



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка системы автоматической микроконтактной сварки

УДК 621.791.763.1-52

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Абдугалиш Асылхан Маратулы		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Скрипко С.И.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева И.Л.	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Дерюшева В.Н.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и

	систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	Способен применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций

ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ А.А. Першина
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Абдугалиш Асылхан Маратулы

Тема работы:

Разработка системы автоматической микроконтактной сварки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 39-33/с от 08.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	22.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)	Объект исследования является: система автоматической микроконтактной сварки.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (аналитический обзор литературных источников 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)	основные принципы точечной контактной сварки; анализ требований для системы автоматической микроконтактной сварки; обзор существующих систем автоматической микроконтактной сварки; проектирование системы автоматической микроконтактной сварки.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	алгоритм работы; функциональная схема автоматизации.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али-оглы, профессор ОСГН, д.э.н.
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна, старший преподаватель ООД.

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		
Ассистент ОЭИ	Скрипко С.И.	-		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Абдугалиш Асылхан Маратулы		



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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
ООП/ОПОП Автоматизация сварочных процессов и производств
Специализация Автоматизация сварочных процессов и производств
Отделение электронной инженерии

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Абдугалиш Асылхан Маратулы

Тема работы:

Разработка системы автоматической микроконтактной сварки
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.02.2023	Введение	10
04.03.2023	Основные принципы точечной контактной сварки	15
15.03.2023	Анализ требований для системы автоматической микроконтактной сварки	15
01.05.2023	Обзор существующих систем автоматической микроконтактной сварки	15
22.05.2023	Проектирование системы автоматической микроконтактной сварки	35
31.05.2023	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	К.Т.Н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Скрипко С.И.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Абдугалиш Асылхан Маратулы		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 114 с., 53 рис., 35 табл., 33 источника, 3 прил.

Ключевые слова: автоматизация сварочного производства, микроконтактная сварка, точечная сварка, автоматическая сварка, проектирование системы.

Объект исследования – система автоматической микроконтактной сварки.

Целью работы является разработка системы автоматической микроконтактной сварки для соединения металлических элементов малых размеров.

В ходе работы изучены основные принципы точечной контактной сварки, проведен анализ требований, обзор существующих решений и проектирование системы автоматической микроконтактной сварки.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система автоматической микроконтактной сварки.

Областью применения – сварочное производство.

Экономическая эффективность – разработанная система имеет широкий функционал и дешевле аналогов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ	17
1.1 Описание метода	17
1.2 Основные параметры точечной сварки.....	18
1.3 Основные компоненты.....	19
2 АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МИКРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ	20
3 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МИКРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ	22
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МИКРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ	25
4.1 Технологический процесс	25
4.2 Подбор оборудования	29
4.2.1 Механизмы сжатия.....	29
4.2.2 Сварочный контур	36
4.2.3 Сварочный источник питания.....	36
4.2.4 Система управления.....	38
4.2.5 Линейное перемещение	44
4.3 Проектирование.....	47
4.3.1 Сварочный контур	48
4.3.2 Подвижный сварочный контур	53
4.3.3 Фиксация заготовки	55
4.3.4 Корпус.....	58

5	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	66
	Введение по разделу	66
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	66
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	67
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений	68
5.1.3	SWOT-анализ	69
5.2	Планирование работ по научно-техническому исследованию ...	71
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	71
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	71
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	72
5.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	73
5.2.5	Расчет материальных затрат НТИ	73
5.2.6	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	74
5.2.7	Основная заработная плата исполнителей темы	75
5.2.8	Расчет дополнительной заработной платы	78
5.2.9	Отчисления на внебюджетные фонды	78
5.2.10	Накладные расходы	79
5.2.11	Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	80
	Заключение по разделу	83
6	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	88
	Введение по разделу	88

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	88
6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства..	88
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	89
6.2 Производственная безопасность.....	91
6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов	91
6.3.1 Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха	91
6.3.2 Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	92
6.3.3 Производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с повышенным образованием электростатических зарядов...	93
6.3.4 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие высоковольтного разряда в виде дуги, согласно ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016) [27]	93
6.3.5 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека, согласно ГОСТ Р 51337-99 [28]	94
6.4 Экологическая безопасность.....	94
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	95
Вывод по разделу	97

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	100
Приложение А	105
Приложение Б.....	107
Приложение В.....	114

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы заключается в том, что развитие современных технологий и требования к производству компонентов малого размера ставят перед промышленностью задачу создания систем для автоматической микроконтактной сварки, обладающих высокой эффективностью и точностью. Микроконтактная сварка является одним из важных методов соединения мелких деталей и микроэлектронных компонентов. Контроль качества сварных соединений в таких изделиях является критическим фактором для обеспечения надежности и долговечности. Эта технология имеет широкое применение в различных отраслях, таких как машиностроение, приборостроение, электроника, микроэлектроника, медицинская техника и другие. В настоящее время существующие методы микроконтактной сварки имеют некоторые ограничения, связанные с требованиями к точности, скорости, повторяемости и автоматизации процесса. Поэтому разработка автоматизированной системы микроконтактной сварки является актуальной проблемой.

Целью данной дипломной работы является разработка системы автоматической микроконтактной сварки, способной обеспечить высокую точность, надежность, скорость, повторяемость и автоматизацию сварочного процесса для соединения металлических элементов малых размеров.

Научная значимость заключается в том, что результаты данной работы позволят предложить современные решения и улучшить существующие технологии в автоматизации микроконтактной сварки. Полученные данные и новые научные знания будут важны для развития теории и практики автоматической микроконтактной сварки.

Разработка системы автоматической микроконтактной сварки имеет большую практическую значимость. Результаты могут быть применены в различных производственных отраслях, где требуется микроконтактная сварка металлических элементов малых размеров. Применение автоматической системы микроконтактной сварки позволит повысить точность, надежность,

скорость, повторяемость и автоматизацию сварочного процесса, что приведет к сокращению времени на производство и улучшению качества сварных соединений. Разработанная система автоматической микроконтактной сварки предоставит реальную пользу заказчикам и пользователям.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение основных принципов точечной контактной сварки.
2. Анализ требований для системы автоматической микроконтактной сварки.
3. Изучение существующих систем автоматической микроконтактной сварки.
4. Проектирование системы автоматической микроконтактной сварки.

Объектом исследования являются система автоматической микроконтактной сварки металлических элементов малых размеров.

В рамках данной работы будут использованы следующие методы исследования:

1. Анализ и обзор научных публикаций, статей, патентов и других источников, связанных с автоматической микроконтактной сваркой.
2. Проектирование системы автоматической микроконтактной сварки.

Таким образом, данная дипломная работа имеет научную и практическую значимость, поскольку расширяет знания о системе автоматической микроконтактной сварки и имеет практическую ценность для применения в производственных отраслях. Работа также имеет важное значение для развития области исследования и может быть использована в дальнейших исследованиях и разработках в этой области.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Данная работа включает в себя следующие определения:

сварка: Процесс получения неразъемного соединения двух и более металлических частей.

автоматизация: Использование технических средств и систем управления, которые позволяют человеку частично или полностью освободить себя от участия в процессе.

сварное соединение: Соединение двух или более металлических деталей, которое было создано путем сварки.

автоматизированная система: Система, предоставляющая собой организационно-техническую систему аппаратных и программных средств, предназначенную для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

программируемый логический контроллер (ПЛК): Микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, обработки, информации и выработки команд управления для исполнительных механизмов.

технологический процесс (ТП): Упорядоченная последовательность взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения требуемого результата.

контактная сварка – это процесс образования соединения в результате нагрева металла проходящим через него электрическим током и пластической деформации зоны соединения под действием сжимающего усилия.

сварочный источник питания (ИП): электротехническая машина для получения электрического тока, по величине и напряжению необходимого для сварки.

В данной работе используются следующие сокращения:

МУ – место для установки заготовки;

НП – нижний пневмоцилиндр;

ЭП – электропривод;

ВСК – верхний сварочный контур;

ФСК – Фронтальный сварочный контур;

ШМ – шаговый мотор;

ДП – Датчик положения.

1 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Выбор метода точечной сварки для системы автоматической микроконтактной сварки обосновывается рядом преимуществ:

- обеспечивает высокую точность и повторяемость при формировании сварного соединения. Это особенно важно в микроконтактной сварке, где требуется сварка малых деталей с высокой точностью;
- точечная сварка характеризуется быстрым и локальным процессом сварки, что минимизирует влияние теплового воздействия на остальные области детали. Это снижает деформации и искажения в зоне сварки, что особенно важно для микроконтактной сварки, где точность и сохранение геометрии деталей играют решающую роль;
- выполняется в короткие промежутки времени, что позволяет достичь высокой производительности системы автоматической микроконтактной сварки. Быстрый процесс также экономит энергию и увеличивает эффективность работы;
- может применяться для сварки различных материалов. Это обеспечивает широкий спектр применения системы автоматической микроконтактной сварки в различных отраслях и областях производства;
- является относительно экономически эффективным методом сварки, требующим меньшего количества энергии и ресурсов по сравнению с другими методами сварки.

Однако, точечная сварка также имеет ограничение по толщине свариваемых материалов, но наиболее эффективна для сварки материалов с относительно небольшой толщиной.

Учитывая это, точечная сварка является оптимальным выбором для системы автоматической микроконтактной сварки.

1.1 Описание метода

Точечная сварка является одним из основных методов микроконтактной сварки, который применяется для соединения двух деталей путем создания

точечного контакта и последующего пропуска высокого электрического тока через это контактное место. Это приводит к местному нагреву и плавлению материалов, их слиянию и образованию прочного соединения, принцип работы изображен на рисунке 1.1.

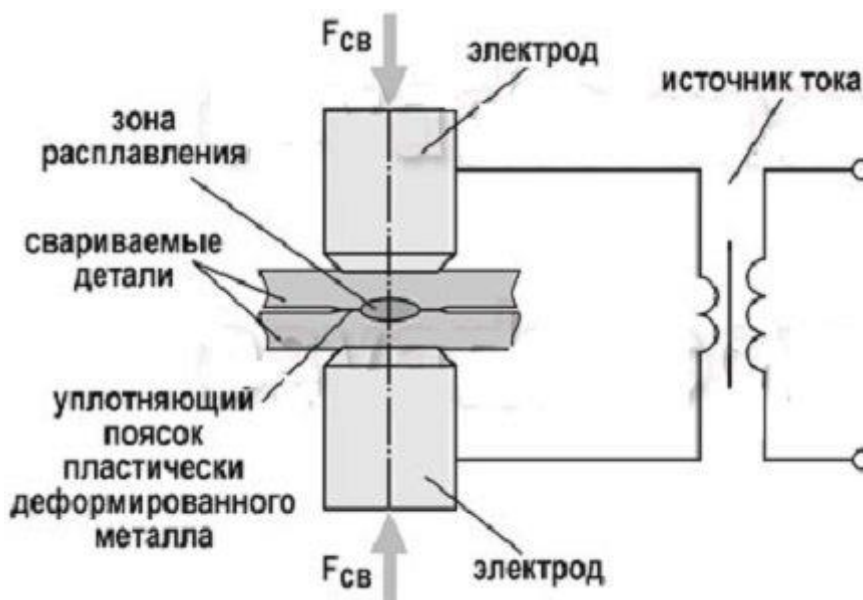


Рисунок 1.1 – Принцип работы точечной сварки

Точечная сварка широко используется в автомобильной промышленности, производстве электроники, бытовой технике и других отраслях, где требуется быстрое и прочное соединение металлических деталей.

1.2 Основные параметры точечной сварки

К основным параметрам точечной сварки относятся:

- сила тока – это электрический ток, который пропускается через свариваемые детали. Его величина должна быть оптимально подобрана для достижения нужной температуры плавления и формирования сварного шва;
- давление, которое применяется к свариваемым деталям, обеспечивает плотный контакт и улучшает электрическую проводимость между ними. Оптимальная величина давления поможет достичь качественного сварного соединения;

- время сварки – время, в течение которого проходит пропускание тока через свариваемые детали. Длительность сварочного процесса влияет на тепловой вклад и образование сварного соединения.

Чтобы предотвратить деформации и искажения в зоне сварки, следует принять следующие меры:

- оптимально подобрать значения тока сварки, давления и времени сварки, учитывая свойства свариваемых материалов и требования к сварному соединению;
- убедиться, что поверхности деталей, подлежащих сварке, чисты, лишены окислов и других примесей, а также обеспечить точное выравнивание и фиксацию деталей;
- предотвратить перегрев сварочного контура.

1.3 Основные компоненты

К основным компонентам точечной сварки относятся:

- источник питания – обеспечивает электрический ток для выполнения сварочного процесса. Источник питания имеет возможность регулировать параметры сварки, такие как сила тока и время сварки;
- электроды – выполняют функцию соединения свариваемых деталей под воздействием электрического тока и давления. Электроды должны быть изготовлены из материала с высокой электропроводностью;
- механизм сжатия – используется для обеспечения и управления необходимого давления к свариваемым деталям. Обычно это пневматический или гидравлический привод;
- токоподводы – используются для подключения источника питания к электродам и создания замкнутой электрической цепи.

2 АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МИКРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Анализ требований для системы автоматической микроконтактной сварки является важным этапом проектирования и разработки данной системы. Он позволяет определить основные требования, характеристики и функциональные возможности, которыми должна обладать система, чтобы успешно выполнять свои функции, учитывая конкретные потребности и требования заказчика или конечного пользователя. Вот некоторые из них:

- в системе автоматической микроконтактной сварки необходимо обеспечить высокую точность и повторяемость формирования сварного соединения;
- система должна обеспечивать возможность контроля и регулирования основных параметров сварки, таких как ток, давление и время сварки, для высокого качества сварных соединений;
- система должна обеспечивать минимальные деформации и искажения в зоне сварки, чтобы сохранить форму и размеры свариваемых деталей;
- сварные соединения должны обладать высокой прочностью и герметичностью, чтобы обеспечить надежность и долговечность конечного изделия;
- учет требований безопасности при проектировании системы микроконтактной сварки, включая меры по предотвращению поражения электрическим током, обеспечение безопасности операторов и надежную защиту от возможных аварийных ситуаций;
- система должна быть способна обеспечивать высокую производительность сварки, обрабатывая большое количество деталей за определенный период времени;
- система должна быть надежной и долговечной, способной работать в течение длительного времени без существенных сбоев или поломок;

- система должна быть гибкой и способной адаптироваться к различным типам и размерам свариваемых деталей, а также к изменяющимся требованиям производства;
- обеспечение доступа к основным компонентам системы для обслуживания, замены деталей и регулировки;
- возможность управления и мониторинга процесса сварки с помощью специального программного обеспечения, которое позволяет контролировать и анализировать параметры сварки в режиме реального времени;
- система должна быть удобной в использовании и обладать интуитивно понятным интерфейсом для оператора;
- обеспечение доступа к документации, руководствам по эксплуатации и технической поддержке для операторов и обслуживающего персонала;
- определение требуемых степеней чистоты и подготовки поверхности для обеспечения качественной сварки.

3 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МИКРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Обзор существующих систем автоматической микроконтактной сварки позволяет ознакомиться с существующими разработками и продуктами на рынке.

Компания AMADA WELD TECH INC. Базирующаяся в Южной Калифорнии, является ведущим производителем оборудования и систем для контактной сварки, лазерной сварки, лазерной резки и лазерной микрообработки.

Компания поставляет продукцию на широкий спектр рынков, включая медицинское оборудование, аккумуляторы, электромобили и солнечную энергетику, а также на мировые рынки электроники, автомобилестроения и общепромышленного назначения.

Рассмотрим устройство данной компании, сварочная голова TL- 182B- EZ с воздушным приводом THIN-LINE для точечной сварки — это высокоточное устройство, обладающее малой инерцией, оснащенное узким вертикальным профилем и прикладывающее усилие от 22 до 445 Н. Сварочная голова TL-182B-EZ, может выполнять более 3600 сварных швов в час, изображена на рисунке 3.1. Технические характеристики указаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики TL-182B-EZ

Тип приведения в действие	Пневматический
Номинальная мощность	875 Вт, 20 кВА
Конфигурация электрода	Противопоставленная
Тип электрода	Серия ES0800 диаметром 0,250"
Диапазон усилия	2,26 - 45,34 кг (22,3 - 445 Н)
Ход	32 мм
Размер (В x Г x Ш)	635 мм x 340 мм x 163 мм
Вес	9,8 кг



Рисунок 3.1 – Сварочная головка TL-182B-EZ

Система автоматической микроконтактной сварки разрабатывается для производства фильтрующего элемента сетчатых фильтров, изображенного на рисунке 3.2. Строение сетчатого фильтра демонстрируется на рисунке 3.3.



Рисунок 3.2 – Фильтрующий элемент

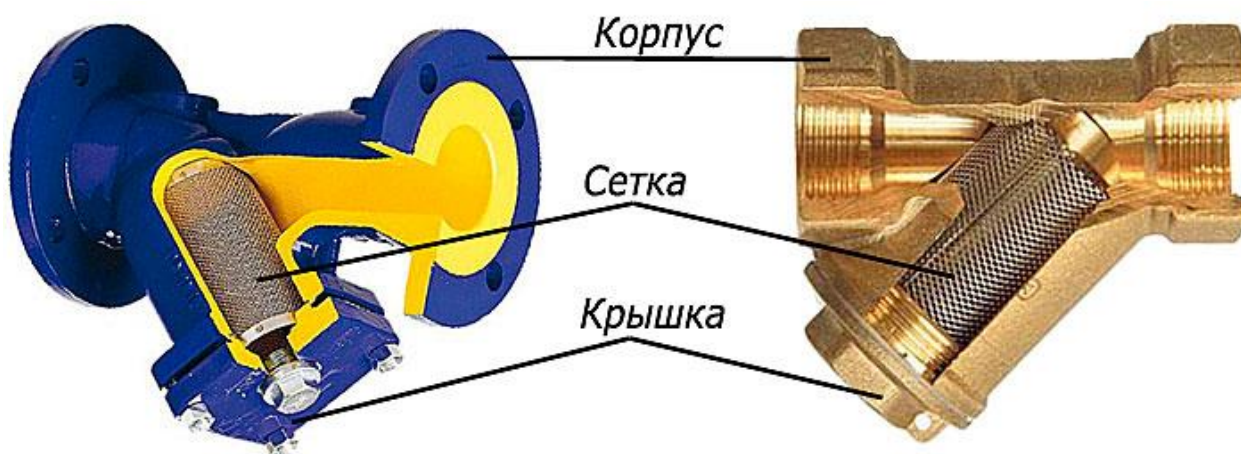


Рисунок 3.3 – Строение сетчатого фильтра

Недостатки сварочной головы TL-182B-EZ, с которыми можно столкнуться при производстве фильтрующих элементов:

- данная конструкция не применима для сварки цилиндрических элементов;
- для прочного соединения с помощью точечной сварки необходимо сварка нескольких точек, для этого в система автоматической микроконтактной сварки должно быть предусмотрено линейное перемещение сварочного контура;
- конструкция позволяет осуществлять сварку в узком диапазоне;
- возможно управление только силой сжатия, не реализован контроль и управление силой тока и временем сварки.

Это лишь те ограничения, которые можно определить по изучению технической документации, предоставляемой производителем, не говоря о нюансах, которые можно встретить в процессе эксплуатации.

Данное решение соответствует не всем требованиям поставленными перед разрабатываемой системой автоматической микроконтактной сварки.

Эта информация помогает внести улучшения в разрабатываемую систему автоматической микроконтактной сварки.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МИКРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Для проектирования системы автоматической микроконтактной сварки необходимо изучить технологический процесс производства фильтрующего элемента, затем подобрать оборудование для реализации данного процесса и спроектировать конструкцию отвечающей требованиям, сформированным в разделе “Анализ требований для системы автоматической микроконтактной сварки”.

4.1 Технологический процесс

Технологический процесс производства фильтрующего элемента сетчатых фильтров:

1. Поверхность заготовки, подлежащей сварке и поверхность рабочей зоны очищаются. На заготовке не должно присутствовать окислов и других примесей, пример заготовки изображен на рисунке 4.1. Также используются заготовки, форма которых изображена на рисунке 4.2.



Рисунок 4.1 – Пример заготовок



Рисунок 4.2 – Пример формы заготовки

2. С помощью механизма сжатия придать заготовке определенную форму, последовательность операции приведена на рисунках 4.3, 4.4, 4.5, 4.6.

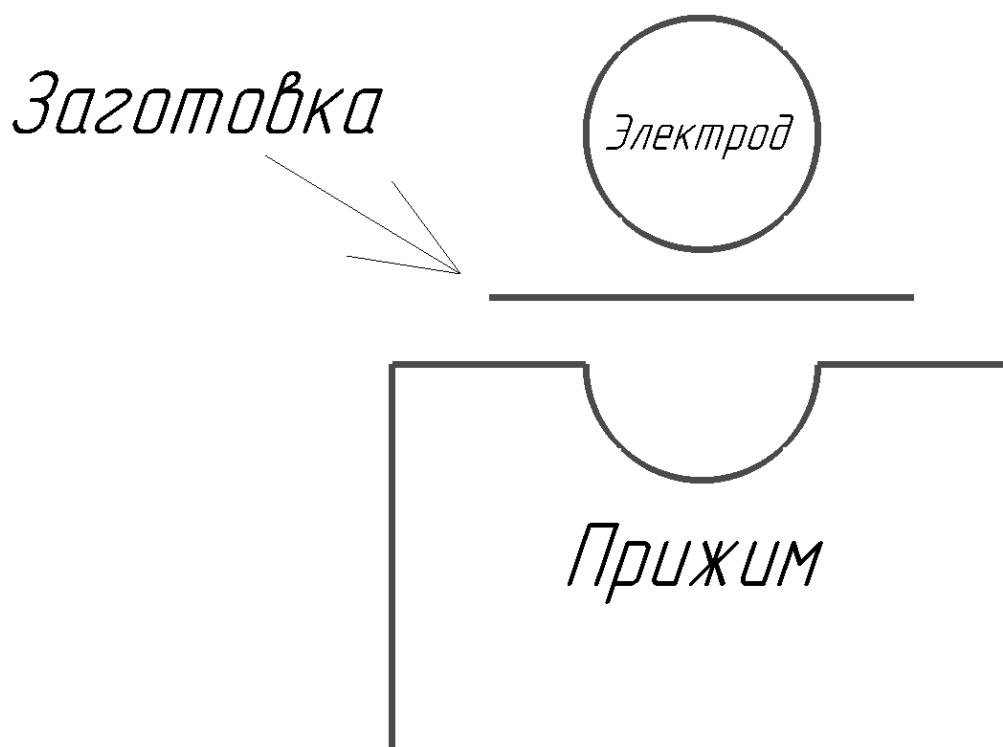


Рисунок 4.3 – Установка заготовки

Заготовка

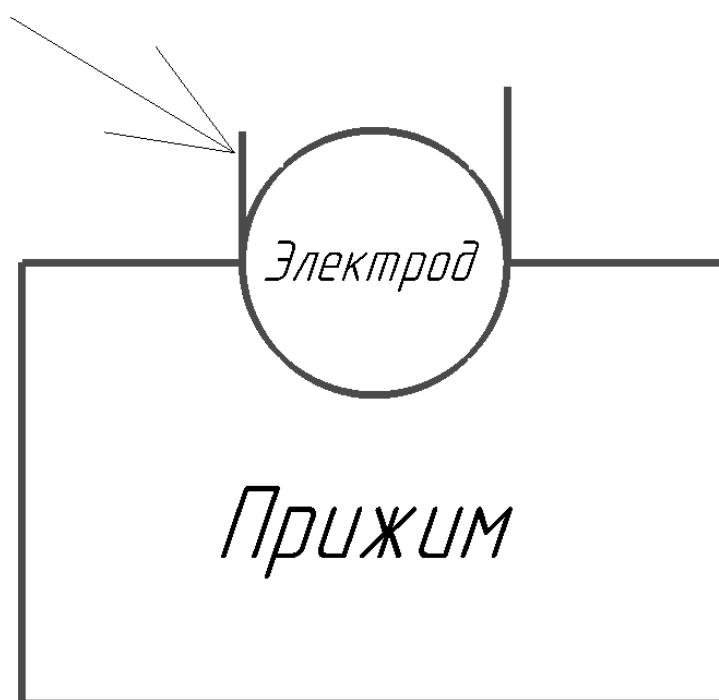


Рисунок 4.4 – Прижим заготовки снизу

Заготовка

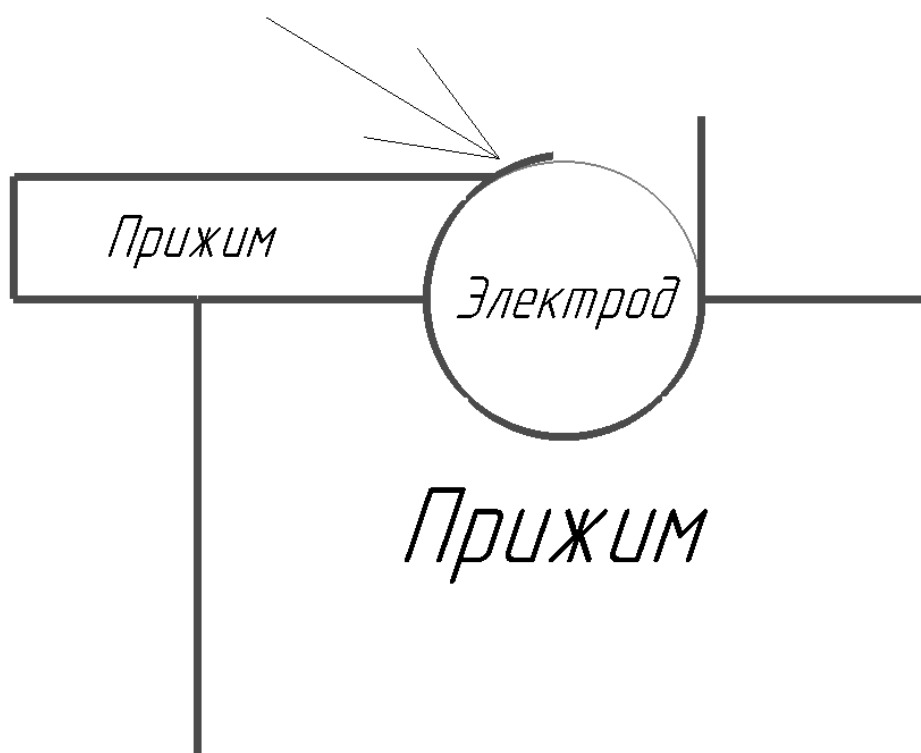


Рисунок 4.5 – Прижим заготовки слева

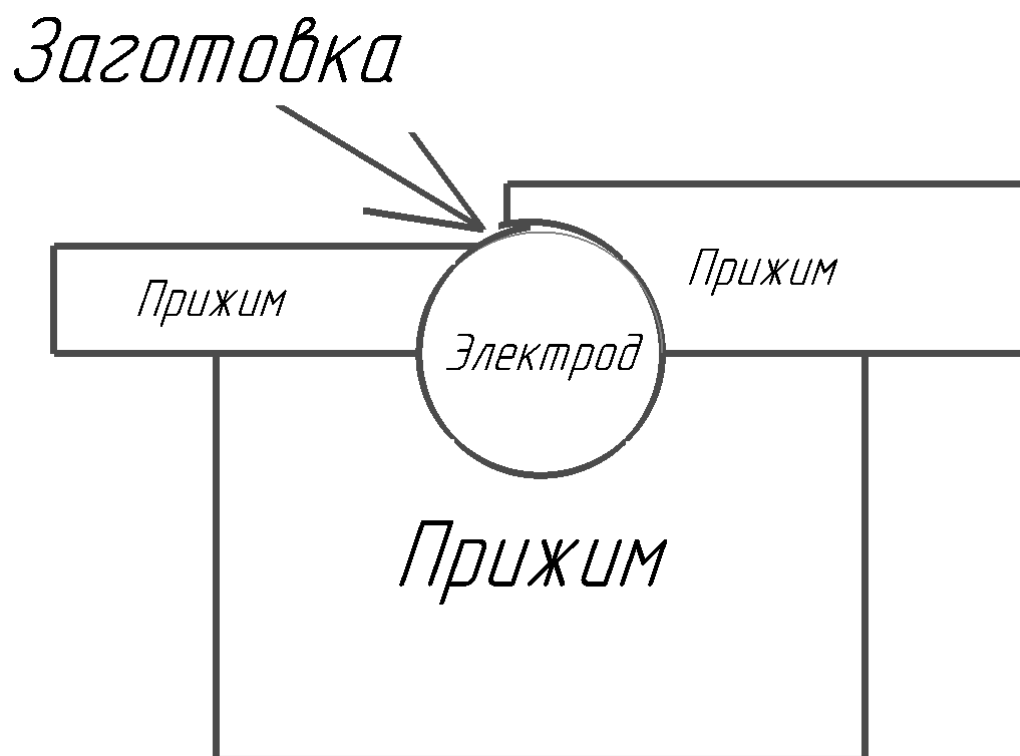


Рисунок 4.6 – Прижим заготовки справа

3. Заготовка сваривается, выполняется процесс многоточечной сварки.

4. При необходимости производится сварка стыка заготовки, рисунок 4.7.

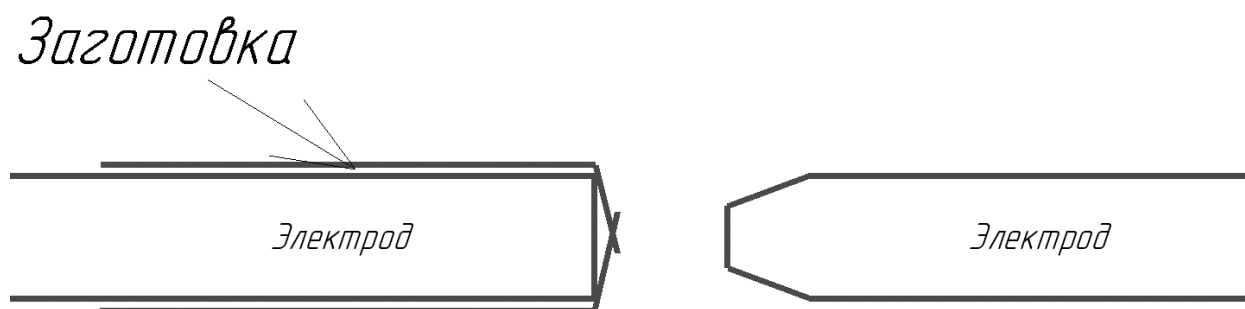


Рисунок 4.7 – Сварка стыка заготовки

4.2 Подбор оборудования

4.2.1 Механизмы сжатия

Механизм сжатия является одной из ключевых составляющих системы автоматической микроконтактной сварки. Его основная задача заключается в обеспечении необходимого давления, геометрической формы и сжатия между свариваемыми деталями во время процесса сварки. Механизм сжатия играет важную роль в создании прочного и надежного сварного соединения между деталями, что является основным условием для успешной сварки.

Для разрабатываемой системы автоматической микроконтактной сварки используется пневматический механизм сжатия электродов. Это обосновано следующими причинами:

- пневматический механизм обладает высокой скоростью перемещения. Это позволяет достичь высокой производительности процесса сварки;
- пневматический механизм обеспечивает возможность регулировки усилия сжатия. Это позволяет адаптировать систему под различные материалы и толщины свариваемых деталей, обеспечивая оптимальные условия для контактной сварки;
- пневматические механизмы обычно характеризуются высокой надежностью и долговечностью. Они мало подвержены износу и требуют минимального технического обслуживания. Это важно для эффективной и надежной работы;
- пневматические механизмы обладают высокой гибкостью и адаптивностью. Они могут быть легко интегрированы в различные системы и настроены под конкретные требования процесса.

Оборудование для механизма сжатия:

1. Регулятор давления должен обладать необходимым диапазоном давления, точностью и пропускной способностью, а также возможностью задавать значение давления посредством аналогового сигнала.

Данным требованиям соответствует пропорциональный регулятор давления Festo VPPE-3-1-1/8-6-420-E1, изображен на рисунке 4.8. Технические характеристики представлены в таблице 4.1 [1].



Рисунок 4.8 – Регулятор давления Festo VPPE-3-1-1/8-6-420-E1

Таблица 4.1 – Технические характеристики Festo VPPE-3-1-1/8-6-420-E1

Производитель	Festo
Входное давление	От 6 до 8 бар
Тип управления	Электрическое
Тип конструкции	Мембранный регулятор с пилотным управлением
Присоединение	G1/8
Диапазон регулировки давления	От 0,06 до 6 бар
Точность повторения	0,5 % FS
Максимальный стандартный расход	800 литров в минуту
Рабочий цикл	100 %
Электрическое подключение	5-пин
Диапазон рабочего напряжения	От 21,6 до 26,4 В DC
Диапазон сигнала, аналоговый вход	От 4 до 20 мА
Температура окружающей среды	От 0 °C до +60 °C
Рабочая среда	Сжатый воздух в соответствии с ISO 8573-1:2010 [7:4:4] Инертные газы
Срок службы	10 лет
Цена	50 963 Р

2. Распределитель должен иметь две позиции. Переключение осуществляется по наличию управляющего сигнала. При этом возврат в исходное положение осуществляется с помощью пружины. Исходя из этих требований, выбран распределитель Festo VUVS-L20-M52-MD-G18-F7-1C1, изображен на рисунке 4.9. Технические характеристики представлены в таблице 4.2 [2].



Рисунок 4.9 – Распределитель Festo VUVS-L20-M52-MD

Таблица 4.2 – Технические характеристики Festo VUVS-L20-M52-MD

Производитель	Festo
Количество линий/позиций	5/2
Тип управления	Электромагнитное
Тип конструкции	Золотниковый
Тип сброса	Пружинный
Максимальный стандартный расход	700 литров в минуту
Рабочий цикл	100 %
Рабочее напряжение катушки	24 В DC
Максимальное рабочее давление	10 бар
Минимальное рабочее давление	2,5 бар
Температура окружающей среды	От -10 °C до +60 °C
Рабочая среда	Сжатый воздух в соответствии с ISO8573-1:2010
Присоединение	G1/8
Срок службы	10 лет
Цена	8 604 Р

3. Дроссель с обратным клапаном. Дросселирование должно происходить на выходе, при этом обладая необходимой пропускной способностью. Данным требованиям подходит дроссель с обратным клапаном Festo GRLA-1/8-QS-6-D, изображен на рисунке 4.10. Технические характеристики представлены в таблице 4.3 [3].



Рисунок 4.10 – Дроссель с обратным клапаном Festo GRLA-1/8-QS-6-D

Таблица 4.3 – Технические характеристики Festo GRLA-1/8-QS-6-D

Производитель	Festo
Элемент настройки	Винт под шплиц
Стандартный расход через дроссель	370 л/мин
Максимальный стандартный расход через дроссель	185 л/мин
Функция дросселирования воздуха	На выходе
Стандартный расход через обратный клапан	От 330 до 390 л/мин
Максимальный стандартный расход через обратный клапан	От 160 до 240 л/мин
Присоединение	G 1/8
Максимальное рабочее давление	10 бар
Минимальное рабочее давление	0,2 бар
Температура окружающей среды	От -10 °C до +60 °C
Рабочая среда	Сжатый воздух в соответствии с ISO8573-1:2010
Присоединение	G1/8
Срок службы	15 лет
Цена	2 056 Р

4. К основным требованиям к пневмоцилиндру относятся, получение требуемого усилия сжатия, а также возможность присоединения электрододержателя. Данным требованиям соответствуют мини-суппорты Festo DGST-25-20-PA и Festo DGST-25-100-PA, изображены на рисунках 4.11 и 4.12. Технические характеристики представлены в таблицах 4.4 и 4.5.



Рисунок 4.11 – Пневмоцилиндр Festo DGST-25-20-PA



Рисунок 4.12 – Пневмоцилиндр Festo DGST-25-100-PA

Таблица 4.4 – Технические характеристики Festo DGST-25-20-PA [4]

Производитель	Festo
Ход	20 мм
Диаметр поршня	25 мм
Определение позиции	При помощи датчиков положения
Демпфирование	Нерегулируемое
Теоретическое усилие при 6 бар, прямой ход	589 Н
Теоретическое усилие при 6 бар, обратный ход	495 Н
Точность повторения	$\leq 0,3$ мм
Максимальное рабочее давление	8 бар
Минимальное рабочее давление	1 бар
Температура окружающей среды	От -10 °C до +60 °C
Рабочая среда	Сжатый воздух в соответствии с ISO8573-1:2010
Присоединение	G1/8
Срок службы	12 лет
Цена	43 611 Р

Таблица 4.5 – Технические характеристики Festo DGST-25-100-PA [5]

Производитель	Festo
Ход	100 мм
Диаметр поршня	25 мм
Определение позиции	При помощи датчиков положения
Демпфирование	Нерегулируемое
Теоретическое усилие при 6 бар, прямой ход	589 Н
Теоретическое усилие при 6 бар, обратный ход	495 Н
Точность повторения	$\leq 0,3$ мм
Максимальное рабочее давление	8 бар
Минимальное рабочее давление	1 бар
Температура окружающей среды	От -10 °C до +60 °C
Рабочая среда	Сжатый воздух в соответствии с ISO8573-1:2010
Присоединение	G1/8
Срок службы	12 лет
Цена	50 0000 Р

5. Также для механизма сжатия будут использоваться электроприводы. Они предназначены для предания заготовки нужной формы, данный процесс не требует больших усилий сжатия. Данным требованиям соответствует электропривод Festo EPCE-TB-60-30-FL-MF-ST-M-H1-PLK-AA, изображены на рисунке 4.13. Технические характеристики представлены в таблице 4.6.

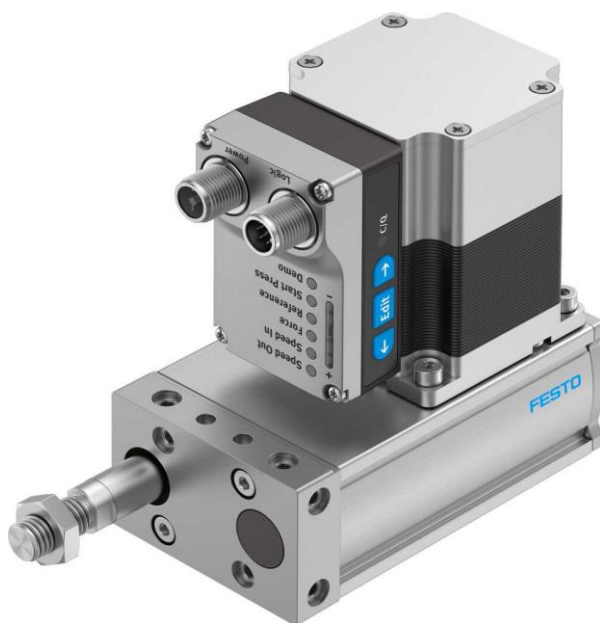


Рисунок 4.13 – Электропривод EPCE-TB-60-30-FL-MF-ST-M-H1-PLK-AA

Таблица 4.6 – Технические характеристики EPCE-TB-60-30-FL-MF-ST-M-H1-PLK-AA [6]

Производитель	Festo
Ход	30 мм
Тип двигателя	шаговый двигатель
Датчик положения ротора	абсолютный энкодер
Максимальная скорость	0,6 м/с
Точность повторения	$\pm 0,05$ мм
Номинальное напряжение DC	24 V
Температура окружающей среды	0 °C ... 50 °C
Срок службы	12 лет
Цена	19 000 Р

4.2.2 Сварочный контур

Сварочный контур является еще одним важным компонентом системы автоматической микроконтактной сварки. Он должен обеспечивать равномерный нагрев, необходимую форму и размер сварного шва.

Для реализации сварочного контура системы автоматической микроконтактной сварки будут использоваться пневмоцилиндры электроды и электрододержатели.

Для сварочного контура подойдет, прямой электрод для точечной сварки BlueWeld, который можно адаптировать под сварку заготовок различного диаметра, изображен на рисунке 4.14.



Рисунок 4.14 – Прямой электрод BlueWeld

Технические характеристики электрода: длина 195 мм, диаметр 12 мм, цена 1000 руб [7].

4.2.3 Сварочный источник питания

Источник питания должен обеспечивать необходимые значения и форму сварочного тока, а также иметь возможность дистанционного включения и выключения. Этим требованиям подходит источник тока контактной сварки «Импульс-3», изображён на рисунке 4.15. Технические характеристики приведены в таблице 4.7.



Рисунок 4.15 – Источник тока контактной сварки «Импульс-3»

Таблица 4.7 – Технические характеристики «Импульс-3» [8]

Напряжение питания,	380 В
Вид сварочного тока	постоянный
Амплитуда сварочного тока (регулируемая),	200 - 7500 А
Длительность сварочного импульса, регулируемая	1 - 20 мс
Длительность фронта импульса тока, регулируемая	0 - 10 мс
Максимальная производительность	10 сварок/с
Точность поддержания установленного значения сварочного тока при колебаниях напряжения сети плюс 10%, минус 15%	$\pm 2\%$
Срок службы	15 лет
Цена	63 193 Р

4.2.4 Система управления

Для контроля и управления сварочного процесса используются ПЛК, сенсорная панель оператора, датчики тока, датчики давления и датчики положения. Оборудование для системы управления:

1. ПЛК. Основные требования к ПЛК:

- ПЛК должен иметь достаточную производительность для обработки большого количества данных и обеспечения быстрой реакции на изменения в процессе;
- ПЛК должен быть совместимым с другими устройствами;
- ПЛК должен обладать достаточным количеством портов, для подключения всего оборудования.

Под эти требования подходит Owen ПЛК210, изображен на рисунке 4.16. Технические характеристики приведены в таблице 4.8.



Рисунок 4.16 – Owen ПЛК210

Таблица 4.8 – Технические характеристики Owen ПЛК210 [9]

Количество портов питания	2 (основной и резервный)
Напряжение питания	10...48 В (номинальное 24 В)
Центральный процессор	RISC-процессор Texas Instruments Sitara AM3358, 800 МГц
Время выполнения пустого цикла (стабилизированное)	3 мс
Интерфейсы связи	
Ethernet 100 Base-T	
Количество портов	4 × Ethernet 10/100 Мбит/с (RJ45) Порты 1–3 – коммутатор Порт 4 – отдельный сетевой адаптер
Поддерживаемые промышленные протоколы	Modbus-TCP (Master / Slave) OPC UA (Server) MQTT
RS-485	
Количество портов	2
Поддерживаемые протоколы	Modbus RTU (Master / Slave) Modbus ASCII (Master / Slave) ОВЕН (Master) Протоколы тепло- и электросчетчиков
Скорость передачи	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с
Подтягивающие резисторы	Есть
Дискретные входы DI	
Режимы работы	определение логического уровня
Подключаемые входные устройства	контактные датчики; трехпроводные датчики имеющие на выходе транзистор n-p- n- или p-n-p-типа с открытым коллектором
Аналоговые входы (AI)	
Подключаемые сигналы	унифицированные сигналы: 0...5 мА, 0(4) ...20 мА, ±50 мВ, ±1 В сопротивление: 0...2 кОм, 0...5 кОм
Дискретные выходы (DO)	
Тип контакта	Нормально-разомкнутый контакт
Режимы работы	переключение логического состояния; генерация ШИМ-сигнала; генерация заданного количества импульсов.

2. Панель оператора, должна соответствовать следующим требованиям:

- сенсорная панель должна иметь яркий и контрастный дисплей для удобства чтения информации;
- сенсорная панель должна иметь достаточно высокое разрешение для отображения деталей;
- сенсорная панель должна быть достаточно большой для удобства работы оператора, но не настолько большой, чтобы занимать слишком много места;
- сенсорная панель должна иметь достаточную чувствительность, чтобы оператор мог легко управлять процессами.

Этим требованиям отвечает сенсорная панель оператора Owen СП310 Р, изображена на рисунке 4.17. Технические характеристики представлены в таблице 4.9.



Рисунок 4.17 – Сенсорная панель оператора Owen СП310-Р

Таблица 4.9 – Технические характеристики Owen СП310-Р [10]

Производитель	Owen
Процессор	AT91SAM9G35-CU
Частота	400 МГц
Объем Flash-памяти	128 Мб
Оперативная память	128 Мб
Часы реального времени (RTC)	Есть, энергонезависимые
Диагональ	10,1 дюймов
Яркость	200 кд/м2
Интерфейсы связи	Ethernet с поддержкой протокола Modbus TCP (Master/Slave);
Номинальное напряжение питания	24 В
Рабочая температура	0...50 °С
Срок службы	10 лет
Цена	48 240 Р

3. Датчик тока, должен обладать достаточным диапазоном измерений, высокой точностью и быстродействием. Для передачи значений сварочного тока, к датчику необходим преобразователь сигнала, для унифицирования сигнала. Этим требованиям подходит пояс Роговского с интегратором, внешний вид пояса Роговского ТТС-KR, изображен на рисунке 4.18. Технические характеристики представлены в таблице 4.10 [11].



Рисунок 4.18 – Пояс Роговского ТТС-KR

Таблица 4.10 – Технические характеристики пояса Роговского TTC-KR

TTC-KR - Пояс Роговского	
Номинальная сила тока	100А ... 100 кА
Выходное напряжение	0...5 В (с интегратором)
Длина пояса	20...2000 мм
Рабочая температура	-25...70 °С
Срок службы	20 лет
Цена	2 384 Р
Интегратор RS5000-5000А	
Номинальный ток	±5000А
Диапазон частот	10...10 KHz
Выходной сигнал	4-20 mA DC
Напряжение питания	9...15 В/12...30 В
Время отклика	≤1 мсек
Рабочая температура	-25...+70 С
Срок службы	10 лет
Цена	4 248Р

4. Датчик давления, должен соответствовать следующим требованиям:

- достаточный диапазон измерения и высокая точность;
- возможность передачи сигнала.

Выбранным датчиком давления является Агава АДМ-100.3. Он соответствует всем требованиям, изображен на рисунке 4.19. Технические характеристики представлены в таблице 4.11.



Рисунок 4.19 – Датчик давления Агава АДМ-100.3

Таблица 4.11 – Технические характеристики Агава АДМ-100.3 [12]

Производитель	Агава
Диапазоны измерений	0...6,0 МПа
Приведённая погрешность по току	1,5 %
Выходной сигнал	4-20 мА.
Температура измеряемой среды	10 до +80 °С.
Рабочая среда	жидкости и газы, не агрессивные к материалам измерителя
Срок службы	10 лет
Цена	6 716 Р

5. Датчик положения. Он должен иметь возможность крепиться на корпус пневмоцилиндра. Данному требованию подходит датчик положения Festo SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE, изображен на рисунке 4.20. Технические характеристики представлены в таблице 4.12.



Рисунок 4.20 – датчик положения Festo SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE

Таблица 4.12 – Технические характеристики Festo SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE [13]

Производитель	Festo
Измеряемая величина	Положение
Метод измерения	Магниторезистивный
Выходной сигнал	PNP
Номинальное рабочее напряжение	24 В DC
Максимальная коммутируемая мощность	2,8 Вт
Способ крепления датчика	Т-образный паз
Температура окружающей среды	От -40 °C до +85 °C
Срок службы	20 лет
Цена	4 704 Р

4.2.5 Линейное перемещение

Линейное перемещение в системе автоматической микроконтактной сварки играет важную роль и необходимо для ряда задач и функций, таких как:

- позволяет точно позиционировать электрод в нужном месте для сварки. Это особенно важно при точечной сварке, где требуется высокая

точность расположения электрода для создания сварного соединения в определенных точках;

- позволяет осуществлять многоточечную сварку, при которой электрод перемещается вдоль заготовки и создает несколько сварных соединений. Это может быть полезно при создании структур с повторяющимися сварными соединениями или для увеличения прочности сварного соединения;

- позволяет автоматизировать процесс сварки, увеличивая его производительность. Путем использования линейных приводов и систем управления можно достичь высокой скорости и повторяемости перемещения электрода, что позволяет быстро и эффективно выполнять сварочные операции.

Оборудование для реализации линейного перемещения:

1. Для выполнения вышеперечисленных функции подходит прецизионный актуатор LM, THK SKR33 SKR3306A-0045-0-10A0, изображен на рисунке 4.21. На рисунке 4.22 изображены направления допустимых статических моментов. Технические характеристики приведены в таблице 4.13.



Рисунок 4.21 – Прецизионный актуатор THK SKR33 SKR3306A-0045-0-10A0

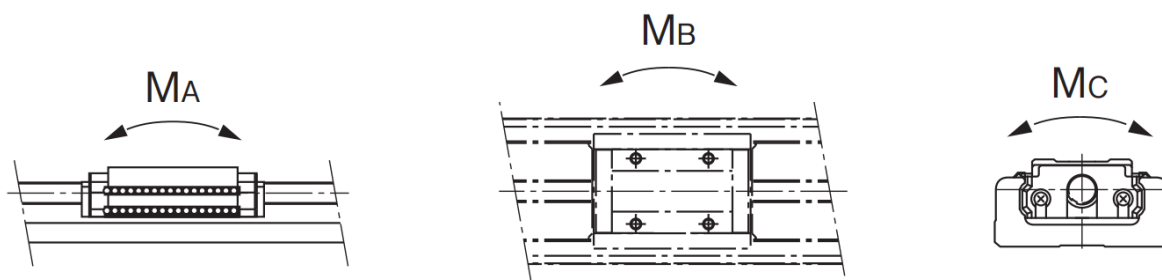


Рисунок 4.22 – Направления допустимых статических моментов

Таблица 4.13 – Технические характеристики ТНК SKR33 SKR3306A-0045-0-10A0 [14]

Шаг резьбы ходового винта	6 мм
Длина хода	45 мм
Номинальная динамическая грузоподъемность направляющей	17000 Н
Номинальная динамическая шариковинтовой передачи	2700 Н
Повторяемость	$\pm 0,01$ мм
Величина свободного хода	0,02 мм
Допустимый статический момент M_A	173 Н·м
Допустимый статический момент M_B	173 Н·м
Допустимый статический момент M_C	424 Н·м

2. С прецизионным актуатором для обеспечения точности позиционирования и контроля движения используются шаговый двигатель со встроенным энкодером. Он должен обеспечивать обратную связь, компенсацию ошибок, контроль скорости и ускорения, детектировать и предотвращать ошибки.

Для этого подойдет шаговый двигатель CS-M22323, изображён на рисунке 4.23. Технические характеристики приведены в таблице 4.14.



Рисунок 4.23 – Шаговый двигатель CS-M22323

Таблица 4.14 – Технические характеристики CS-M22323 [15]

Габариты двигателя	57 (NEMA 23)
Удерживающий момент	2.3 Нм
Ток фазы	5 А
Полный шаг	1.8°
Центрирующий диаметр, мм	38.1
Вал двигателя	Односторонний
Диаметр вых. вала, мм	8 мм

4.3 Проектирование

Для проектирования системы автоматической микроконтактной сварки используется программа SolidWorks. Она является мощным программным инструментом для 3D-моделирования, проектирования и создания виртуальных прототипов. В контексте разработки прототипа системы автоматической микроконтактной сварки, SolidWorks играет ключевую роль в следующих аспектах:

- solidworks позволяет создавать трехмерные модели компонентов, сборок и системы в целом. Это помогает в визуализации и понимании структуры и взаимодействия компонентов системы сварки;
- solidworks позволяет соединять созданные модели в сборки. С помощью этого можно смоделировать сборку системы сварки, правильно расположить компоненты, установить соединения и определить их движение и взаимодействие. Это помогает проверить соответствие компонентов, их функциональность и взаимосвязь;
- solidworks предлагает инструменты для анализа прочности, проверки соединений, расчета деформаций и других физических характеристик системы сварки. С помощью этого можно проводить статические, динамические и другие виды анализа для оценки поведения системы в условиях эксплуатации и улучшения ее производительности и надежности;
- solidworks позволяет создавать техническую документацию, такую как чертежи, спецификации, схемы и т. д. Это важно для документирования, спецификаций, размеров и других деталей системы сварки.

4.3.1 Сварочный контур

Сварочный контур – это система токоведущих элементов и электрических контактов, обеспечивающая подвод электрического тока от источника питания к свариваемым деталям.

В разрабатываемой системе автоматической микроконтактной сварки, сварочный контур состоит из пневмоцилиндра, изоляции, электрододержателя и электрода.

Изоляция служит для предотвращения короткого замыкания и обеспечения безопасности оператора.

Электрододержатель служит для фиксации электрода, данный элемент является модифицируемым для установки электродов различного диаметра, это позволяет системе быть гибкой и способной адаптироваться к различным

типам и размерам свариваемых деталей, а также к изменяющимся требованиям производства.

Спроектированные детали, изображены на рисунках 4.24, 4.25.

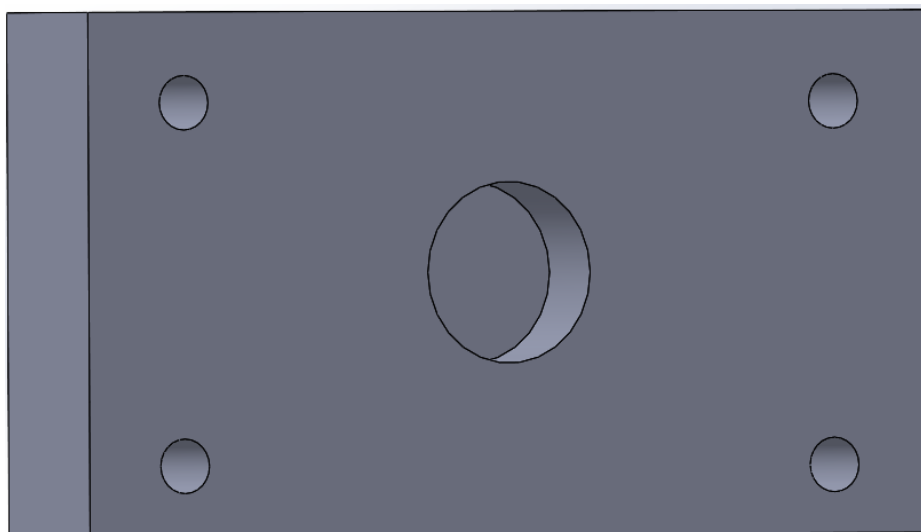


Рисунок 4.24 – Изоляция

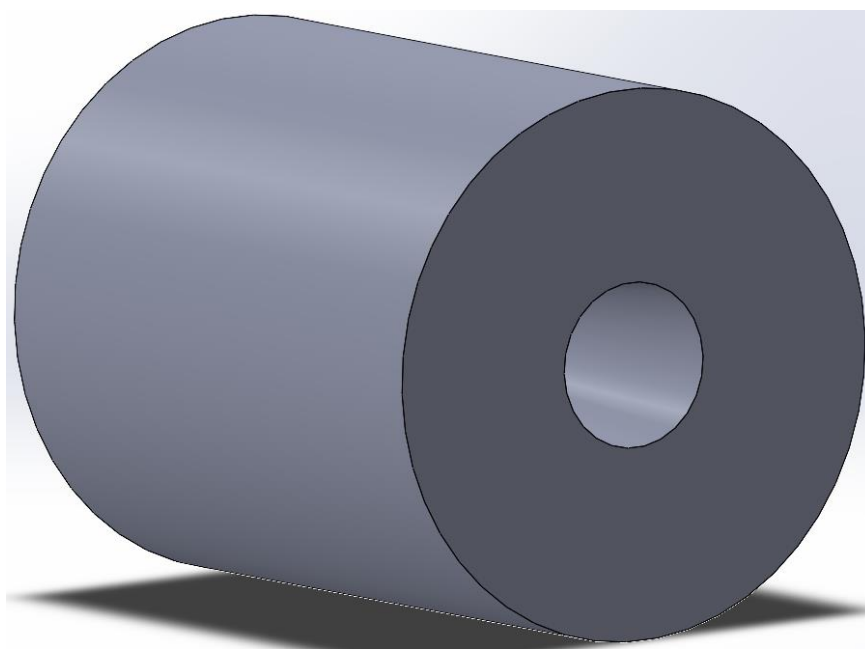


Рисунок 4.25 – Электрододержатель

Изоляция имеет крепежные отверстия для соединения с пневмоцилиндром, и место для установки электрододержателя. Электрододержатель вставляется в отверстие изоляции при посадке с натягом. Аналогично вставляется электрод в отверстие электрододержателя.

Создана сборка верхнего и фронтального сварочных контуров, изображены на рисунках 4.26 и 4.27. К сварочному контуру также относится неподвижный электрод.

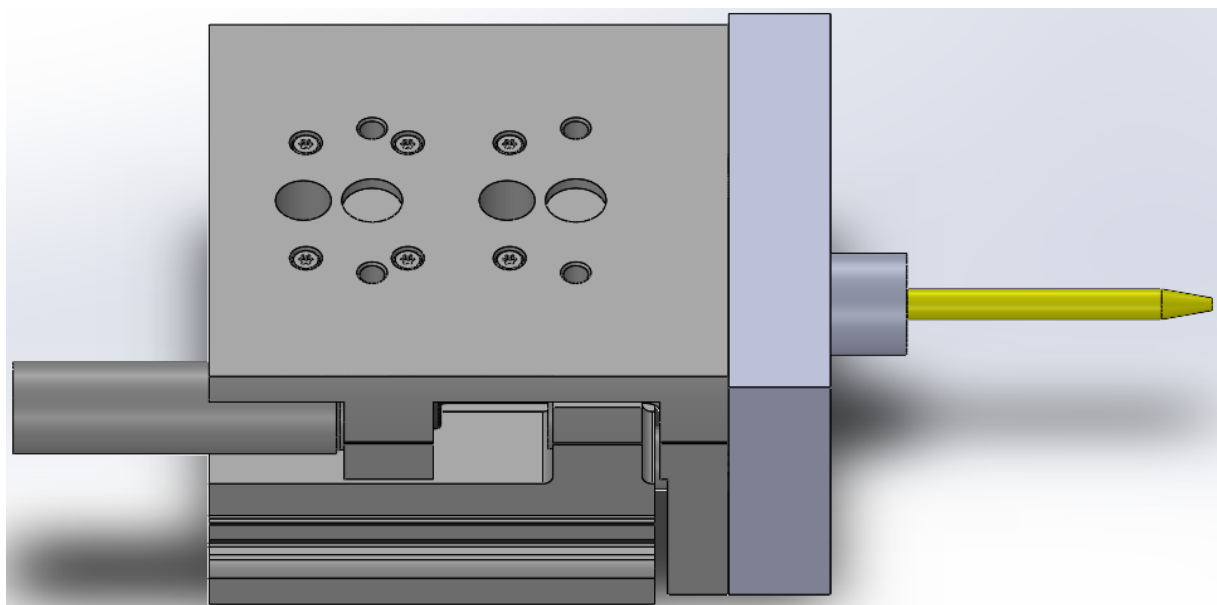


Рисунок 4.26 – Верхний сварочный контур

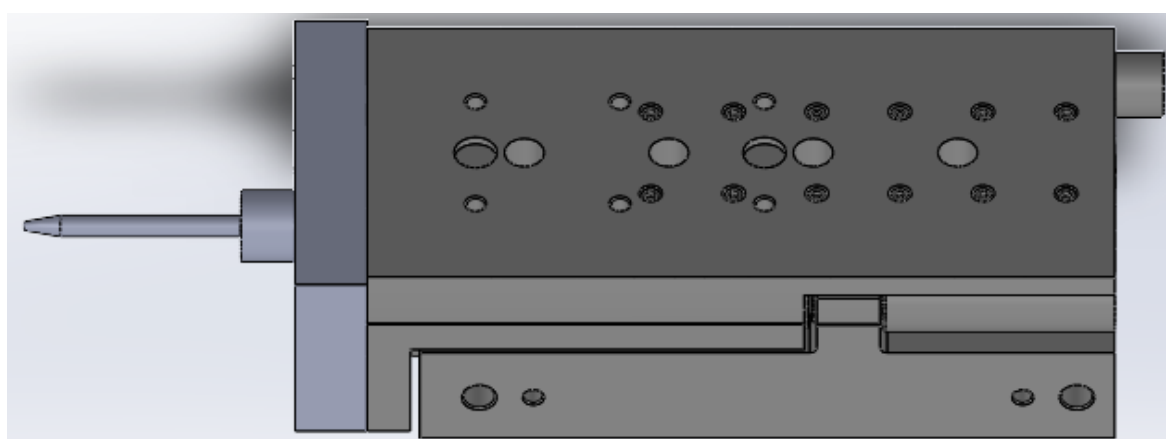


Рисунок 4.27 – Фронтальный сварочный контур

Фронтальный сварочный контур используется для сварки заготовки с торца. Для данной операции необходимо использовать пневмоцилиндр с большей длиной хода, использование пневмоцилиндра с меньшим ходом ограничивает доступ оператора к неподвижному электроду.

Электроды обжимаются токоподводами, подключёнными к источнику питания.

Также необходимо выбрать материал, из которого будут изготавливаться спроектированные детали и проверить выдержат ли они прилагаемые на них нагрузки. Для этого используется solidworks simulation.

В роли материала для изоляции выступает ABS пластик, деталь изготавливается на 3Д принтере. На основе исследования проведенных в отделении, ABS пластик имеет предел текучести равный 6 МПа. На рисунке 4.28 показаны результаты исследования максимального напряжения по Мизесу, равный 1,444 МПа, на участок изображенный на рисунке прилагалась сила 600 Н. С помощью этих данных рассчитан запас прочности:

$$K_{\text{зп}} = \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{6 \text{ МПа}}{1,444 \text{ МПа}} = 4,155.$$

Если $K_{\text{зп}}$ – запас прочности, больше 1,5 то деталь выдерживает нагрузку.

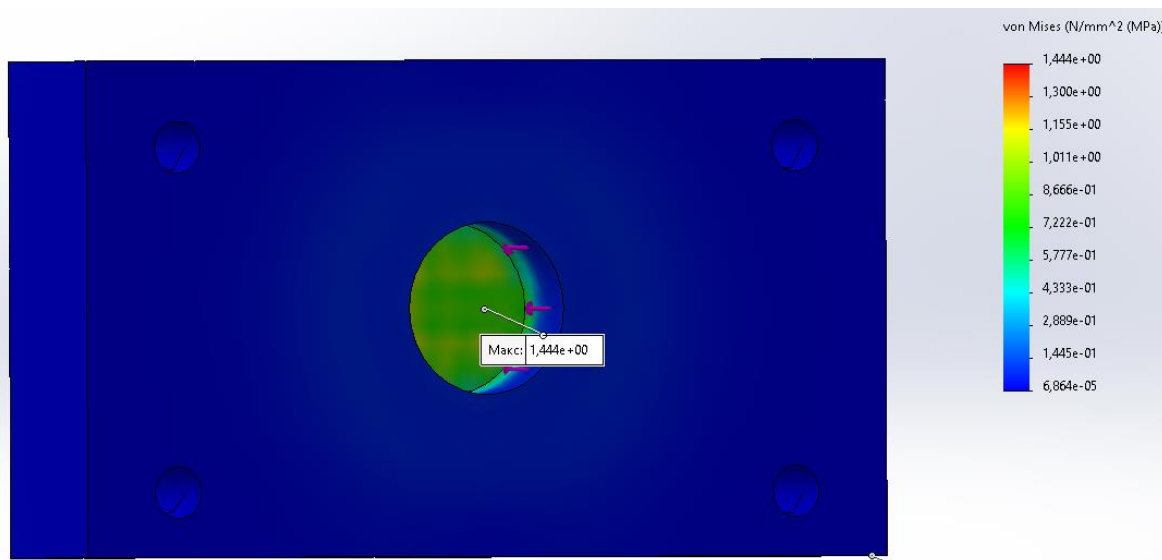


Рисунок 4.28 – Максимальное напряжение по Мизесу

Также было исследовано результирующее перемещение, результат исследования приведен на рисунке 4.29. Значение результирующего перемещения составило 6,275 мкм.

Исходя из проведенных исследований можно сказать, что для изготовления изоляции можно использовать ABS пластик.

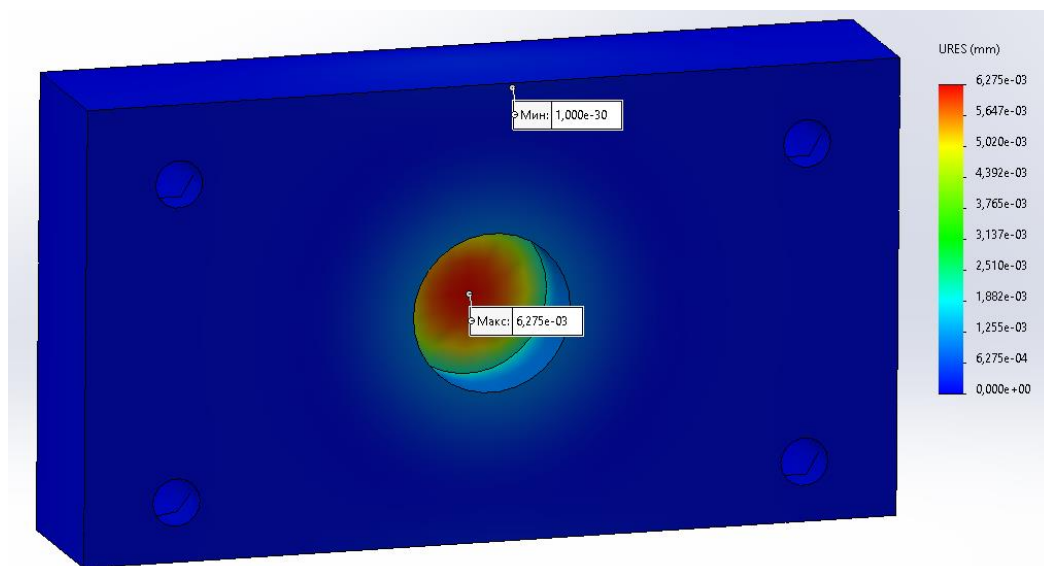


Рисунок 4.29 – Результирующее перемещение

Для изготовления электрододержателя используется латунь. Предел текучести латуни составляет 239,7 МПа. На рисунке 4.30 показан результат исследования максимального напряжения по Мизесу, равный 32,88 МПа, на участок изображенный на рисунке прилагалась сила 600 Н. С помощью этих данных рассчитан запас прочности:

$$K_{зп} = \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_{max}} = \frac{239,7 \text{ МПа}}{32,88 \text{ МПа}} = 7,29.$$

Если $K_{зп}$ – запас прочности, больше 1,5 то деталь выдерживает нагрузку.

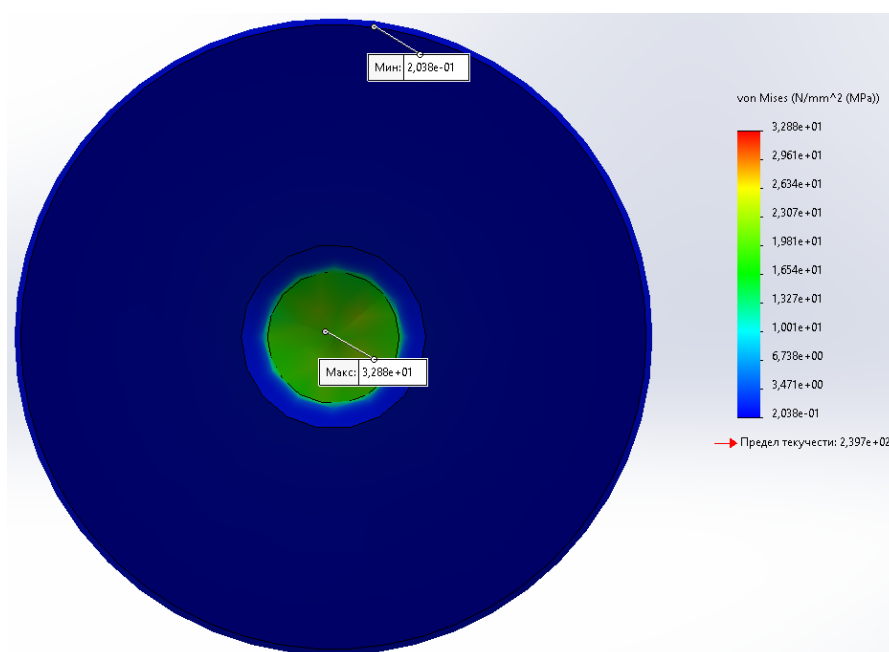


Рисунок 4.30 – Максимальное напряжение по Мизесу

Также было исследовано результирующее перемещение, результат исследования приведен на рисунке 4.31. Значение результирующего перемещения составило 1,286 мкм.

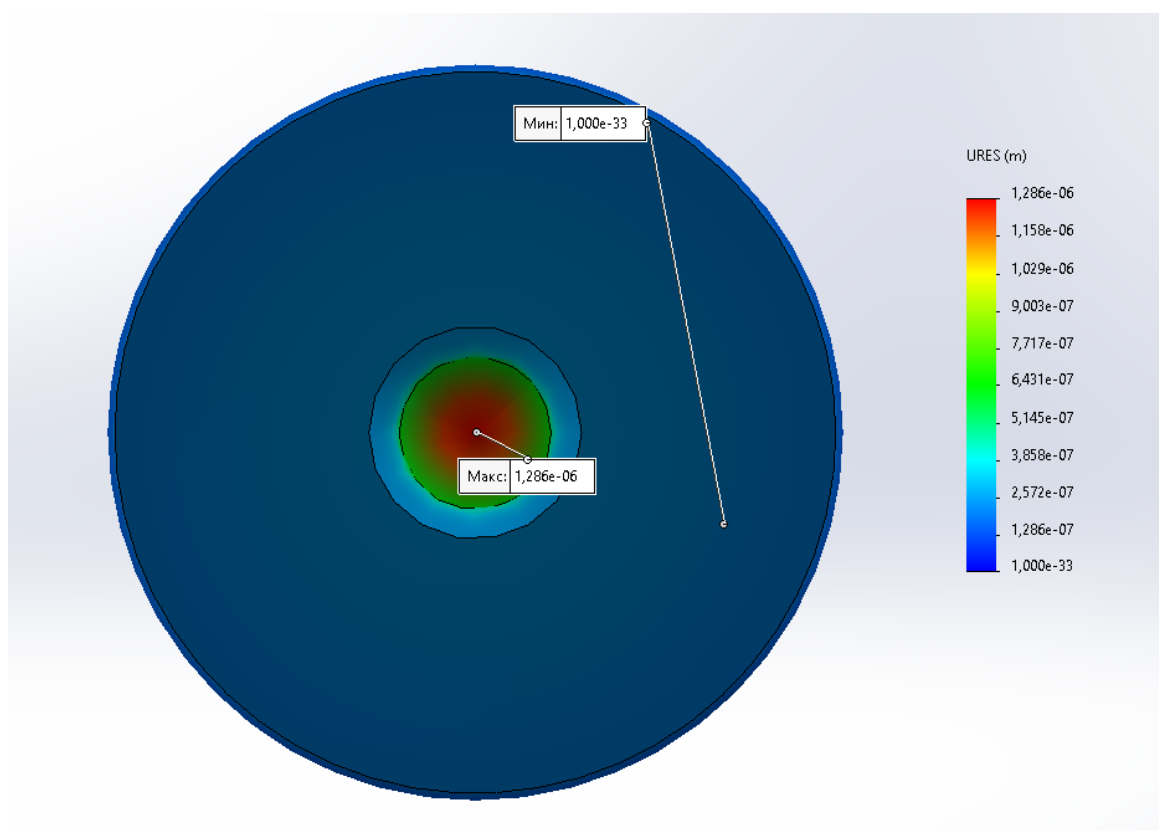


Рисунок 4.31 – Результирующее перемещение

Исходя из проведенных исследований можно сказать, что для изготовления электрододержателя можно использовать латунь.

4.3.2 Подвижный сварочный контур

Для обеспечения позиционирования электрода и многоточечной сварки, необходимо закрепить верхний сварочный контур к актуатору с шаговым мотором.

Для этого спроектирована монтажная пластина, изображена на рисунке 4.32. Пластина имеет крепежные отверстия для соединения с кареткой актуатора и пневмоцилиндром. Пластина выполнена из стали 40. Сталь марки 40 используют для изготовления крепежных деталей трубопроводов; корпусных (соединительных) изделий турбин и другой продукции.

В результате разработан верхний сварочный контура с возможностью линейного перемещения, изображена на рисунке 4.33.

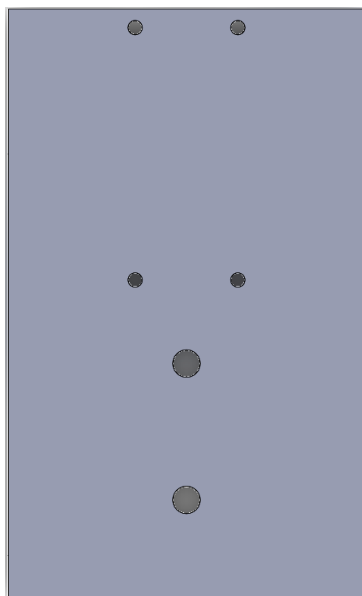


Рисунок 4.32 – Монтажная пластина

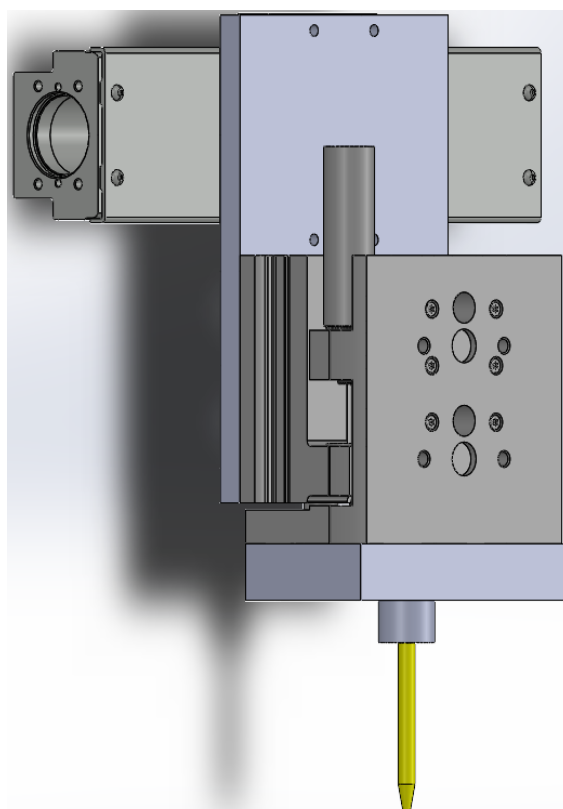


Рисунок 4.33 – Верхний сварочный контура с возможностью линейного перемещения

Также необходимо, проверить выдержит ли актуатор нагрузку создаваемую пневмоцилиндром. Для этого нужно найти момент силы воздействующий на участок, изображенный на рисунке 4.34.

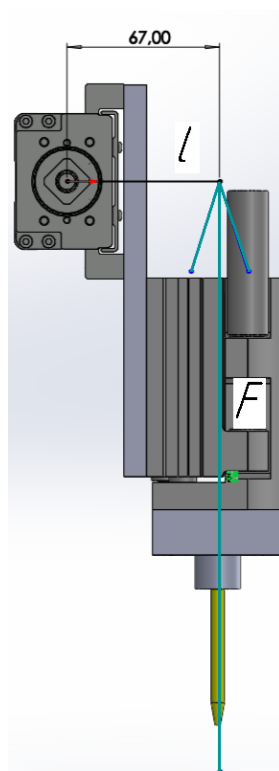


Рисунок 4.34 – Участок подверженный нагрузке

$$M_C = F \cdot l = 600 \text{ Н} \cdot 0,067 \text{ м} = 40,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

В технических характеристиках актуатора, таблица 4.13, указан допустимый статический момент (M_C), момент воздействующий на актуатор не превышает допустимый статический момент. Исходя из вышеперечисленных данных, можно сказать, что актуатор выдерживает нагрузку создаваемую пневмоцилиндром.

4.3.3 Фиксация заготовки

Для достижения высокой точность и повторяемости сварочного процесса необходимо обеспечить фиксацию заготовки. Для этого будут использоваться пневмоцилиндр и электроприводы с прижимами, которые будут придавать необходимую форму заготовки.

Спроектирован прижим для нижнего пневмоцилиндра с вырезом для неподвижного электрода и отверстиями для крепежа к пневмоцилиндру, изображён на рисунке 4.35. Прижим имеет полость для загонки и возможность модифицировать диаметр выреза.

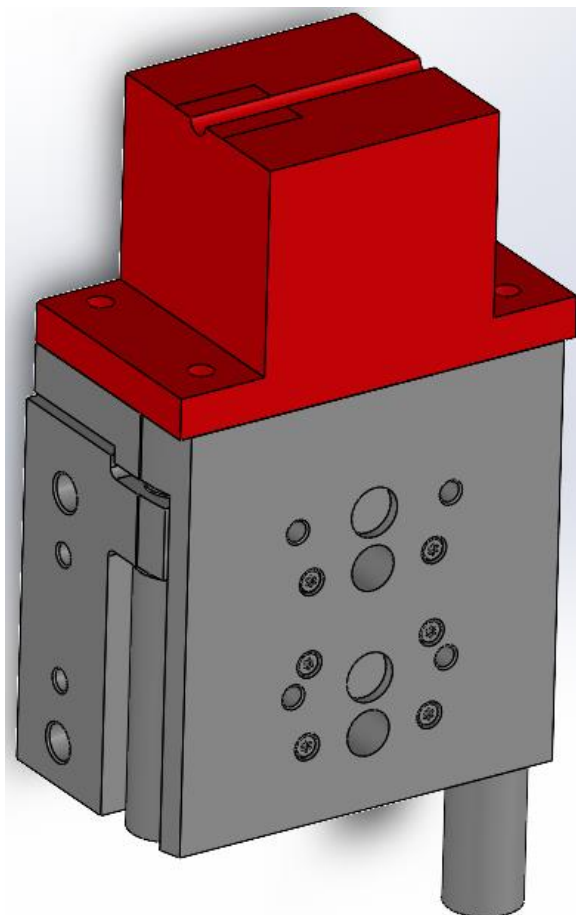


Рисунок 4.35 – Нижний пневмоцилиндр с прижимом

Для электроприводов спроектированы прижимы с вырезом для неподвижного электрода и отверстиями для крепежа, изображены на рисунке 4.36. Установка прижимов к электроприводам осуществляется с помощью удлинителей, без них затрудняется доступ оператора к рабочей зоне. Прижимы предназначены для предания формы заготовки. Их можно модифицировать под различные диаметры электрода.

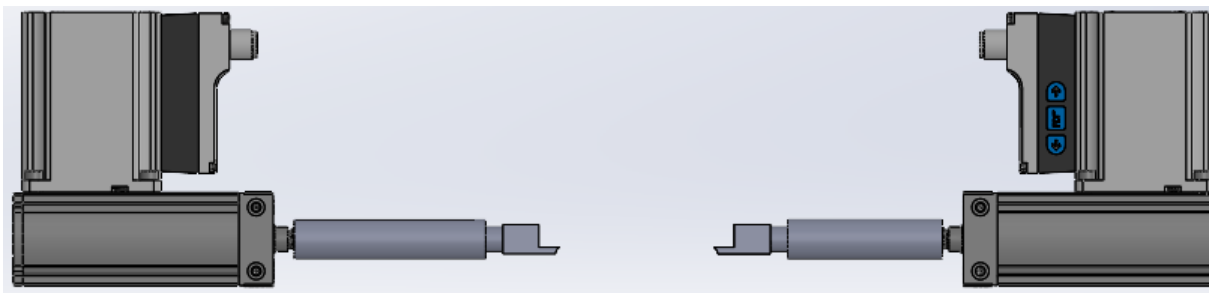


Рисунок 4.36 – Электроприводы с прижимами

Для изготовления прижима нижнего пневмоцилиндра используется ABS пластик. Необходимо проверить выдержит ли прижим нагрузку создаваемую пневмоцилиндром. На рисунке 4.37 показан результат исследования максимального напряжения по Мизесу, равный 1,737 МПа, на участок изображенный на рисунке прилагалась сила 600 Н. С помощью этих данных рассчитан запас прочности:

$$K_{\text{зп}} = \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{6 \text{ МПа}}{1,737 \text{ МПа}} = 3,454.$$

Если $K_{\text{зп}}$ – запас прочности, больше 1,5 то деталь выдерживает нагрузку.

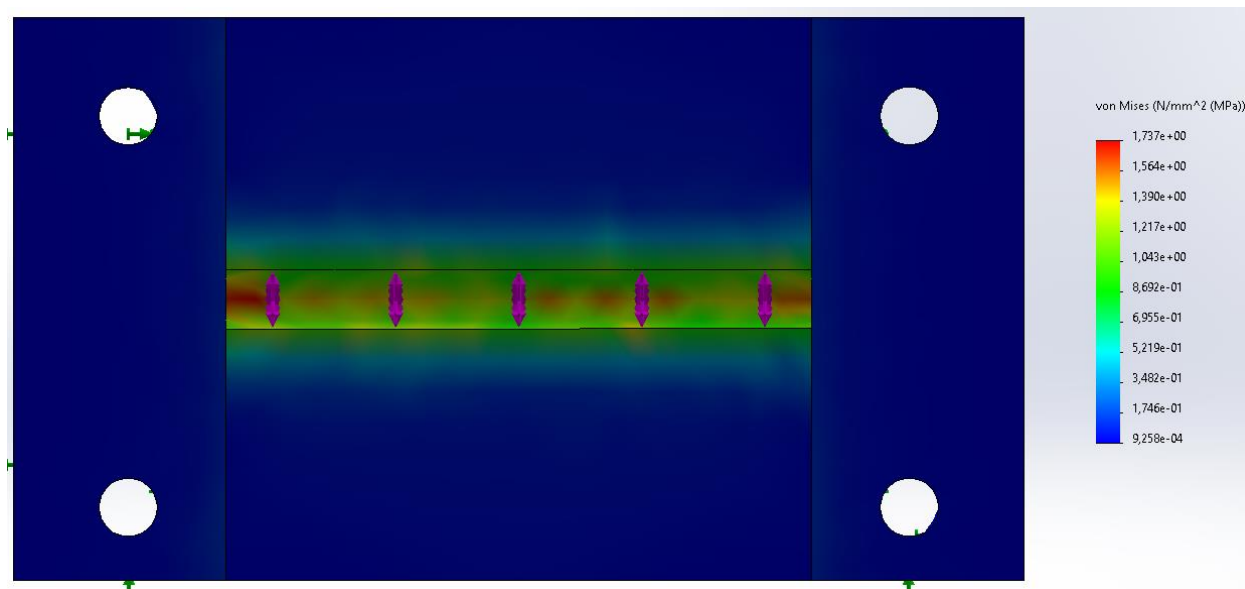


Рисунок 4.37 – Максимальное напряжение по Мизесу

Также было исследовано результирующее перемещение, результат исследования приведен на рисунке 4.38. Значение результирующего перемещения составило 6,655 мкм.

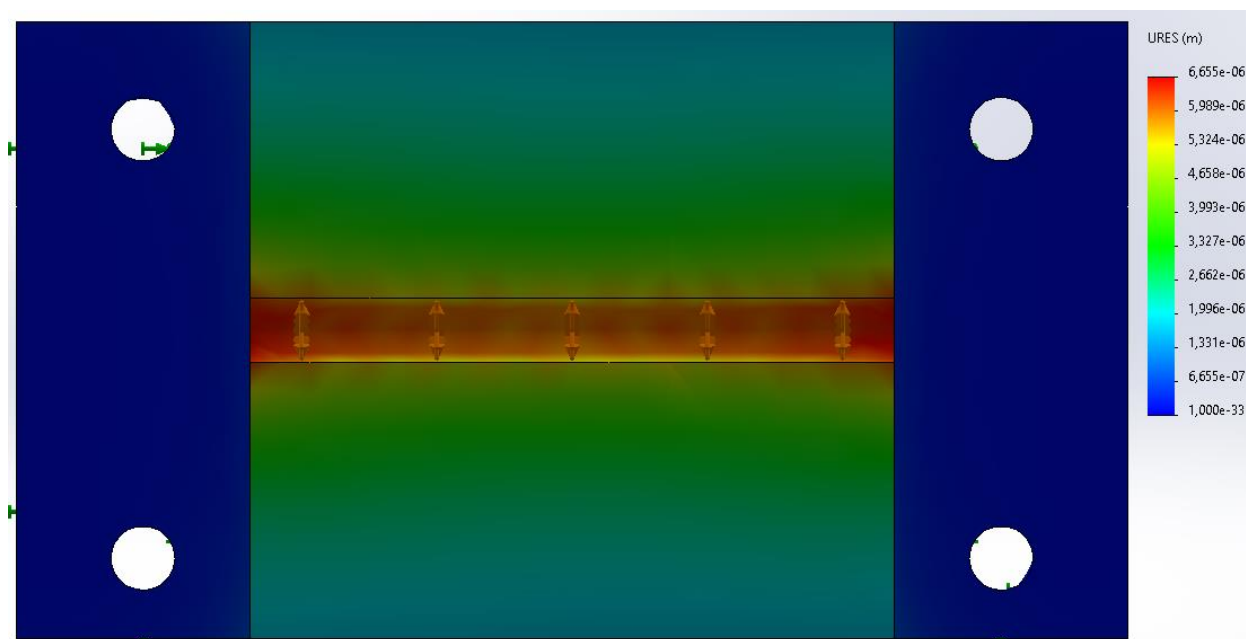


Рисунок 4.38 – Результирующее перемещение

Исходя из проведенных исследований можно сказать, что для изготовления прижима нижнего пневмоцилиндра можно использовать ABS пластик.

Исследования на максимальное напряжение по Мизесу и результирующее перемещение не проводились для прижимов электроприводов так как нагрузка, создаваемая электроприводами примерно равна 10 килограмм. Изготовить их можно из того же ABS пластика.

4.3.4 Корпус

Для объединения вышеперечисленного оборудования в систему автоматической микроконтактной сварки, спроектирован корпус, изображен на рисунке 4.39. Корпус имеет отверстия для крепления электрододержателей, вышеперечисленного оборудования, возможность модификации диаметра неподвижного электрода и отверстия для крепления к столу.

Электрод устанавливается в электрододержатели, изображенные на рисунке 4.40, 4.41, а электрододержатели устанавливаются в отверстия корпуса, и могут модифицироваться под различные диаметры электрода.

Также необходимо проверить выдержит ли корпус, нагрузку, создаваемую фронтальным сварочным контуром. Для этого проведено исследование максимального напряжения по Мизесу, материал ABS пластик, результаты показаны на рисунке 4.42.

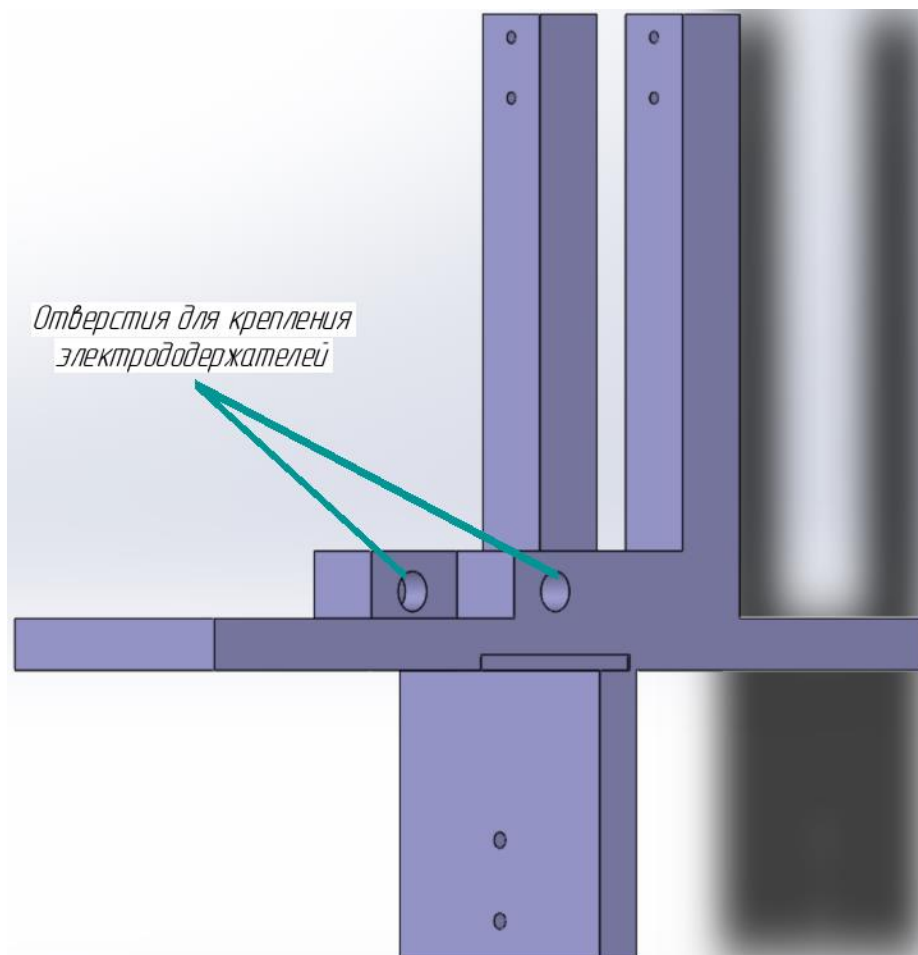


Рисунок 4.39 – Корпус

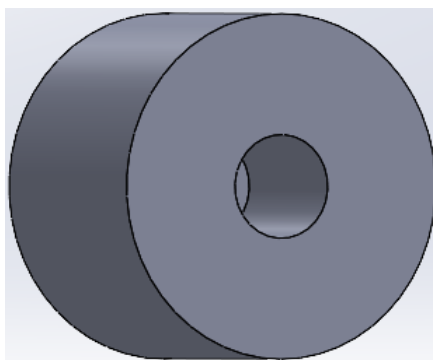


Рисунок 4.40 – Электрододержатель

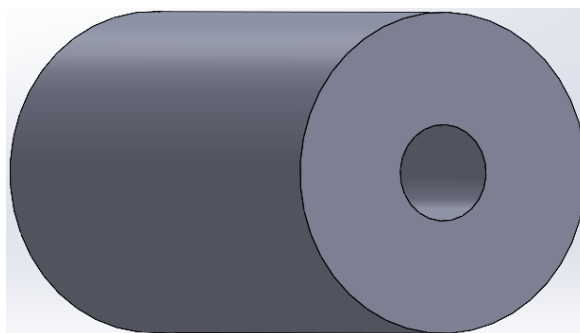


Рисунок 4.41 – Электрододержатель

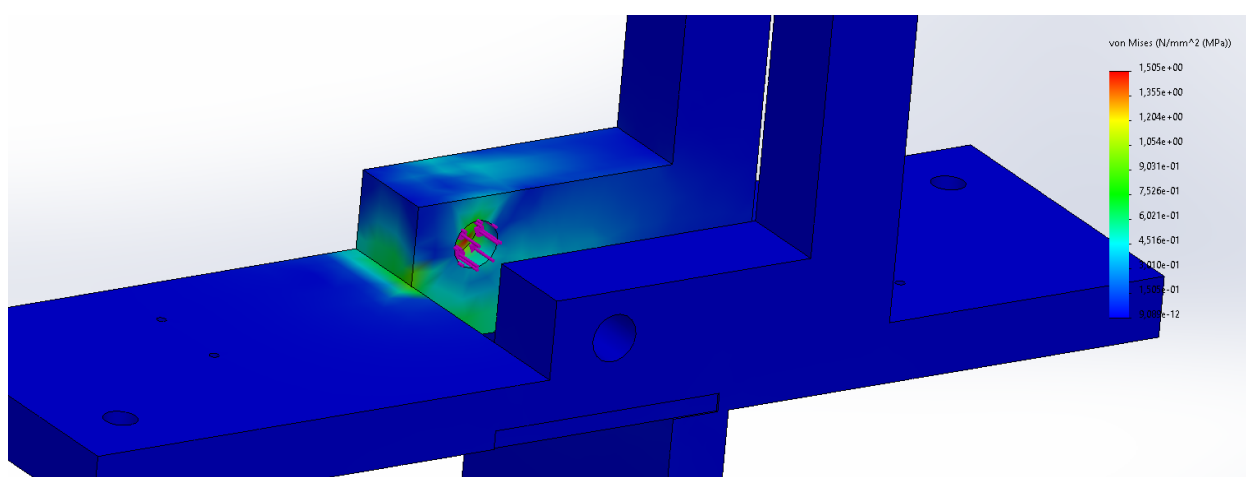


Рисунок 4.42 – Максимальное напряжение по Мизесу

На рисунке 4.42 показан результат исследования максимального напряжения по Мизесу, равный 1,505 МПа, на участок изображенный на рисунке прилагалась сила 600 Н. С помощью этих данных рассчитан запас прочти:

$$K_{зп} = \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_{max}} = \frac{6 \text{ МПа}}{1,505 \text{ МПа}} = 3,986.$$

Если $K_{зп}$ – запас прочности, больше 1,5 то деталь выдерживает нагрузку.

Также было исследовано результирующее перемещение, результат исследования приведен на рисунке 4.43. Значение результирующего перемещения составило 31,04 мкм.

Исходя из проведенных исследований можно сказать, что для изготовления корпуса можно использовать ABS пластик.

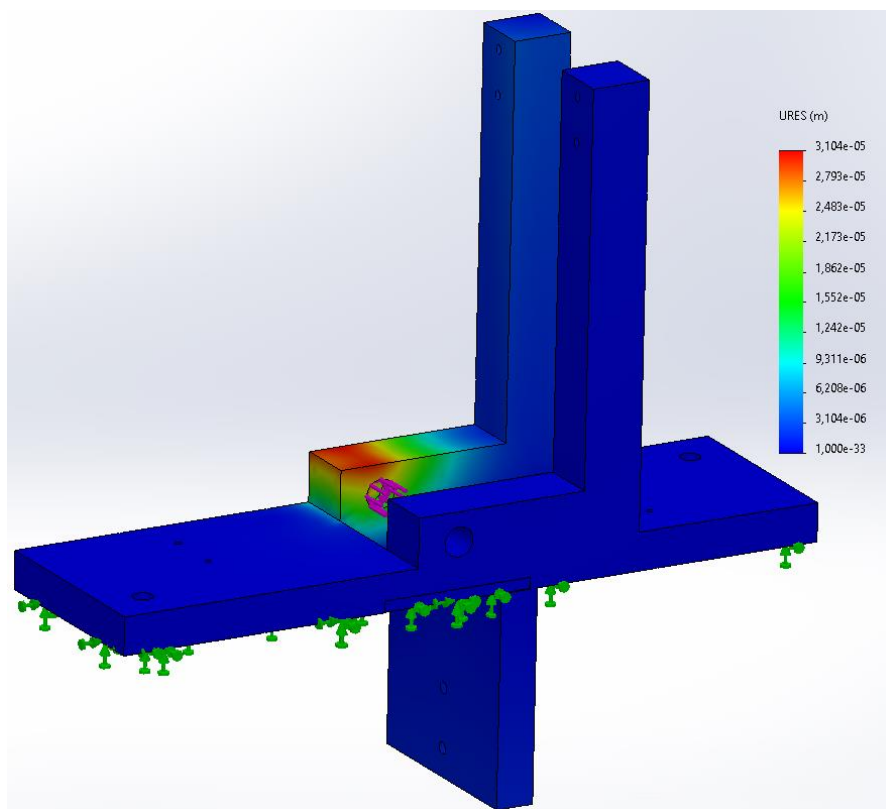


Рисунок 4.43 – Результирующее перемещение

Для изготовления электрододержателя изображенного на рисунке 4.41 используется ABS пластик, так как основную нагрузку на себя принимает электрододержатель с рисунка 4.40. Для изготовления электрододержателя изображенного на рисунке 4.40 используется латунь, так как на этот электрододержатель прилагается нагрузка с фронтального сварочного контура.

Также к корпусу относится стойка для фронтального сварочного контура, изображена на рисунке 4.43, она необходима для установки сварочного контура на нужную высоту относительно центра неподвижного электрода. Стойка имеет отверстия для крепления к столу и пневмоцилиндру.

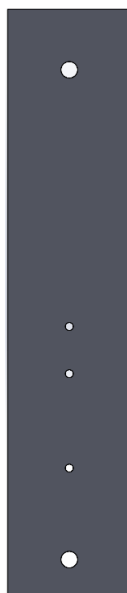


Рисунок 4.44 – Стойка фронтального сварочного контура

Итоговая модель автоматической микроконтактной сварки изображена на рисунке 4.45.

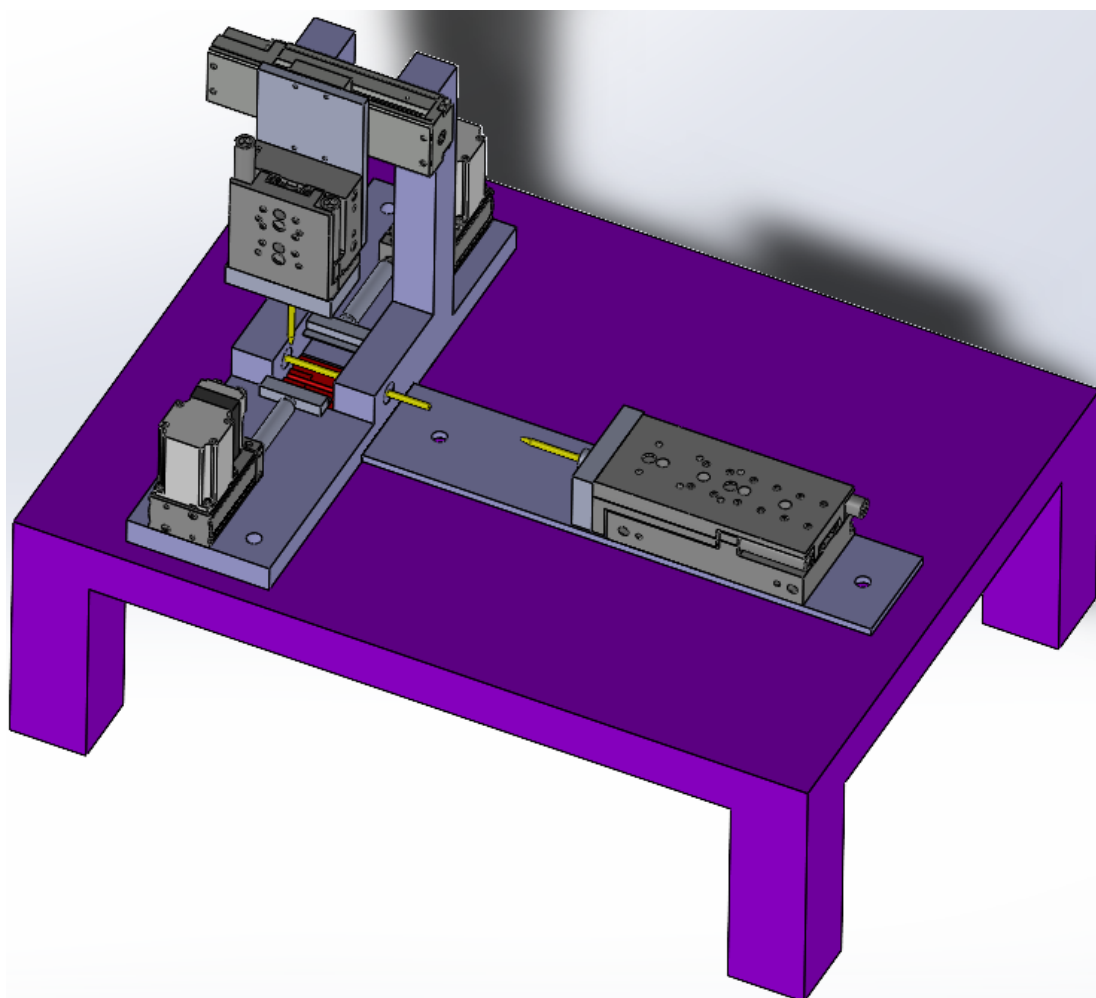


Рисунок 4.45 – Система автоматической микроконтактной сварки

На рисунке 4.46 показано, где установлены датчики положения. Датчики тока подключаются к выходу источника питания. Датчики давления установлены в блок управления.

ДП – Датчик положения.

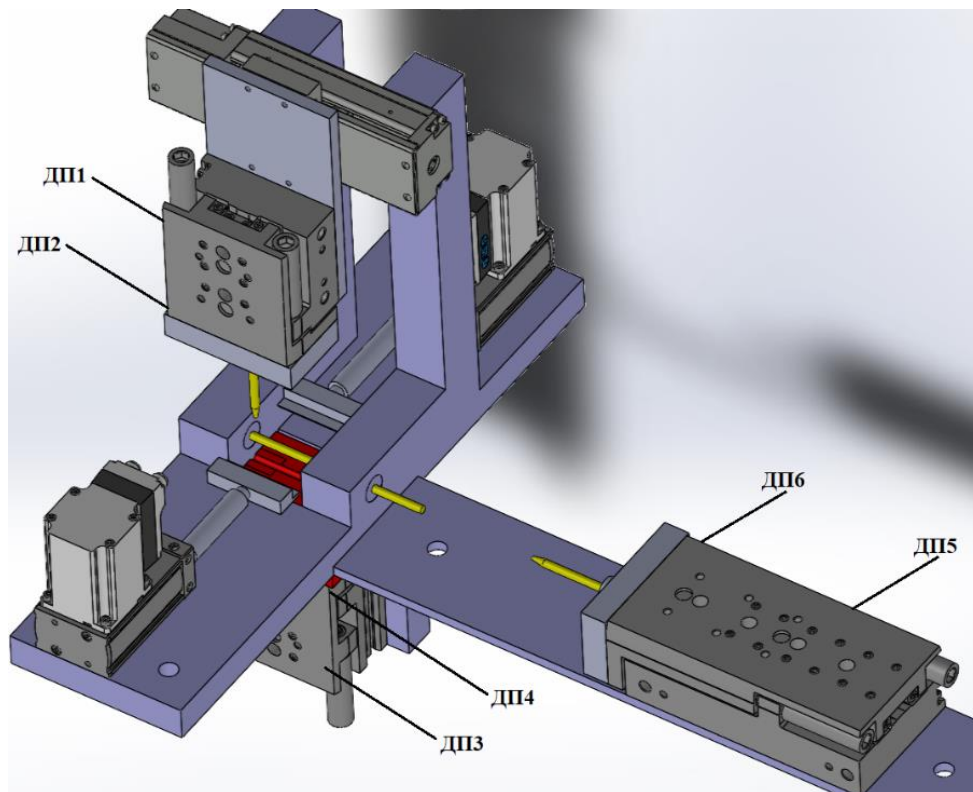


Рисунок 4.46 – Расположение датчиков

Расположение основных элементов системы изображено на рисунке 4.47:

- МУ – место для установки заготовки;
- НП – нижний пневмоцилиндр;
- ЭП – электропривод;
- ВСК – верхний сварочный контур;
- ФСК – Фронтальный сварочный контур;
- ШМ – шаговый мотор.

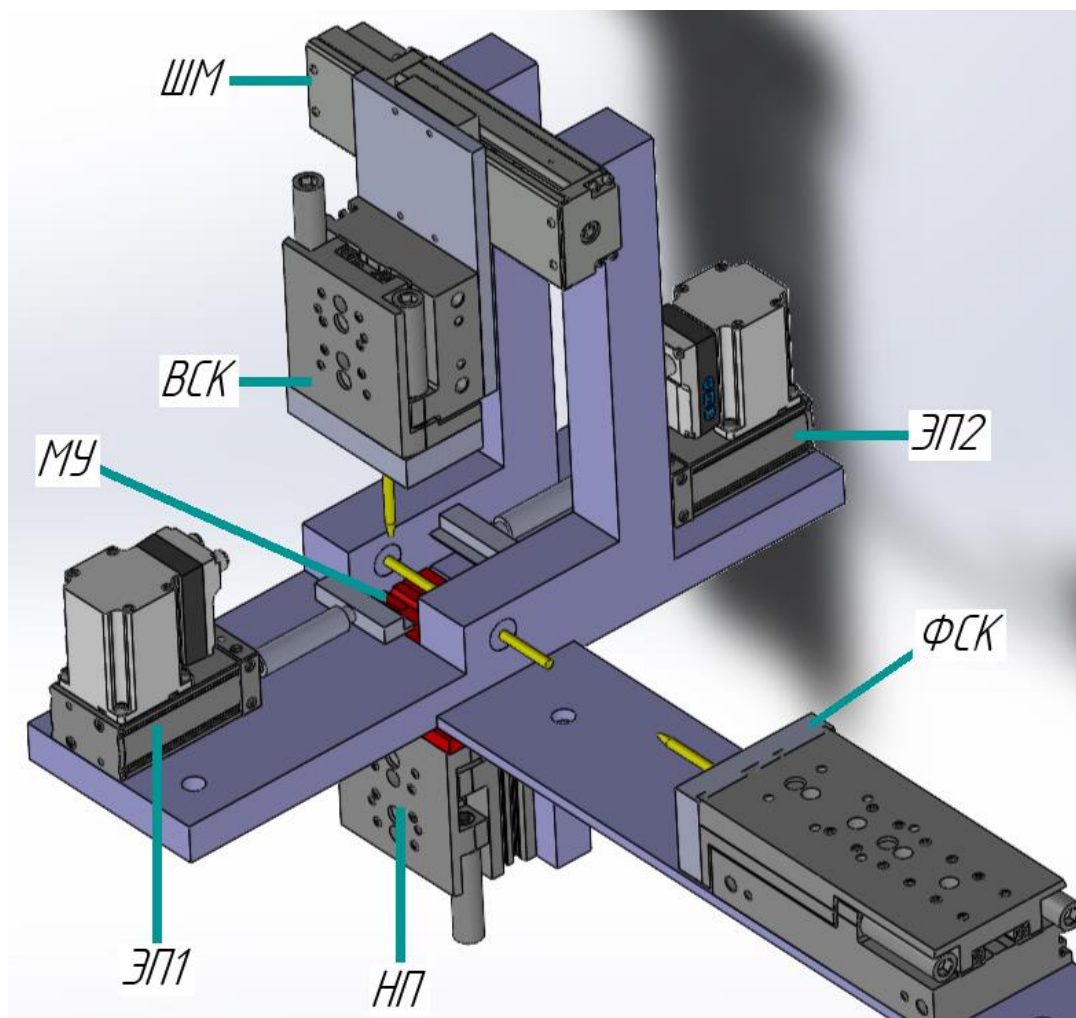


Рисунок 4.47 – Расположение основных элементов системы

Алгоритм работы и функциональная схема автоматизации разработанной системы автоматической микроконтактной сварки изображены на рисунках А.1, А.2 (Приложение А).

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В91	Абдугалиш Асылхан Маратулы

Школа	Бакалавр	Отделение школы (НОЦ)	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Уровень образования		Направление/специальность	

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материальные затраты 2680 руб. Затраты на спецоборудование 847 550 руб. Основная заработная плата исполнителей НИ 196691 руб. Дополнительная заработная плата исполнителей тема 25034 руб. Отчисления во внебюджетные фонды 51820 руб. Накладные расходы 35 960,8 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент города Томска – 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования, анализ конкурентных технических решений, SWOT – анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цель и результат НТИ
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование сметы затрат
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
7. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Абдугалиш Асылхан Маратулы		

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение по разделу

В разделе "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение" необходимо провести оценку перспективности научно-исследовательской работы, определить потенциального потребителя и конкурента, провести SWOT-анализ, подсчитать затраты на разработку и оценить экономическую эффективность разработки.

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

В разработке данного исследовательского проекта участвует группа из двух человек: руководитель и студент.

Одной из целей раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательской работы, а также снижение затрат и повышение качества и эффективности. Важным аспектом является также определение возможных рисков и разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет затрат на исследования;
- произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевым рынком результатов разработки автоматической системы контактной точечной микросварки являются предприятия, где есть необходимость сваривания деталей малой толщины с высоким качеством сварного соединения, такие как предприятия, производящие автомобили, авиатехнику, другие виды транспорта, а также предприятия сферы приборостроения.

Исходя из сфер использования, а также размера компаний, возможно составить карту сегментирования рынка, таблица 5.1.

Таблица 5.1 – Сегментирование рынка

		Сфера использования		
		Машиностроение	Приборостроение	Авиационное
Классификация организации	Частные малые предприятия	-	-	-
	Частные крупные предприятия	+	+	-
	Государственные предприятия	+	+	+

Исходя из получившейся карты сегментирования рынка, наиболее привлекательными являются государственные и крупные частные организации в сфере машиностроения, так как такие компании в большей степени направлены на автоматизацию производства и готовы к затратам.

Результаты сегментирования:

– основные сегменты: государственные и крупные частные организации, работающие в сферах машиностроения, приборостроения;

- основные усилия по разработке автоматической системы микроконтактной сварки будут направлены на частные организации, работающие в сфере машиностроения;
- в будущем разработку планируется внедрит и в сферу приборостроения.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных решений позволяет оценить эффективность разработки и определить направления для ее улучшения в плане ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в приложении Б, таблица Б.1.

В таблице представлены основные конкуренты и критерии оценки конкурентной способности. Каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей определяется в соответствии с их значимостью и в сумме составляет единицу.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i , \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основными конкурентами являются немецкая компания Matuschek Mestechnik GmbH, а также американская Sunstone Engineering. У которых есть схожие системы сварки.

$$K_p = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 4,3;$$

$$K_{K1} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,15;$$

$$K_{K2} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 4,2;$$

По таблице Б.1 (Приложение Б) видно, что разрабатываемая автоматическая система сварки может конкурировать с решениями от других компаний. Главным преимуществом является цена, а также более высокая производительность труда. Наиболее низкая оценка оказалась по критерию универсальности, так как для каждого случая необходимо модифицировать систему. Также стоит отметить тот факт, что сейчас множество компаний уходят с российского рынка, что делает более выгодным разрабатываемый продукт.

5.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Матрица SWOT – анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Высокая степень автоматизации процесса; С2 Система умеет большее количество параметров для контроля качества; С3. Разработка технологии с опытным руководителем; С4. Нетребовательность к квалификации рабочего.	В1. Повышение стоимости конкурентных разработок; В2. Появление дополнительного спроса из-за ухода иностранных компаний с российского рынка; В3. Нетребовательность к квалификации оператора позволяет легко приспособить данный метод к использованию в других странах. В4. Ориентированность государства на импортозамещение;
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Узко направленность решения; Сл2. Сложность в адаптации существующего оборудования; Сл3. Не большой опыт в данной сфере.	У1. Ограничения на экспорт технологии; У2. Возвращение иностранных компаний на российский рынок; У3. Ограничения на покупку оборудования для проведения испытания опытного образца.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надёжность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 5.3, 5.4.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

	Сильные стороны					Слабые стороны		
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	+	+	+	-	+	-
	B2	+	+	-	+	+	0	-
	B3	+	-	+	+	+	-	+
	B4	+	+	+	-	-	-	+

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и угроз

	Сильные стороны					Слабые стороны		
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	0	-	+	+	+
	У2	+	0	-	-	-	-	+
	У3	+	+	-	+	+	+	+

Самой большой угрозой для разработки автоматической системы сварки являются ограничения на покупку оборудования для проведения испытания опытного образца. Что касается слабых сторон, то оборудования полностью подходящего нет в производстве, из-за чего необходимо адаптировать существующие, что замедляет процесс.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT – анализа, представленная в приложении Б, таблица Б.2.

5.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным работ приведен в приложении Б, таблица Б.3.

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющих данные работы.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

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

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

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

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

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

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

Получившиеся временные показатели научного исследования приведены в таблице Б.4 (Приложение Б).

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

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

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

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - (118 + 14)} = 1,56; \quad (5.6)$$

Получившейся график представлен в таблице Б.5 (Приложение Б).

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

5.2.5 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Материальные затраты представлены в таблице 5.5.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + K_T) \sum_{i=1}^m Ц_i N_{\text{расх}i}, \quad (5.7)$$

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 (шт., кг, м, м² и т.д.);

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

K_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, примем данный коэффициент равным 0.2.

Общие материальные затраты основного проекта составили 2680 руб.

Таблица 5.5 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Цена за ед., руб.			Количество			Затраты на материалы, (Зм), руб		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага офисная, упаковка 500 листов	Шт.	330	330	330	1	2	2	330	660	660
Канцелярский набор	Шт.	950	950	950	1	1	2	950	950	1900
Картридж для лазерного принтера	Шт.	1400	1400	1400	1	1	1	1400	1400	1000
Итого								2680	3010	3560

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов). При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении работы имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Специальное оборудование, которое необходимо закупить приведено в таблице Б.6 (Приложение Б). Получившееся значение стоимости 847 550 рублей.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (5.8)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot И}{12} \cdot m, \quad (5.9)$$

где $И$ – итоговая сумма, тыс. руб.:

m – время использования, мес.

Для вычисления амортизационных отчислений за период написания выпускной квалифицированной работы, требуется умножить ежемесячные амортизационные отчисления на время, отведенное на написание работ (3 месяца).

Амортизационные отчисления приведены в таблице Б.7 (Приложение Б).

Сумма амортизационных отчислений за период выполнения ВКР составила 19 141,75 рублей.

5.2.7 Основная заработная плата исполнителей темы

Затраты на заработную плату включают в себя основную и дополнительную заработные платы, а также отчисления от заработной платы.

Заработная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

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

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (15% от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (5.11)$$

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5.12)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (5.13)$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

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

Примем ставку на должность лаборант-исследователь равную 14 900 рублей. Ставка для научного сотрудника со степенью кандидата наук 28 550.

Месячный должностной оклад руководителя ВКР, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 28550 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 55672 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад лаборанта-исследователя, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 14990 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29230 \text{ руб}$$

Баланс рабочего времени приведен в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	48 7
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	192

Среднедневная заработная плата руководителя ВКР, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{55672 \cdot 10,4}{199} = 2909 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата лаборанта-исследователя, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{29230 \cdot 10,4}{192} = 1583 \text{ руб}$$

Из приложения Б, таблица Б.3 рабочее время для руководителя – 22 раб. дней, для лаборанта-исследователя – 65 раб. дней.

Основная заработная плата научного руководителя составила, руб.:

$$З_{\text{осн}} = 2909 \cdot 22 = 63998 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата лаборанта-исследователя составила, руб.:

$$З_{\text{осн}} = 1583 \cdot 65 = 102895 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы сотрудников приведен в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Расчет основной заработной платы сотрудников

Исполнители	$Z_{тс},$ руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	$Z_m,$ руб.	$Z_{дн},$ руб.	$T_p,$ раб. дн.	$Z_{осн},$ руб.
Научный руководитель	14 900	0,3	0,2	1,3	55672	2909	22	63998
Лаборант- исследователь	28 550	0,3	0,2	1,3	29230	1583	65	102895
Итого $Z_{осн},$ руб.								196691

5.2.8 Расчет дополнительной заработной платы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимается равным 0,15;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

Дополнительная заработная плата научного руководителя составила, руб.:

$$Z_{доп} = 0,15 \cdot 63\,998 = 9\,600 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата лаборанта-исследователя составила, руб.:

$$Z_{доп} = 0,15 \cdot 102\,895 = 15\,434 \text{ руб.}$$

5.2.9 Отчисления на внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году, водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Итого, руб.
Руководитель проекта	63998	9600	0,27	19871
Лаборант- исследователь	102895	15 434		31949
Итого				51820

5.2.10 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице 5.9.

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{накл} = \left(\sum \text{статей} \div 5 \right) \cdot k_{нр}, \quad (5.16)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таблица 5.9 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Затраты на специальное оборудование, руб.	Материальные затраты, руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	Итого без накладных расходов, руб.
847 550	2 680	196 691	25 034	51 820	1 123 775

Затраты по статьям представлены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 - Бюджет затрат проекта

№ п/п	Наименование статьи	Сумма, руб.
1	Материальные затраты	2 680
2	Затраты на специальное оборудование	847 550
3	Затраты по основной заработной плате	196 691
4	Затраты по дополнительной заработной плате	25 034
5	Отчисления во внебюджетные фонды	51 820
6	Накладные расходы	35 960,8
Бюджет затрат проекта: 1 159 735,8 руб.		

Себестоимость проекта составляет 1 159 735,8 руб. Основные затраты приходятся на специальное оборудование.

5.2.11 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

Рассчитаем интегральный показатель для трех вариантов по формуле 5.16:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{1\,159\,735,8}{1\,273\,869} = 0,91;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{1\,193\,790}{1\,273\,869} = 0,94;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{1\,273\,869}{1\,273\,869} = 1;$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.18)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы, таблица 5.11.

Таблица 5.11 – Оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
Качество сварного соединения	0,25	5	4	4
Повышение производительности труда	0,2	5	5	4
Надежность оборудования	0,15	4	3	4
Универсальность метода	0,2	3	4	4
Удобство эксплуатации	0,2	5	3	4
Качество сварного соединения	0,25	5	4	4
Итого	1			

По данным из таблицы 5.11 определяется интегральный показатель ресурсоэффективности для текущего проекта:

$$I_{p-\text{текущ.проект}} = 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 = 4,45;$$

$$I_{p-\text{исп1}} = 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 = 3,85;$$

$$I_{p-\text{исп2}} = 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 = 4.$$

В результате расчетов интегральных показателей ресурсоэффективности по трем вариантам разработки текущий проект является более приемлемым с точки зрения ресурсной эффективности.

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

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p-\text{текущ.проект}}}{I_{\text{фин.р}}} = \frac{4,45}{0,91} = 4,89;$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{фин.р}}} = \frac{3,85}{0,94} = 4,1;$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{p-\text{исп2}}}{I_{\text{фин.р}}} = \frac{4}{1} = 4.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность

проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных по формуле 5.18:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}}, \quad (5.19)$$

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,91	0,94	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45	3,85	4
Интегральный показатель эффективности	4,89	4,1	4
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,83	0,81

Как видно из расчетов, использование данной разработки является наиболее оптимальным и целесообразным решением.

Заключение по разделу

В разделе "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение" проведена оценка перспективности научно-исследовательской работы, определены потенциальные потребители и конкуренты технических решений.

В качестве потребителей выступают государственные и крупные частные организации, работающие в сфере машиностроительного производства. При SWOT-анализе была выявлена основная угроза - ограничения на покупку оборудования для проведения испытания опытного образца.

Были подсчитаны затраты на разработку, которые составили 1 159 735,8 рублей. Основная статья расходов – специальное оборудование (847 550 рублей), на втором месте – заработная плата сотрудников (196 691 рублей).

Также была проведена оценка экономической эффективности разработки, которая по сравнительному показателю превосходит другие технические решения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 1В91		ФИО Абдугалиш Асылхан Маратулы	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка автоматической системы микроконтактной сварки	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	<i>Объект исследования:</i> автоматическая система микроконтактной сварки <i>Область применения:</i> сварочное производство <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение <i>Размеры помещения 12 × 12</i> <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> источник питания, программируемый логический контроллер, пневмопривод, актуатор, датчики: тока, напряжения, давления, усилия. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> сварочный процесс, измерение параметров сварки.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022) ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 23000-78 Система «человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования. ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные факторы: 1. Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха. 2. Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в

	производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; 3. Производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с повышенным образованием электростатических зарядов. Опасные факторы: 1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; 2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие высоковольтного разряда в виде дуги; Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: защитная маска сварщика, перчатки, респиратор, средства защиты органов слуха (затычки, беруши), защитная обувь, защитная одежда (накидки, халаты).			
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: низкая степень негативного воздействия на среду обитания (IV класс предприятия). Ориентировочный размер санитарно-защитной зоны 100 м. Воздействие на литосферу: образование отходов в виде остатков металла и электродов; Воздействие на гидросферу: загрязнение воды при охлаждении электрода; Воздействие на атмосферу: загрязнение от пыли, аэрозолей металлов и их окислов.			
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Техногенные аварии (аварии на коммунально-энергетических сетях, пожары (взрывы) и обрушения крыш зданий). Наиболее типичная ЧС: пожары и взрывы.			
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику				
Задание выдал консультант:				
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Абдугалиш Асылхан Маратулы		

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение по разделу

Сущность выпускной квалификационной работы заключается в создании автоматической системы микроконтактной сварки. Итоговое решение обладает высокой эффективностью и точностью сварочного процесса. Применение разработанной системы позволяет снизить количество брака, улучшить качество сварочных соединений и повысить производительность процесса, что приводит к сокращению затрат и повышению конкурентоспособности предприятий.

Область применения распространяется на такие отрасли промышленности, как машиностроение и приборостроение. Рабочая зона производственного помещения составляет около 12×12 м².

Для выполнения и контроля процесса сварки используется следующие оборудование: источник питания, электроды, программируемый логический контроллер, пневмопривод, актуатор, а также датчики: тока, напряжения, давления и усилия. Процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: сварочный процесс, измерение параметров сварки.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Каждый работник, согласно Трудовому Кодексу РФ [16], имеет ряд прав, которые гарантируют ему социальную защиту и содействуют наилучшим условиям труда.

В первую очередь, работник имеет право на обязательное социальное страхование в случаях, предусмотренных федеральными законами. Это обеспечивает ему надежную защиту от несчастных случаев, болезней, инвалидности и других форс-мажорных обстоятельств.

Важным моментом является обеспечение права каждого работника на справедливые условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. Работодатель обязан обеспечить сотрудников всем необходимым оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами для их работы. Кроме того, работнику положено своевременное обеспечение средствами индивидуальной защиты, за счет средств работодателя, а также определенное оснащение места работы средствами коллективной защиты.

Кроме того, права работника включают предоставление полной и достоверной информации об условиях труда и требованиях охраны труда на рабочем месте. Это включает не только информацию о правилах охраны труда, но и информацию о квалификационных требованиях, условиях оплаты труда и всей выборке социальных льгот и гарантий.

Работник имеет право на получение заработной платы не реже двух раз в месяц в соответствии с трудовым договором, а также на оплачиваемый ежегодный отпуск. Кроме того, работник вправе требовать оплаты сверхурочных работ, а также времени отдыха после их выполнения.

Также нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, при этом в течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Для гарантированной безопасности работающих при контактной сварке необходимо соблюдать требования, которые прописаны в ГОСТ 12.3.003 - 86 [17].

При организации процессов контактной сварки машины должны быть оборудованы защитными экранами, предохраняющими работающих от брызг расплавленного металла, магнитного излучения и других вредных факторов.

Если экраны перемещаются в процессе работы, то усилие на перемещение не должно превышать 40 Н.

Допустимые нормы воздухообмена следует учитывать при сварке различных материалов. При контактной сварке черных металлов с чистой поверхностью необходима общеобменная вентиляция помещения с воздухообменом 600 м³/ч на каждые 50 кВА. В свою очередь, при сварке цветных металлов и черных металлов с покрытиями следует производить работу при наличии местной вытяжной вентиляции, удаляющей сварочный аэрозоль непосредственно от источника его образования.

Кроме того, важно размещать оборудование и многопостовые источники питания с учетом безопасности работающих. Ширина проходов должна быть не менее 1,5 м.

Также необходимо принимать меры, чтобы избежать воздействия опасных и вредных факторов на работающих, если сварка осуществляется в одном помещении с другими работами.

Для обеспечения правильного расположения и компоновке рабочей зоны необходимо воспользоваться ГОСТ 12.2.032-78 [18] и ГОСТ 23000-78 [19]. Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля, то есть в пределах 400 мм от края рабочей поверхности. При работе оператора в положении сидя органы управления на фронтальной панели. Для средств отображения информации применяют следующие требования, очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом +/- 15° от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом +/- 15° от сагиттальной плоскости, также по ГОСТ 22269-76 [20] средства отображения информации необходимо группировать и располагать группы относительно друг друга в соответствии с последовательностью их использования или с функциональными связями элементов систем, которые они представляют.

Согласно ГОСТ 12.2.049-80 [21] конструкция органов управления должна учитывать:

- требуемую точность и скорость движений при осуществлении управления, а также частоту использования органа управления;
- допустимые динамические и статические нагрузки на двигательный аппарат человека;
- антропометрические характеристики двигательного аппарата человека; необходимость быстрого распознавания органов управления, формирования и закрепления навыков по управлению.

6.2 Производственная безопасность

Все травмы и заболевания, связанные с процессом труда, возникают из-за неблагоприятного воздействия на организм человека различных факторов производственной среды и трудового процесса. Согласно СП 2.2.3670-20 [22] при разработке и внедрении технологических и технических мероприятий необходимо устранять, предотвращать или уменьшать опасность в источнике образования и распространения вредных и (или) опасных производственных факторов.

В приказе от 11 декабря 2020 г. N 884н. [23] приведены опасные и вредные факторы при выполнении сварочного процесса. Данные факторы квалифицированы в соответствии с ГОСТом 12.0.003-2015 [24] и занесены в таблицу В.1 (Приложение В).

6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.3.1 Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха

При плавлении металлов выделяются вредные газы, такие как оксиды азота, оксиды углерода.

По ГОСТ 12.1.005-88 [25], пары оксида азота относятся к классу опасности 3. Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны 5 мг/м³. В тоже время пары оксида углерода уже относятся к 4 классу опасности. Предельно допустимая концентрация которых в воздухе рабочей зоны 20 мг/м³.

Эти газы могут вызвать различные заболевания, включая раздражение глаз, кожи и дыхательных путей, а также болезни легких и сердца.

Поэтому при точечной сварке необходимо соблюдать меры безопасности, такие как использование защитной маски и вентиляции помещения.

6.3.2 Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания.

Источниками шума на сварочном производстве являются сварочные машины. Повышенный шум высокочастотного характера создают машины для точечной электросварки с пневматическими приводами.

По СанПиН 1.2.3685-21 [26] работы в условиях воздействия эквивалентного уровня шума выше 80 дБА не допускаются.

Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты.

Для минимизации воздействия фактора необходимо использовать звукопоглощающие конструкции, акустические экраны, средства индивидуальной защиты.

6.3.3 Производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с повышенным образованием электростатических зарядов

Одним из источников электромагнитного излучения при контактной сварке является источник питания.

По СанПиН 1.2.3685-21 [26] напряженности электрических и магнитных полей на рабочем месте, не должны превышать 5,0 кВ/м и 80,0 А/м соответственно.

Продолжительное воздействие электромагнитных излучений может оказывать отрицательное воздействие на организм человека, проявляющееся в виде усталости, нарушения сна, головных болей, нервно-психических расстройств.

Для минимизации воздействия электромагнитного излучения на организм человека могут применяться различные меры. Можно использовать защитные экраны, которые помогают снизить уровень излучения. Также можно использовать специальную одежду и обувь, которые защищают от электромагнитного излучения.

6.3.4 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие высоковольтного разряда в виде дуги, согласно ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016) [27]

Вторичное напряжение контактных машин мало и безопасно для жизни. Однако в случае пробоя первичной обмотки сварочного трансформатора на вторичную возможно попадание высокого напряжения на вторичный контур и корпус машины.

Поражение электрическим током, является основной травмой данного фактора.

При работе со сварочным оборудованием всегда необходимо соблюдать меры предосторожности, использовать соответствующую защитную экипировку. Также должна быть надежная изоляция проводов и заземление корпуса источника питания.

6.3.5 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека, согласно ГОСТ Р 51337-99 [28]

Температура металла при точечной сварке может значительно изменяться в зависимости от многих факторов, включая толщину металла, скорость сварки, время сварки и другие параметры сварочного процесса.

Обычно температура металла в зоне сварки может достигать очень высоких значений, до 1500-2000 градусов Цельсия, что могут вызвать ожоги тканей человека.

Для минимизации влияния данного фактора необходимо:

- использование индивидуальных средств защиты, таких как защитная маска сварщика, перчатки, защитная обувь, защитная одежда;
- обучение работников правилам безопасности при работе с сварочным оборудованием, включая правила обращения с инструментами и средствами защиты, а также правила эксплуатации оборудования.

6.4 Экологическая безопасность

Предприятие, в котором находится производственное помещение, относится к объектам IV категории, имеет низкую степень негативного воздействия на среду обитания, ориентировочный размер санитарно-защитной зоны 100 м.

В связи с реализацией разработанной системы управления машиной микроконтактной сварки источники загрязнения подразделяются на твердые, жидкие и газообразные.

Твердые отходы: остатки металла в результате сварочных работ, включая изделия с дефектами, а также изношенные электроды.

Жидкие отходы: загрязненная вода в следствии охлаждения электродов.

Газообразные отходы: пыль, окислы и аэрозоли металлов, образовавшиеся в результате сварочных работ. На рабочем месте предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе составляет $1,0 \text{ мг/м}^3$ [29].

Согласно ГОСТ 17.0.0.01-76 [30] твердые промышленные и бытовые отходы подлежат утилизации путем переработки отходов во вторичном сырье. Металлические отходы идут на переплавку и повторное использование. Перед выбросом, газообразные отходы должны пройти обязательную очистку в фильтровентиляционных системах, чтобы защитить атмосферу от загрязнений. Поэтому, каждый сварочный пост должен иметь вытяжку с фильтрами, чтобы улавливать аэрозоли и пыль, которые выделяются в процессе сварки. Максимально допустимая концентрация вредных примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30%. Чтобы предотвратить загрязнение гидросферы, жидкие отходы направляются в городскую канализацию и подвергаются очистке на очистных сооружениях.

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Можно выделить следующие группы возможных ЧС:

– техногенные аварии – это неблагоприятные и неуправляемые процессы на технических объектах, такие как пожары, обрушения зданий, поражения электрическим током и взрывы.

Среди наиболее возможных чрезвычайных ситуаций во время сварочных работ является пожар и (или) взрыв. Причинами могут стать короткое замыкание, расплавленный металл при сварке, искры.

Для предотвращения пожара необходимо соблюдать следующие требования пожарной безопасности:

- необходимо убедиться, что рабочая область свободна от легковоспламеняющихся материалов, таких как бензин, керосин и другие летучие жидкости;
- необходимо проверять, что все электрические соединения в порядке и не имеют повреждений;
- перед началом работы необходимо убедиться, что заземление сварочного аппарата в порядке;
- запрещено работать вблизи влажных поверхностей или в местах с высокой влажностью;
- запрещено держать сварочный аппарат включенным без надзора.

При возникновении аварии или аварийной ситуации сотрудники должны:

- сообщить в пожарную охрану (телефон - 01 или 112);
- необходимо оповестить всех окружающих коллег о пожаре;
- попробовать, используя пожарные краны, огнетушители, подручные средства, потушить огонь, если сил потушить не хватает, то необходимо покинуть опасную зону;
- По прибытии пожарных объяснить, что и где горит.

Место проведения огневых работ должно быть обеспечено первичными средствами пожаротушения (огнетушитель, кошма, ящик с песком и лопатой, ведро с водой) и подготовлено для безопасного и удобного их выполнения (организованы удобные подходы, удалены мешающие предметы и т.д.). Для защиты оборудования и сгораемых конструкций от искр, следует использовать металлические щиты, листы или асбестовое полотно. На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [31] производственное помещение имеет категорию группы Г, возможный класс пожара Е. Вещества и материалы, находящиеся в помещении: негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, установки под напряжением. К первичным средствам пожаротушения

относятся огнетушители порошковые ОП-3(3) и углекислотные ОУ-1. Сварочные посты относятся к категории «Г», поэтому на данном участке должно быть не менее двух переносных огнетушителей, расположенных на видных местах на высоте не более 1,35 м.

Вывод по разделу

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были затронуты в данном разделе.

Категория производственного помещения по электробезопасности соответствует второму классу – «помещения с повышенной опасностью». Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать II группой допуска по электробезопасности. Присвоение II группы по электробезопасности производится путем обучения в учебном центре по программе не менее 72 часов. Подготовка может проводиться на предприятии силами своих специалистов и должна проходить не менее 20 часов. В присутствии сотрудника II группы могут работать сотрудники I группы.

Категория тяжести труда в производственном помещении по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [11] относится к категории Ib, то есть работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [16] производственное помещение имеет категорию группы Г, возможный класс пожара Е. К первичным средствам пожаротушения относятся огнетушители порошковые ОП-3(3) и углекислотные ОУ-1.

Промышленное предприятие, в котором находится производственное помещение, относится к объектам IV категории, оказывающих низкую степень

негативного воздействия на среду обитания. Ориентировочный размер санитарно-защитной зоны 100 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы произведен анализ требований к разрабатываемой системе автоматической микроконтактной сварки и изучены существующие системы. На основе этих данных подобрано оборудование, отвечающее требованиям. Проведены исследования для определения запаса прочности спроектированных деталей. Проведена оценка экономической эффективности разработки.

В результате работы была разработана система автоматической микроконтактной сварки обеспечивающая:

- высокую точность и повторяемость сварных соединений;
- контроль и регулирование основных параметров сварки, таких как ток, давление и время сварки;
- минимальные деформации и искажения в зоне сварки;
- высокую производительность сварки;
- работу в течение длительного времени;
- сварку деталей малого размера;
- доступ к основным компонентам системы, для обслуживания и регулирования;
- управление и мониторинг процесса сварки в режиме реального времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Регулятор давления Festo VPPE-3-1-1/8-6-420-E1 // Промышленная автоматизация URL: <https://industrialization.ru/557775/> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.
2. Распределитель с электроуправлением Festo VUVS-L20-M52-MD-G18-F7-1C1 // Промышленная автоматизация URL: <https://industrialization.ru/575264/> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.
3. Дроссель с обратным клапаном Festo GRLA-1/8-QS-6-D // Промышленная автоматизация URL: <https://industrialization.ru/193144/> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.
4. Мини-суппорт Festo DGST-25-20-PA // Промышленная автоматизация URL: <https://industrialization.ru/8085150/> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.
5. Мини-суппорт Festo DGST-25-100-PA // Промышленная автоматизация URL: <https://industrialization.ru/8081100/> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.
6. Electric cylinder unit // FESTO SE URL: https://www.festo.com/se/en/a/8102171/?q=~:sortByCoreRangeAndSp2020~:CC_Stroke_mm_C_FP_GLOBAL~:30.0 (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный
7. Электрод прямой для точечной сварки BlueWeld // svarma URL: <https://svarma.ru/product/ehlektrod-pryamoj-dlya-tochechnoj-svarki-blueweld-l-195-mm-d-12-mm.html> (дата обращения: 25.04.2023).
8. «ИМПУЛЬС-3» - источник тока контактной сварки инверторного типа // Технотрон. Завод сварочного оборудования URL: <http://технотрон.рф/catalog/kontaktnaja-svarka/istochnik-toka-kontaktnoj-svarki-invertornogo-tipa-impuls-3> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.
9. ПЛК210 контроллер для систем автоматизации // Контрольно-измерительные приборы ОВЕН URL: <https://owen.ru/product/plk160> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.

10. СПЗхх сенсорные панели оператора // ОВЕН оборудование для автоматизации URL: <https://owen.ru/product/sp3xx> (дата обращения: 25.04.2023).
11. TTC-KR - Пояс Роговского // Энергометрика URL: <https://www.energometrika.ru/catalog/ttc-kr-poyas-rogovskogo.html> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.
12. АДМ-100 СТРЕЛОЧНЫЙ МАНОМЕТР С АНАЛОГОВЫМ И ЦИФРОВЫМ ВЫХОДАМИ // Научно- Производственная Фирма. РАСКО URL: <https://packo.ru/katalog/adm-100-strelochnyy-manometr-s-analogovym-itsifrovym-vyihodami> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.
13. Proximity sensor SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE // FESTO SE URL: <https://www.festo.com/se/en/a/574335/?q=SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-OE~:festoSortOrderScored> (дата обращения: 25.04.2023). Текст: электронный.
14. Прецизионный актуатор LM модели SKR с сепаратором // THK URL: https://tech.thk.com/ru/products/pdf/ru_a02_004.pdf#7 (дата обращения: 25.04.2023).
15. Серво-шаговый двигатель CS-M22323 // Zetek URL: https://www.zetek.ru/catalog/elektroprivod/shagovyy_privod_1/shagovye_dvigateli_leadshine/26292/ (дата обращения: 25.04.2023).
16. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон N 197-ФЗ: [принят от 30.12.2001 года, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023]. Москва, 2023. – 384 с. ISBN 978-5-392-39193-6.
17. ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности: дата введения 1988-01-01. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/c05/4294849563.pdf> (дата обращения 15.03.2023). – Текст: электронный.
18. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 01.01.1979. – URL:

<http://rsmcapt29.ru/wpcontent/uploads/2020/10/ГОСТ-12.2.032-78.->

Рабочеемesto-сидя.pdf (дата обращения 22.04.2023). Текст: электронный.

19. ГОСТ 23000-78 Система "Человек-машина". Пульты управления. Общие эргономические требования: дата введения 01.01.1979. – URL: <https://gostrf.com/normadata/1/4294830/4294830961.pdf> (дата обращения 22.04.2023). Текст: электронный.

20. ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования: дата введения 01.01.1978. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294831/4294831567.pdf> (дата обращения 22.04.2023). Текст: электронный.

21. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования: дата введения 01.01.1982. – URL: <https://gostrf.com/normadata/1/4294839/4294839131.pdf> (дата обращения 22.04.2023). Текст: электронный.

22. СП 2.2.3670-20. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. URL: https://sudact.ru/law/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogovracha-rf-ot_1360/sp-2.2.3670-20/ (дата обращения 22.04.2023). Текст: электронный.

23. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Приказ. Об утверждении правил по охране труда при выполнении электросварочных и 83 газосварочных работ: Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты от 11.12.2020 N 884н. – Москва. - URL: https://rzot.ru/files/npa/PrikazMinTrudaN884n_11122020.pdf (дата обращения 25.04.2023). – Текст: электронный.

24. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы: дата введения 01.03.2017. –

URL: <https://marsbbz.ru/wp-content/uploads/2021/05/gost-12.0.003-2015> (дата обращения 25.04.2023). Текст: электронный.

25. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: дата введения 1989-01-01. – URL: <https://ekan.ru/sites/docs/GOST-12-1-005-88.pdf> (дата обращения 25.04.2023). – Текст: электронный.

26. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: дата введения 2021-28-01. – URL: <http://mdou62nn.ru/assets/files/2021/санпин-1.2.3685-21.pdf> (дата обращения 25.04.2023). – Текст: электронный.

27. ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016). Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования: дата введения 2020-06-01. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293725/4293725420.pdf> (дата обращения 25.04.2023). – Текст: электронный.

28. ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей: дата введения 2000-07-01. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/185/18545.pdf> (дата обращения 25.04.2023). – Текст: электронный.

29. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: дата введения 01.01.1977. – URL: <https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/GOST-12.1.007-76.pdf> (дата обращения 25.04.2023). Текст: электронный.

30. ГОСТ 17.0.0.01-76. Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения: дата введения 1977-01-01. – URL: https://www.testprom.ru/img_user/gosts/13/020/gost_17.0.0.01-76.pdf (дата обращения 25.04.2023). – Текст: электронный.

31. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – URL: https://74.mchs.gov.ru/uploads/resource/2022-10-11/normativnye-pravovyeakty_16654872191279888637.pdf (дата обращения 25.04.2023). – Текст: электронный.
32. Р. Ф. Катаев, В. С. Милютин, М. Г. Близник Теория и Технология контактной сварки. - Екатеринбург: Уральский университет, 2015. - 143 с.
33. Р. Ф. Катаев, В. С. Милютин, М. Г. Близник ОБОРУДОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ. - Екатеринбург: Уральский университет, 2014. - 141 с.

Приложение А

(обязательное)

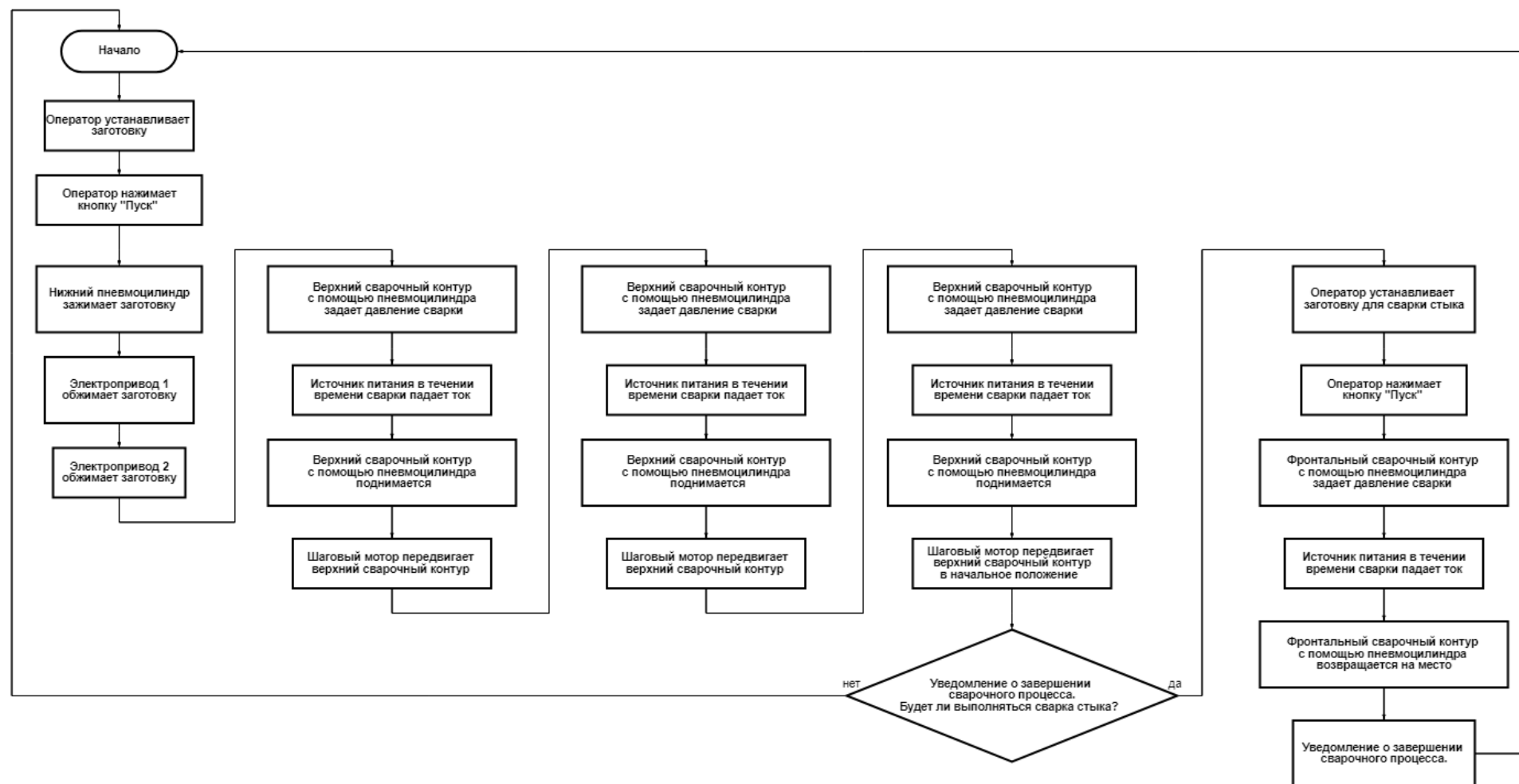


Рисунок А.1 – Алгоритм работы разработканой системы автоматической микроконтактной сварки

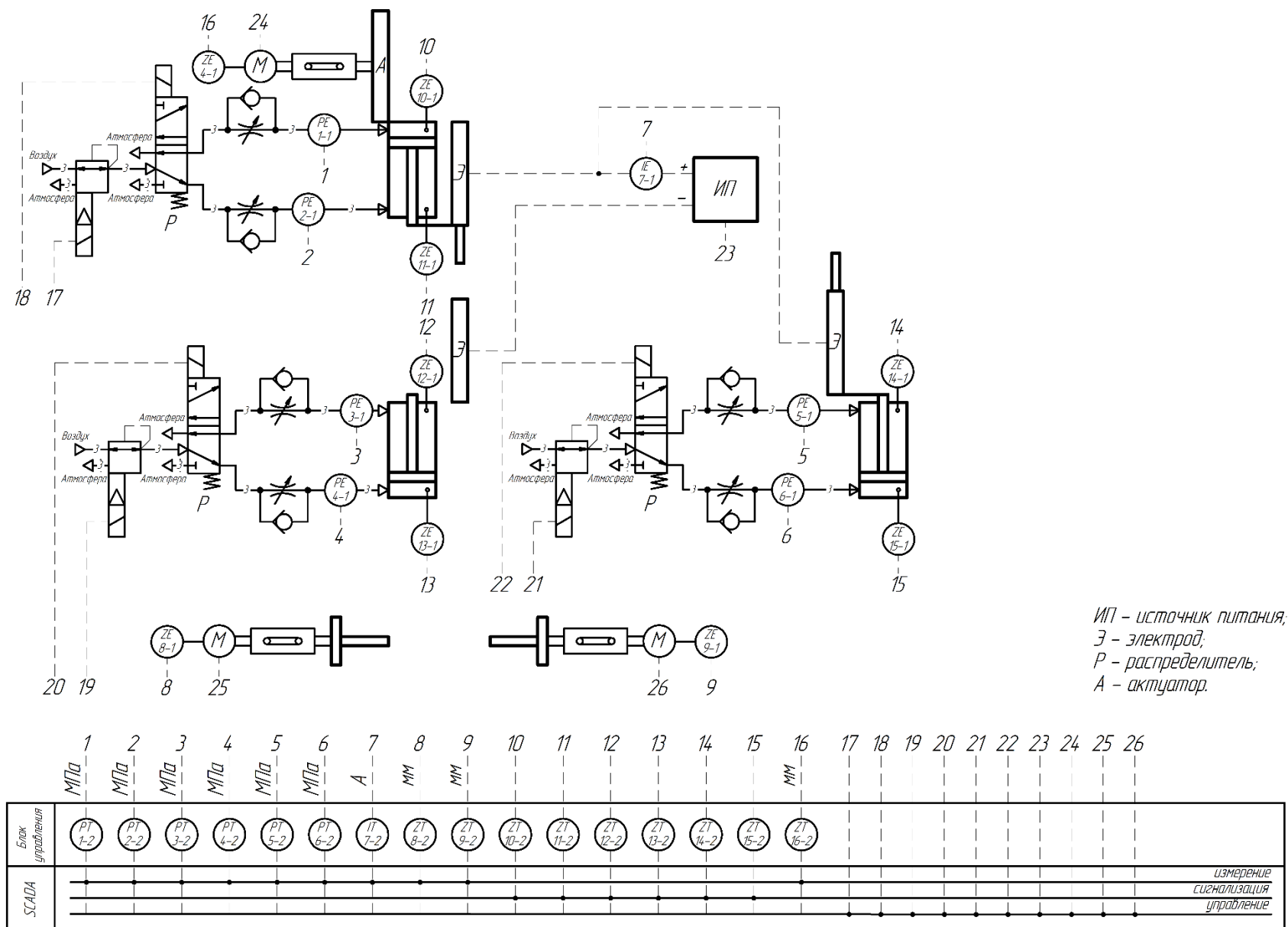


Рисунок А.2 – Функциональная схема автоматизации разработанной системы автоматической микроконтактной сварки

Приложение Б
(обязательное)
Комплект таблиц

Таблица Б.1 – Оценочная карта для сравнения технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Р	Б _{К1}	Б _{К2}	К _Р	К _{К1}	К _{К2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Качество сварного соединения	0,2	5	5	5	1	1	1
2. Повышение производительности труда	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Надежность оборудования	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
4. Универсальность метода	0,15	3	4	4	0,45	0,6	0,6
5. Удобство эксплуатации	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
7. Конкурентоспособность	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
Итого	1	34	33	33	4,3	4,15	4,2

где Б_Р – разработанная автоматическая система микроконтактной сварки, Б_{К1} – Matuschek, Б_{К2} – Sunstone;

К_Р, К_{К1}, К_{К2} – конкурентоспособность систем соответственно.

Таблица Б.2 – Итоговая матрица SWOT - анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокая степень автоматизации процесса; С2 Система умеет большее количество параметров для контроля качества; С3. Разработка технологии с опытным руководителем; С4. Нетребовательность к квалификации рабочего.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Узко направленность решения; Сл2. Сложность в адаптации существующего оборудования; Сл3. Не большой опыт в данной сфере.
Возможности: В1. Повышение стоимости конкурентных разработок; В2. Появление дополнительного спроса из-за ухода иностранных компаний с российского рынка; В3. Нетребовательность к квалификации оператора позволяет легко приспособить данный метод к использованию в других странах. В4. Ориентированность государства на импортозамещение;	Благодаря высоким характеристикам, а также уменьшению конкуренции от иностранных компаний, разрабатываемое решение будет иметь высокий спрос.	В настоящее время в производстве отсутствует полностью подходящее оборудование, поэтому необходимо адаптировать уже имеющееся, что замедляет процесс.
У1. Ограничения на экспорт технологии; У2. Возвращение иностранных компаний на российский рынок; У3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.	Благодаря опыту руководителя, возможна адаптация существующего оборудования, что уменьшит его нехватку.	Для устранения всех угроз и слабых сторон, необходимо увеличить универсальность решения, что также повысит конкурентоспособность системы.

Таблица Б.3 – Перечень этапов и работ, распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Бакалавр Руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подбор оборудования	Руководитель Бакалавр
	6	Проектирование автоматической системы микроконтактной сварки	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Руководитель Бакалавр
Написание раздела «Социальная ответственность»	8	Анализ работы с точки зрения безопасности	Бакалавр
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	9	Анализ работы с экономической точки зрения	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	10	Подведение итогов, оформление работы	Бакалавр

Таблица Б.4 – Временные показатели проведения научного

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях t_{pi}		Длительность работ в календарных днях t_{ki}	
	t_{mini} , чел-дни		t_{maxi} , чел-дни		$t_{ожи}$, чел-дни					
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Выбор темы ВКР	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,5	-	1	-	1	-
Выбор направления исследований	1	1	2	2	1,5	1,5	1	1	1	1
Подбор и изучение материалов по теме	-	7	-	11	-	9	-	10	-	13
Календарное планирование работ	2	2	4	4	3	3	2	3	2	3
Подбор оборудования	3	10	5	15	4	12	4	14	5	17
Проектирование автоматической системы микроконтактной сварки	-	8	-	11	-	9	-	10	-	12
Анализ результатов и проверка научным руководителем	10	10	14	14	12	12	13	13	17	17
Анализ работы с точки зрения безопасности	-	4	-	6	-	5	-	5	-	8
Анализ работы с экономической точки зрения	-	2	-	4	-	3	-	3	-	5
Подведение итогов, оформление работы	-	4	-	7	-	5	-	5	-	8
Итого	18	49	29	76	23	60,5	22	65	27	85

Исп. 1 – научный руководитель; Исп.2 – студент.

Таблица Б.5 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				февраль		март			апрель			май		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Выбор темы ВКР	Студент Руководитель	1											
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1											
4	Выбор направления исследований	Студент Руководитель	1											
5	Подбор и изучение материалов по теме	Студент Руководитель	3											
6	Календарное планирование работ	Студент	16											
7	Подбор оборудования	Студент Руководитель	9											
8	Проектирование автоматической системы микроконтактной сварки	Студент	9											
9	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Студент Руководитель	23											
10	Анализ работы с точки зрения безопасности	Студент	8											
11	Анализ работы с экономической точки зрения	Студент	3											
12	Подведение итогов, оформление работы	Студент	9											

 – научный руководитель;

 – студент.

Таблица Б.6 – Специальное оборудование

Оборудование	Единица измерения	Количество	Цена за шт, руб.	Итоговая ценна	Срок полезного действия
Компьютер	Шт.	1	60000	60000	от 7 до 10 лет
Принтер	Шт.	1	20000	20000	от 5 до 8 лет
Датчик тока	Шт.	2	2000	4000	от 8 до 12 лет
Регулятор давления	Шт.	3	51000	153000	от 7 до 10 лет
Распределитель	Шт.	3	8500	25500	от 8 до 12 лет
Дроссель	Шт.	6	2000	12000	от 12 до 14 лет
Пневмоцилиндр с ходом 20 мм	Шт.	2	43500	87000	от 10 до 12 лет
Пневмоцилиндр с ходом 100 мм	Шт.	1	50000	50000	от 10 до 12 лет
Электропривод	Шт.	2	19000	38000	от 10 до 12 лет
Прецизионный актуатор	Шт.	1	18000	18000	от 10 до 12 лет
Источник питания	Шт.	1	63000	63000	от 8 до 10 лет
Электрод	Шт.	3	1000	3000	от 2 до 3 лет
Переходная пластина	Шт.	1	2500	2500	от 8 до 10 лет
Корпус и др. детали из пластика	Шт.	1	30000	30000	от 8 до 10 лет
Датчик давления	Шт.	6	7000	42000	от 10 до 12 лет
Датчик положения	Шт.	6	4500	27000	от 10 до 12 лет
ПЛК	Шт.	1	53000	53000	от 12 до 15 лет
Панель оператора	Шт.	1	49000	49000	от 8 до 10 лет
Итого				737000 руб.	
Итого с учетом затрат по доставке и монтажу (15%)				847 550 руб.	

Таблица Б.7 – Амортизационные отчисления

Приспособление	Цена, руб.	Срок полезного действия	Н _А - норма амортизации	А – амортизация оборудования за период выполнения ВКР, руб.
Компьютер	60000	10 лет	0,1	1725
Принтер	20000	8 лет	0,125	718,75
Датчик тока	4000	12 лет	0,08	92
Регулятор давления	153000	10 лет	0,1	4398,75
Распределитель	25500	12 лет	0,08	586,5
Дроссель	12000	14 лет	0,07	241,5
Пневмоцилиндр с ходом 20 мм	87000	12 лет	0,08	2001
Пневмоцилиндр с ходом 100 мм	50000	12 лет	0,08	1150
Электропривод	38000	12 лет	0,08	874
Прецизионный актуатор	18000	12 лет	0,08	414
Источник питания	63000	10 лет	0,1	1811,25
Электрод	3000	3 лет	0,33	284,625
Переходная пластина	2500	10 лет	0,1	71,875
Корпус и др. детали из пластика		10 лет	0,1	862,5
Датчик давления	42000	12 лет	0,08	966
Датчик положения	27000	12 лет	0,08	621
ПЛК	53000	15 лет	0,06	914,25
Панель оператора	49000	10 лет	0,1	1408,75
Итого				19141,75

Приложение В
(обязательное)
Комплект таблиц

Таблица В.1 – Возможные опасные и вредные факторы на сварочном посту

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха.	ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с повышенным образованием электростатических зарядов.	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие высоковольтного разряда в виде дуги;	ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016). Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования.
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;	ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.