основной материал (марки)	Ст3сп
4	Основной материал (группа)	М01
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока ОК Autrod 12.51
6	Толщина деталей	6 мм
7	Диаметр деталей	Плоские детали
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	С
10	Вид шва соединения	дс, зк
11	Форма подготовки кромок	С21
12	Положение при сварке	Н1
13	Марка и состав смеси защитных газов	К-18 (82%Ar+18%CO ₂)
14	Режим подогрева	Без подогрева
15	Режим термообработки	Без термообработки

Таблица 2 – Конструктивные элементы и размеры сварного соединения

Конструкция соединения				Конструктивные элементы шва			
							
b, мм	c, мм	s=s ₁ , мм	e, мм	g, мм	e ₁ , мм	g ₁ , мм	Число проходов
1,1-1,6	1-1,2	6	10-12	0-2	8-10	1-2	3
Порядок сварки				Траектория колебательных движений			
							

Способ подготовки кромок: термическая резка (кислородная, плазменно-дуговая) с последующей механической обработкой (фрезерование).

Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин. При обработке абразивным инструментом следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.

Кромки и прилегающие к ним участки, а также места примыкания начальных и выводных планок, если они были установлены, должны быть зачищены от окалины, масла, краски, ржавчины, влаги на ширину не менее 20 мм с каждой стороны сварного соединения и обезжирены (бензин, ацетон, спирт).

Требования к сварочным материалам: на поверхности сварочной проволоки не допускается наличия окислов, грязи, механических повреждений (раковин, забоин, трещин, расслоений и т.д.). Допускается очистка от ржавчины травлением в 5% растворе соляной кислоты, специальными механическими устройствами с предварительной прокалкой до 150-200°C в течение 1,5-2 часов либо наждачной шкуркой до металлического блеска, не допуская перегибов (переломов).

Сварочное оборудование:

- Сварочный инвертор Lorch S3 RoboMIG XT;
- Робот-манипулятор KUKA KR 16-2;
- Механизм подачи проволоки LORCH RF-06;
- Роботизированная сварочная горелка Tbi RM 42G;

Способ сборки: сборка на сварочном столе с использованием фиксирующих приспособлений (зажим-струбцины) и прихваток.

Требования к прихваткам: 2 прихватки, длиной 20-25 мм, высотой 3-4 мм. Наложение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов запрещается.

Требования к сборке: при сборке, к началу и концу шва должны быть установлены выводные планки в одной плоскости со свариваемыми деталями и плотно прилегать к их зачищенным кромкам. Планки должны иметь разделку кромок аналогичную свариваемым деталям. Допуски на точность установки выводных планок такие же, как и при сборке деталей под сварку. Свариваемые детали следует собирать зазором клиновидной формы. Вместе начала процесса сварки зазор должен составлять 1,1-1,3 мм, а в конце – 1,3-1,6 мм. Смещение кромок друг относительно друга должно быть минимальным и составлять не более 1 мм. В процессе сборки исключить попадание влаги, масла и других загрязнений в разделку соединений и на прилегающие поверхности.

Параметры процесса сварки

Таблица 3

Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм
Прихватки	1	175-180	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,4	28-30	Треугольная	2	2
1		175-180		25	7,2-7,4	26-28	Треугольная	2	2
2		180-190		25	7,3-7,6	17-19	Трапецеидальная	5	2
3		170-180		25	7,0-7,3	32-34	Без колебаний	-	-
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние от сопла горелки до изделия 10-12 мм; – Угол наклона горелки к поверхности изделия 80-90°; при угле наклона отличном от 90°, сварку вести углом назад.									

Технологические требования к сварке: перед сваркой проверить качество прихваток внешним осмотром. Сварку следует начинать и заканчивать на выводных планках. Место сварки защитить от сквозняка и ветра. Зажигать дугу и выводить кратер на основной металл не допускается. Корневой (1) слой шва следует формировать при движении горелки по треугольной траектории, облицовочный (2) слой по трапецеидальной

траектории, а подварочный (3) слой – без колебаний, схемы которых представленных в таблице 2.

После сварки каждого валика шов зачищать от брызг металла и шлака и производить визуальный контроль. Облицовочный слой шва должен перекрывать свариваемые кромки на 1-3 мм.

После окончания сварки со шва и околошовной зоны (на расстояние 20 мм от оси шва) должен быть удален шлак и брызги металла. Удаление выводных планок производится механическим путем, после чего торцы швов зачищают. Удалять выводные планки ударами молотка или кувалды запрещается.

Сваренный и зачищенный шов должен быть заклеимен. Клеймо проставляется несмываемым маркером на расстоянии 30-40 мм от границы шва соединения.

Требования по контролю качества сварного соединения: перед сваркой контролировать конструктивные элементы подготовки кромок, чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей, а при сборке зазор и смещение кромок, качество, количество, размеры и расположение прихваток. В процессе сварки контролю подлежат: порядок сварки соединения, режим сварки, толщина и ширина валика шва, технологические параметры процесса сварки. После сварки контролю подлежат: клеймение, размеры выполненного шва и качество сварного соединения.

Контроль сварных соединений

Таблица 4

Метод контроля	Объем контроля	НД по методике контроля	НД по оценке качества
Визуальный и измерительный	100 %	РД 03-606-03	РД 34.15.132-96; СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87); СП 53-101-98.
Радиографический	не менее 0,5 % длины швов	ГОСТ 7512-82	
Металлография	1 образец	ГОСТ 10243-75 ГОСТ Р 57180-2016	

Приложение В

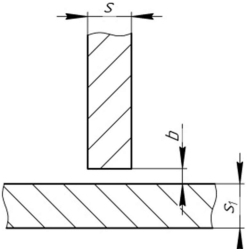
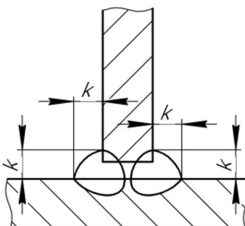
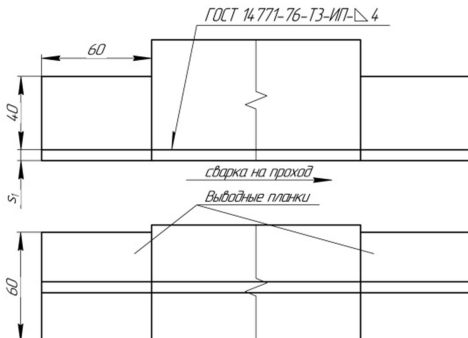
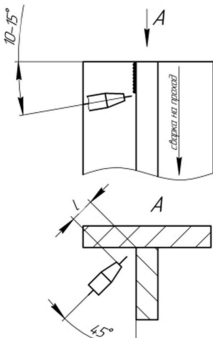
Карта технологического процесса сварки

ААДП-1-02ТОО/ТЗ

Таблица 1 – Характеристики процесса

№	Наименование	Обозначение (показатели)
1	Нормативный документ	РД 34.15.132-96, ГОСТ 14771-76, СП 53-101-98, ГОСТ 23118-2012, СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87)
2	Способ сварки	ААДП
3	Основной материал (марки)	Ст3сп
4	Основной материал (группа)	М01
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока ОК Autrod 12.51
6	Толщина деталей	6 мм
7	Диаметр деталей	Плоские детали
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Т
10	Вид шва соединения	дс, бз
11	Форма подготовки кромок	ТЗ
12	Положение при сварке	В2
13	Марка и состав смеси защитных газов	К-18 (82%Ar+18%CO ₂)
14	Режим подогрева	Без подогрева
15	Режим термообработки	Без термообработки

Таблица 2 – Конструктивные элементы и размеры сварного соединения

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва		
			
	$s=s_1$, мм	b, мм	k, мм
	6	0-1,5	4-5
Порядок сварки			
 			

Способ подготовки кромок: термическая резка (кислородная, плазменно-дуговая) с последующей механической обработкой (фрезерование).

Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин. При обработке абразивным инструментом следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.

Кромки и прилегающие к ним участки, а также места примыкания начальных и выводных планок, если они были установлены, должны быть зачищены от окалины, масла, краски, ржавчины, влаги на ширину не менее 20 мм с каждой стороны сварного соединения и обезжирены (бензин, ацетон, спирт).

Требования к сварочным материалам: на поверхности сварочной проволоки не допускается наличия окислов, грязи, механических повреждений (раковин, забоин, трещин, расслоений и т.д.). Допускается очистка от ржавчины травлением в 5% растворе соляной кислоты, специальными механическими устройствами с предварительной прокалкой до 150-200 °С в течение 1,5-2 часов либо наждачной шкуркой до металлического блеска, не допуская перегибов (переломов).

Сварочное оборудование:

- Сварочный инвертор Lorch S3 RoboMIG XT;
- Робот-манипулятор KUKA KR 16-2;
- Механизм подачи проволоки LORCH RF-06;
- Роботизированная сварочная горелка Tbi RM 42G;

Способ сборки: сборка на сварочном столе с использованием фиксирующих приспособлений (зажим-струбцины и прихваток).

Требования к прихваткам: 2 прихватки, длиной 15-20 мм, катетом 3-4 мм. Наложение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов запрещается.

Требования к сборке: отклонение от перпендикулярности стенки и полки должно составлять не более $\pm 1^\circ$.

При сборке, к началу и концу шва должны устанавливаться выводные планки в одной плоскости со свариваемыми деталями и плотно прилегать к ним. Планки должны иметь разделку кромок аналогичную свариваемым деталям.

Параметры процесса сварки

Таблица 3

Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм
Прихватки	1	180-190	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,5	25-27	Без колебаний	-	-
1		180-190		25	7,2-7,5	22-24	Без колебаний	-	-
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние (<i>l</i>) от сопла горелки до изделия 10-12 мм; – Угол наклона горелки к оси шва 75-80°, сварку вести углом назад.									

Технологические требования к сварке: перед сваркой проверить качество прихватки внешним осмотром. Сварку следует начинать и заканчивать на выводных планках. В случае отсутствия выводных планок, сварку следует начинать со стороны, противоположной стороне установки прихваток. Зажигать дугу и выводить кратер на основной металл не допускается.

После окончания сварки со шва и околошовной зоны (на расстояние 20 мм от оси шва) должен быть удален шлак и брызги металла. Удаление выводных планок производится механическим путем, после чего торцы швов зачищают. Удалять выводные планки ударами молотка или кувалды запрещается.

Сваренный и зачищенный шов должен быть заклеен. Клеймо проставляется несмываемым маркером на расстоянии 30-40 мм от границы

шва соединения

Требования по контролю качества сварного соединения: перед сваркой контролировать конструктивные элементы подготовки кромок, чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей, зазор, качество, количество, размеры и расположение прихваток. В процессе сварки контролю подлежат: порядок сварки соединения, режим сварки, катет шва, технологические параметры процесса сварки. После сварки контролю подлежат: клеймение, размеры выполненного шва и качество сварного соединения.

Контроль сварных соединений

Таблица 4

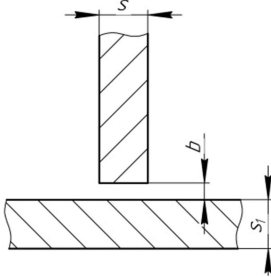
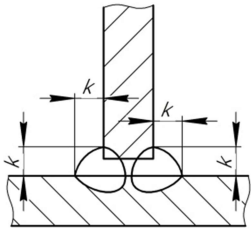
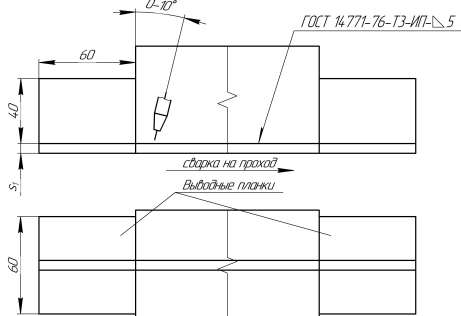
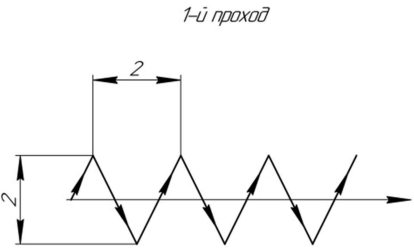
Метод контроля	Объем контроля	НД по методике контроля	НД по оценке качества
Визуальный и измерительный	100 %	РД 03-606-03	РД 34.15.132-96; СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87); СП 53-101-98.
Металлография	1 образец	ГОСТ 10243-75 ГОСТ Р 57180-2016	

Приложение Г
Карта технологического процесса сварки
ААДП-1-02ТОО/ТЗ

Таблица 1 – Характеристики процесса

№	Наименование	Обозначение (показатели)
1	Нормативный документ	РД 34.15.132-96, ГОСТ 14771-76, СП 53-101-98, ГОСТ 23118-2012, СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87)
2	Способ сварки	ААДП
3	Основной материал (марки)	Ст3сп
4	Основной материал (группа)	М01
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока ОК Autrod 12.51
6	Толщина деталей	6 мм
7	Диаметр деталей	Плоские детали
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Т
10	Вид шва соединения	дс, бз
11	Форма подготовки кромок	ТЗ
12	Положение при сварке	Н1
13	Марка и состав смеси защитных газов	К-18 (82%Ar+18%CO ₂)
14	Режим подогрева	Без подогрева
15	Режим термообработки	Без термообработки

Таблица 2 – Конструктивные элементы и размеры сварного соединения

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва		
			
	s=s ₁ , мм	b, мм	k, мм
	6	0-1,5	4-6
Порядок сварки	Траектория колебательных движений		
			

Способ подготовки кромок: термическая резка (кислородная, плазменно-дуговая) с последующей механической обработкой (фрезерование).

Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин. При обработке абразивным инструментом следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.

Кромки и прилегающие к ним участки, а также места примыкания начальных и выводных планок, если они были установлены, должны быть зачищены от окалины, масла, краски, ржавчины, влаги на ширину не менее 20 мм с каждой стороны сварного соединения и обезжирены (бензин, ацетон, спирт).

Требования к сварочным материалам: на поверхности сварочной проволоки не допускается наличия окислов, грязи, механических повреждений (раковин, забоин, трещин, расслоений и т.д.). Допускается очистка от ржавчины травлением в 5% растворе соляной кислоты, специальными механическими устройствами с предварительной прокалкой до 150-200 °С в течение 1,5-2 часов либо наждачной шкуркой до металлического блеска, не допуская перегибов (переломов).

Сварочное оборудование:

- Сварочный инвертор Lorch S3 RoboMIG XT;
- Робот-манипулятор KUKA KR 16-2;
- Механизм подачи проволоки LORCH RF-06;
- Роботизированная сварочная горелка Tbi RM 42G;

Способ сборки: сборка на сварочном столе с использованием фиксирующих приспособлений (зажим-струбцины, призмы) и прихваток.

Требования к прихваткам: 2 прихватки, длиной 15-20 мм, катетом 3-4 мм. Наложение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов запрещается.

Требования к сборке: отклонение от перпендикулярности стенки и полки должно составлять не более $\pm 1^\circ$.

При сборке, к началу и концу шва должны устанавливаться выводные планки в одной плоскости со свариваемыми деталями и плотно прилегать к ним. Планки должны иметь разделку кромок аналогичную свариваемым деталям.

Параметры процесса сварки

Таблица 3

Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм
Прихватки	1	185-195	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,4	18-20	Треугольная	2	2
1		185-195		25	7,2-7,4	15-17	Треугольная	2	2
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние (<i>l</i>) от сопла горелки до изделия 10-12 мм – Угол наклона горелки к оси шва 80-90°, сварку вести углом назад, при угле наклона отличным от 90°.									

Технологические требования к сварке: перед сваркой проверить качество прихватки внешним осмотром. Сварку следует начинать и заканчивать на выводных планках. В случае отсутствия выводных планок, сварку следует начинать со стороны, противоположной стороне установки прихваток. Зажигать дугу и выводить кратер на основной металл не допускается.

После окончания сварки со шва и околошовной зоны (на расстояние 20 мм от оси шва) должен быть удален шлак и брызги металла. Удаление выводных планок производится механическим путем, после чего торцы швов зачищают. Удалять выводные планки ударами молотка или кувалды запрещается.

Сваренный и зачищенный шов должен быть заклеен. Клеймо проставляется несмываемым маркером на расстоянии 30-40 мм от границы

шва соединения

Требования по контролю качества сварного соединения: перед сваркой контролировать конструктивные элементы подготовки кромок, чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей, зазор, качество, количество, размеры и расположение прихваток. В процессе сварки контролю подлежат: порядок сварки соединения, режим сварки, катет шва, технологические параметры процесса сварки. После сварки контролю подлежат: клеймение, размеры выполненного шва и качество сварного соединения.

Контроль сварных соединений

Таблица 4

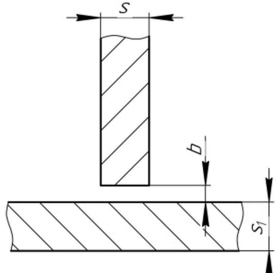
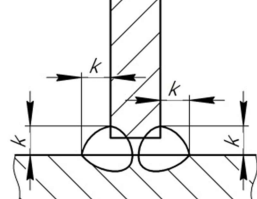
Метод контроля	Объем контроля	НД по методике контроля	НД по оценке качества
Визуальный и измерительный	100 %	РД 03-606-03	РД 34.15.132-96; СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87); СП 53-101-98.
Металлография	1 образец	ГОСТ 10243-75 ГОСТ Р 57180-2016	

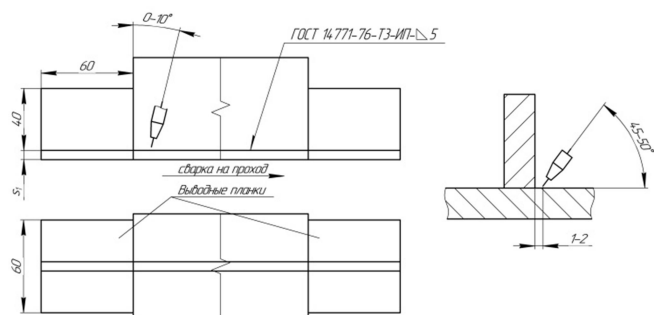
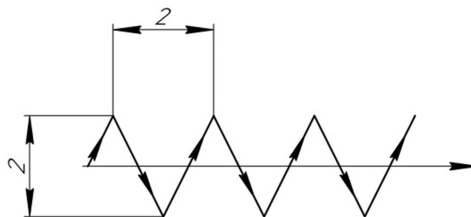
ААДП-1-02ТОО/ТЗ

Таблица 1 – Характеристики процесса

№	Наименование	Обозначение (показатели)
1	Нормативный документ	РД 34.15.132-96, ГОСТ 14771-76, СП 53-101-98, ГОСТ 23118-2012, СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87)
2	Способ сварки	ААДП
3	Основной материал (марки)	СтЗсп
4	Основной материал (группа)	М01
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока ОК Autrod 12.51
6	Толщина деталей	6 мм
7	Диаметр деталей	Плоские детали
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Т
10	Вид шва соединения	дс, бз
11	Форма подготовки кромок	ТЗ
12	Положение при сварке	Н2
13	Марка и состав смеси защитных газов	К-18 (82%Ar+18%CO ₂)
14	Режим подогрева	Без подогрева
15	Режим термообработки	Без термообработки

Таблица 2 – Конструктивные элементы и размеры сварного соединения

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва		
			
	$s=s_1$, мм	b, мм	k, мм
	6	0-1,5	4-5

Порядок сварки	Траектория колебательных движений
	1-й проход 

Способ подготовки кромок: термическая резка (кислородная, плазменно-дуговая) с последующей механической обработкой (фрезерование).

Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин. При обработке абразивным инструментом следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.

Кромки и прилегающие к ним участки, а также места примыкания начальных и выводных планок, если они были установлены, должны быть зачищены от окалины, масла, краски, ржавчины, влаги на ширину не менее 20 мм с каждой стороны сварного соединения и обезжирены (бензин, ацетон, спирт).

Требования к сварочным материалам: на поверхности сварочной проволоки не допускается наличия окислов, грязи, механических повреждений (раковин, забоин, трещин, расслоений и т.д.). Допускается очистка от ржавчины травлением в 5% растворе соляной кислоты, специальными механическими устройствами с предварительной прокалкой до 150-200 °С в течение 1,5-2 часов либо наждачной шкуркой до металлического блеска, не допуская перегибов (переломов).

Сварочное оборудование:

- Сварочный инвертор Lorch S3 RoboMIG XT;
- Робот-манипулятор KUKA KR 16-2;
- Механизм подачи проволоки LORCH RF-06;
- Роботизированная сварочная горелка Tbi RM 42G;

Способ сборки: сборка на сварочном столе с использованием фиксирующих приспособлений (зажим-струбцины, угольники) и прихваток.

Требования к прихваткам: 2 прихватки, длиной 15-20 мм, катетом 3-4 мм. Наложение прихваток у кромок, не подлежащих сварке, в местах пересечения швов и на краях будущих швов запрещается.

Требования к сборке: отклонение от перпендикулярности стенки и полки должно составлять не более $\pm 1^\circ$.

При сборке, к началу и концу шва должны устанавливаться выводные планки в одной плоскости со свариваемыми деталями и плотно прилегать к ним. Планки должны иметь разделку кромок аналогичную свариваемым деталям.

Параметры процесса сварки

Таблица 3

Номер прохода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Род тока и полярность	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость сварки, м/ч	Траектория колебательного движения	Размах, мм	Период, мм
Прихватки	1	185-195	Постоянный, обратная полярность	25	7,2-7,4	18-20	Треугольная	2	2
1		185-195		25	7,2-7,4	15-17	Треугольная	2	2
– Расход защитного газа 12-16 л/мин; – Выпуск электрода 11-14 мм; – Расстояние от сопла горелки до изделия 10-12 мм – Угол наклона горелки к оси шва 80-90°, сварку вести углом назад, при угле наклона отличным от 90°.									

Технологические требования к сварке: перед сваркой проверить качество прихватки внешним осмотром. Сварку следует начинать и заканчивать на выводных планках. В случае отсутствия выводных планок, сварку следует начинать со стороны, противоположной стороне установки прихваток. Зажигать дугу и выводить кратер на основной металл не допускается.

После окончания сварки со шва и околошовной зоны (на расстояние 20 мм от оси шва) должен быть удален шлак и брызги металла. Удаление выводных планок производится механическим путем, после чего торцы швов зачищают. Удалять выводные планки ударами молотка или кувалды запрещается.

Сваренный и зачищенный шов должен быть заклеен. Клеймо проставляется несмываемым маркером на расстоянии 30-40 мм от границы

шва соединения

Требования по контролю качества сварного соединения: перед сваркой контролировать конструктивные элементы подготовки кромок, чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей, зазор, качество, количество, размеры и расположение прихваток. В процессе сварки контролю подлежат: порядок сварки соединения, режим сварки, катет шва, технологические параметры процесса сварки. После сварки контролю подлежат: клеймение, размеры выполненного шва и качество сварного соединения.

Контроль сварных соединений

Таблица 4

Метод контроля	Объем контроля	НД по методике контроля	НД по оценке качества
Визуальный и измерительный	100 %	РД 03-606-03	РД 34.15.132-96; СП 70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87); СП 53-101-98.
Металлография	1 образец	ГОСТ 10243-75 ГОСТ Р 57180-2016	

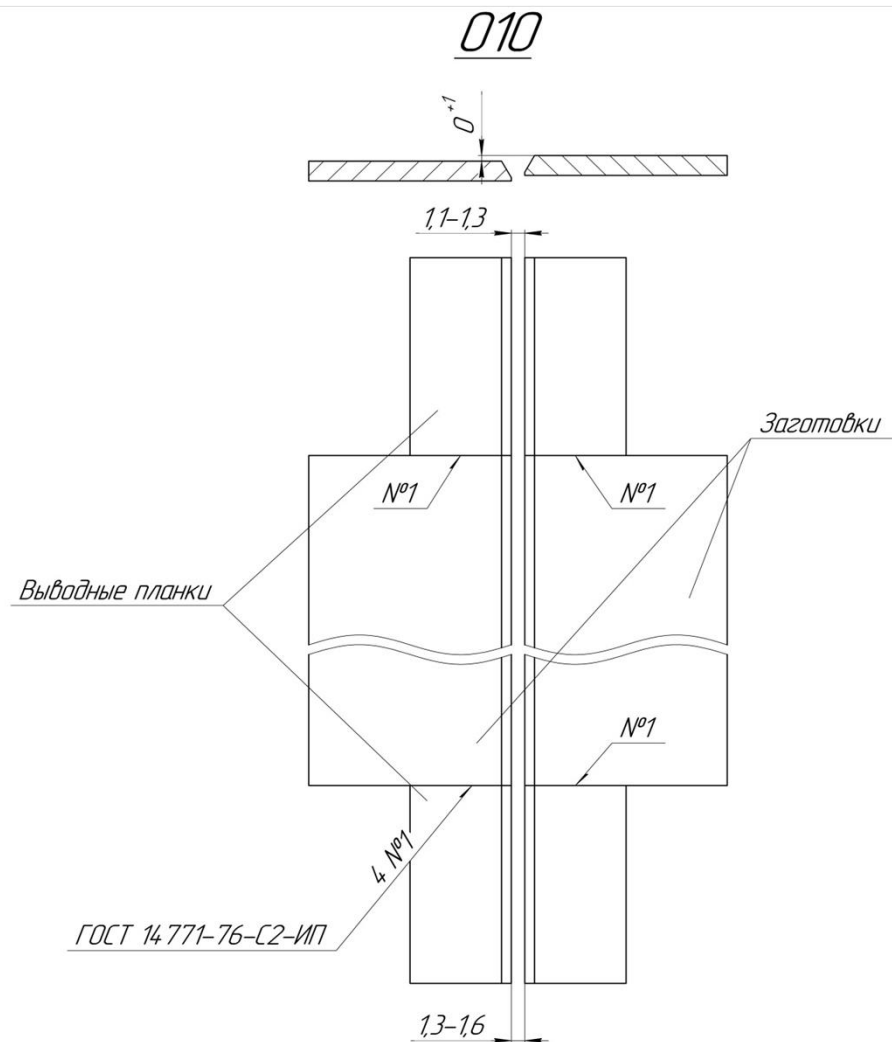
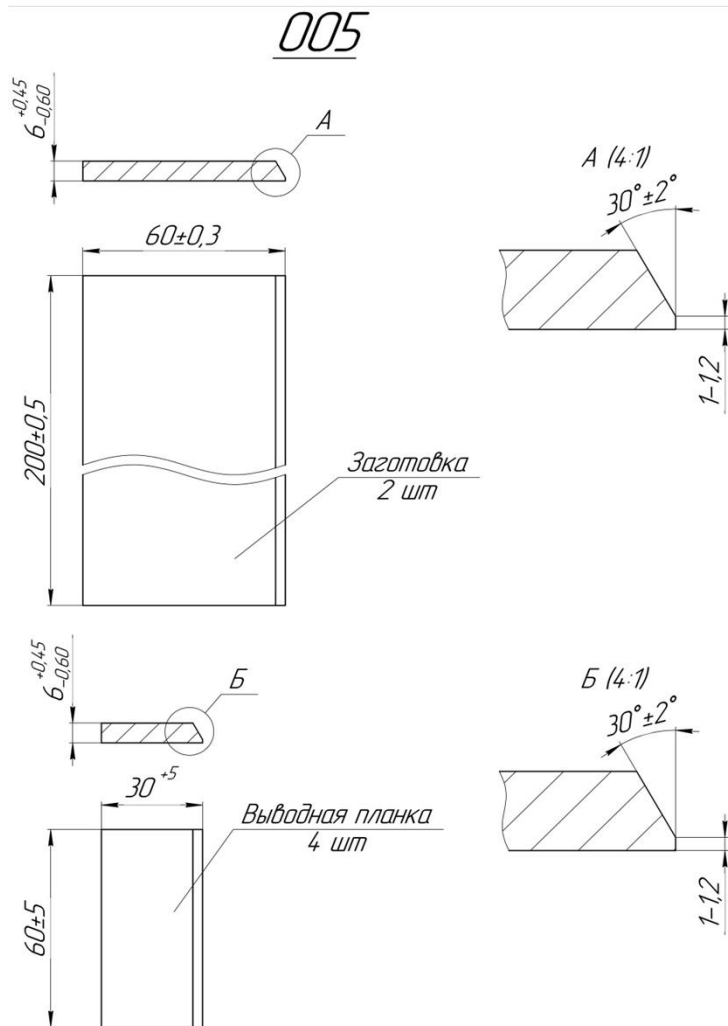
Приложение Е

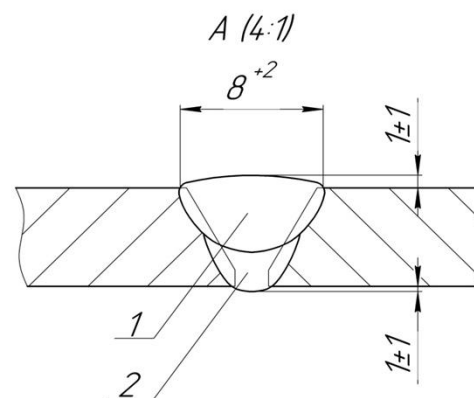
										ГОСТ 3.1105-84 форма 2				
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										ФЮРА.02190.00001		7	1	
				ОЭИ ИШНКБ НИ ТПУ							ФЮРА.02190.00001			
										Стыковое соединение листов металлоконструкции			У	
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»														
Согласовал							Утвердил							
" ____ " _____ 20 <u>19</u> г.							" ____ " _____ 20 <u>19</u> г.							
КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ на технологический процесс сборки и сварки стыкового соединения листов металлоконструкции														
Проконтролировал							Разработал							
Ассистент ОЭИ ИШНКБ							Студент гр. 3-1В41							
Дегтерев А.С.							Дурницын М.Е.							
" ____ " _____ 20 <u>19</u> г.							" ____ " _____ 20 <u>19</u> г.							
СП 70.13330.2012, РД 34.15.132-96														
ТЛ	Титульный лист												02	

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

ФЮРА.02190.00001	7	2
------------------	---	---

Разраб.	Дурницын М.Е.			ОЭИ ИШНКБ НИ ТПУ			ФЮРА.20190.00002				
Н.контр.	Дегтерев А.С.			Стыковое соединение листов металлоконструкции			У				





A diagram of a periodic sawtooth wave. The wave has a period of 2, indicated by a horizontal double-headed arrow labeled '2' above the first cycle. The amplitude is 5, indicated by a vertical double-headed arrow labeled '5' to the left of the wave. The wave consists of repeating trapezoidal pulses. Each pulse has a flat top of width 1 and a rising slope of length 1. The falling slope is represented by a dashed line of length 1, indicating it is not part of the original function. The wave is centered on a horizontal axis.

Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
															ФЮРА.02190.00001		6
															ФЮРА.60190.00006		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа							
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
РС1	ПС	НП	DC	lc	lэ	Пл	U	I	Vс	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn		
01	Сварочная проволока ОК Autrod 12.51 Ø1 мм; ГОСТ 2246-70;																
02	Газовая смесь К-18 ТУ 2114-004-00204760-99																
О03	1. Выполнить корневой слой шва №1 (см. ФЮРА.20190.00003)																
P04	Н1	1	14 мм	10-12 мм	13-15 мм	П	24-25 В	175-180 А	26-28 м/ч	7,2-7,4 м/мин	12-16 л/мин					треугольная траектория движения, размах 2 мм, период 2 мм	
05	2. Зачистить шов от брызг металла, проконтролировать																
06	3. Выполнить облицовочный слой шва №2 (см. ФЮРА.20190.00003)																
P07	Н1	2	14 мм	10-12 мм	13-15 мм	П	24-25 В	180-190 А	17-19 м/ч	7,3-7,6 м/мин	12-16 л/мин					треугольная траектория движения, размах 5 мм, период 2 мм	
08	4. Зачистить от брызг и наплывов металла на расстоянии 20 мм с обеих сторон от оси шва;																
09	5. Выводные планки удалить механическим способом без применения ударного воздействия; Места прихваток зачистить до основного																
10	металла с удалением всех дефектов;																
Т11	Металлическая щетка, УШС-3, набор измерительных щупов, угломер электронный, штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89																
12																	
A13	1	1	1	025	Контроль			РД 03-606-03; РД 34.15.132-96; СП 70.13330.2012;									
Б14	Сварочно-монтажный стол 1 42460 6 1 1 1																
К/М15	Стыковое сварное соединение пластин																
МК/ОК Маршрутно-операционная карта																60	

7

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.

PC1	PC	HP	DC	lc	l_9	Pl	U	I	Vc	Vn	$qo3$	$q\partial3$	$q\kappa$	Tu	Tn	
-----	------	------	------	------	-------	------	-----	-----	------	------	-------	--------------	-----------	------	------	--

01	Провести визуальный и измерительный контроль сварного соединения
----	--

T02	Лунга 10х: УИИС-3: пулетка
-----	----------------------------

03	
----	--

A04	/	/	/	025	Контроль	ПЛ 34.15.132-96; СП 70.13330.2012; ГОСТ Р 57180-2016; ГОСТ 10243-75
-----	---	---	---	-----	----------	---

Б05	Отрезной станок SQ-80/100:	1	42460	6	1	1	1
-----	----------------------------	---	-------	---	---	---	---

06	Шлифовально-полировальный станок 3E881	1	42460	6	1	1	1
----	--	---	-------	---	---	---	---

K/M07	Стыковое сварное соединение пластин
-------	-------------------------------------

008	Выполнить металлографическое исследование одного образца
-----	--

008	Выполнить металлографическое исследование одного образца.
Т09	Длина измерительная ПИ 3-10х

109	Луня измерительная ЛН-5-10х
10	

11	
12	

12	
13	

13	
14	

[illegible]