

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

Институт Кибернетики
Направление подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»
Кафедра Автоматики и компьютерных систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система автоматического управления аппаратом аргодуговой сварки торцевых швов

УДК 681.51:621.791.754'293.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Колодников Максим Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. АиКС	Ефремов Александр Александрович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Антонова Ирина Сергеевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности	Извеков Владимир Николаевич	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.О. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев Михаил Сергеевич	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств автоматизации.
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими объектами.
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации и управления техническими объектами, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Исследование основных принципов автоматического управления, изучение построение схем, работа с документацией, изучение алгоритмов и программирования в среде МИКСИС.
Перечень графического материала	ФЮРА 425440. 001 Э1 ФЮРА 425440. 001 Э3 ФЮРА 425440. 001 ПЭ4 Презентация в формате *.pptx
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Антонова И.С.
Социальная ответственность	Извеков В.Н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	6.02.2017 г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. АиКС	Ефремов А. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Колодников Максим Игоревич		

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

Институт кибернетики
Направление подготовки (специальность) 27.03.04 «Управление в технических системах»
Кафедра Автоматики и компьютерных систем
Период выполнения – весенний семестр 2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2017 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	75
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. АиКС	Ефремов А.А..			

Согласовано:

И.О. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М.С.	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Колодников Максим Игоревич

Институт	ИК	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Управление в технических системах

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Заработная плата сотрудников с сайта trr.ru ; Работа с информацией о стоимости компонентов с сайтов производителей.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 (ред. от 04.02.2017) "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии".
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Положения ФЗ РФ №212 от 24 июля 2009 г. «О страховых взносах в пенсионный фонд Российской Федерации, фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»; Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений (27,1% - отчисления во внебюджетные фонды).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1 Потенциальные потребители результатов исследования. 2 Анализ конкурентных технических решений. 3 Оценки перспективности проекта по технологии SWOT. 4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1 Расчет материальных затрат НИИ. 2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. 3 Основная заработная плата исполнителей темы. 4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы. 5 Отчисление во внебюджетные фонды 6 Прочие расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Анализ интегральных показателей эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Альтернативы проведения НИ
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Антонова Ирина Сергеевна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Колодников Максим Игоревич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8А31	Колодников Максим Игоревич

Институт	ТПУ ИК	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Система автоматического управления аппаратом аргодуговой сварки торцевых швов
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<ul style="list-style-type: none"> – Движущиеся механизмы, подвижные части производственного оборудования. – Повышенная температура поверхности оборудования и материалов. – Повышенная яркость света – Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации. – Повышенное значение тока в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. – Повышенный уровень электромагнитных излучений. – Повышенный уровень шума на рабочем месте.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на окружающую среду. – Разработка решений по обеспечению экологической безопасности.

<ul style="list-style-type: none"> – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Выбор и описание вероятных чрезвычайных ситуаций. Наиболее типичная чрезвычайная ситуация – пожар.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Формирование предупредительных мер по предотвращению ЧС. – Разработка действий при возникновении ЧС и способов по ликвидации ее последствий.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Специальные правовые нормы трудового законодательства. – Организованные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8А31	Колодников Максим Игоревич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 114 страниц, 22 рисунка, 33 таблицы, 50 литературных источников, 2 приложения.

Ключевые слова: аргодуговая сварка, система автоматического управления, SCADA, программируемые логические контроллеры, УМИКОН, мнемосхема.

Предметом исследования является изучение основных принципов построения систем управления, алгоритмов, составления схем и документации.

Объектом исследования является система автоматического управления аппаратом аргодуговой сварки торцевых швов в среде защитного газа.

Цель работы - разработка системы автоматического управления аппаратом аргодуговой сварки торцевых швов в среде защитного газа.

В процессе исследования проводился анализ предметной области, выбор аппаратной части системы автоматического управления, ее организация, разработан алгоритм управления скоростью вращения сварочной дуги. В разработке задействован программно-технический комплекс УМИКОН с модулями серии «ОКА» и программами MWBridge, Display, Capture, Trends.

В первой главе рассмотрена технология сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа, основные параметры объекта управления.

Во второй главе представлено детальное описание аппаратной части разработанной установки и ее компонентов.

В третьей главе приведено описание программной части комплекса, разработка и программирование технологического цикла установки, определение взаимодействия программной и аппаратной частей.

В результате была спроектирована структурная и принципиальная схемы САУ, создана мнемосхема, установлено взаимодействие между программируемыми логическими контроллерами и компьютером оператора, реализована программная и логическая части системы управления.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

САУ – Система Автоматического Управления;

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition;

ЭВМ – Электронно-Вычислительная Машина;

ЧПУ – Числовое Программное Управление;

ТВЭЛ – ТеплоВыделяющий элемент;

ДУМП – Дуга Управляемая Магнитным Полем;

ПЛК – Программируемый Логический Контроллер;

ПЭВМ – Персональная Электронно-Вычислительная Машина;

СУБД РВ – Система Управления Базой Данных Реального Времени

АЦП – Аналого – Цифровой Преобразователь;

КПО – Комплекс Программных Средств;

КТС – Комплекс Технических Средств;

УСО – Устройство Сетевого Обмена;

АСУ ТП – Автоматизированная Система Управления Технологическим Процессом;

БД – База Данных;

НТИ – Научно-Техническое Исследование;

ЭЛТ – Электронно – Лучевая Трубка;

АРМ – Автоматизированное Рабочее Место;

СИЗ – Средства Индивидуальной защиты Глаз;

ЧС – Чрезвычайные Ситуации;

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	10
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	11
ВВЕДЕНИЕ.....	15
1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ.....	17
1.1 Принципы аргодуговой сварки	17
1.2 Описание основных параметров установки.....	18
1.2.1 Защитные газы.....	18
1.2.2 Электроды.....	20
1.2.3 Источник тока	20
1.2.4 Полярность дуги.....	21
1.3 Функционирование объекта управления.....	22
2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	24
2.1 Создание структурной схемы САУ	24
2.2 Организация аппаратной части САУ	26
2.2.1 Электромагнит пневмораспределителя механизма «зажать - разжать» изделие	26
2.2.2 Электромагнит пневмораспределителя механизма «поднять – опустить» электрод.....	27
2.2.3 Электромагнитная система отклонения сварочной дуги.....	28
2.2.4 Система определения касания «изделие - электрод».....	33
2.2.5 Источник тока сварочной дуги.....	33
2.2.6 Датчик давления в пневмосистеме.....	35
2.2.7 Датчик протока воды на охлаждение сварочного тока.....	36
2.2.8 Система контроля расхода защитного газа.....	37
2.2.9 Датчик контроля содержания влаги в защитном газе.....	38
2.2.10 Датчик контроля концентрации защитного газа	39
2.2.11 Датчик контроля температуры	40
2.3 Устройства связи с объектом.....	41
2.3.1 Моноблок МВ100.....	43
2.3.2 Модуль центрального процессора РС100	43
2.3.3 Модуль аналогового ввода АИ100	44

2.3.4 Модуль дискретного ввода DI102	44
2.3.5 Модуль дискретного ввода – вывода DU100	45
2.3.6 Модуль дискретного вывода DO102.....	46
2.4 Коммутационная аппаратура. Блоки питания. ПЭВМ. Вспомогательные элементы	47
3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ САУ	50
3.1 Общее описание программного комплекса.....	50
3.2 Разработка мнемосхемы	50
3.3 Конфигурация проекта и настройка модулей	54
3.4 Настройка трендов	58
3.5 Разработка алгоритмов управления и контроля	58
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	63
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	65
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	65
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	66
4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	69
4.3 Планирование научно-исследовательских работ	71
4.3.1 Структура работы в рамках научного исследования	71
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	72
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	73
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	75
4.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	77
4.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	85
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	87
5.1 Аннотация.....	87
5.2 Введение.....	87
5.3 Производственная безопасность	88
5.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	88

5.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при работе объекта исследования	90
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария).....	91
5.4 Экологическая безопасность.....	99
5.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	99
5.4.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта исследования на окружающую среду	99
5.4.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	99
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС).....	100
5.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования	100
5.5.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследования.....	101
5.5.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС.....	101
5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105
CONCLUSION	106
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	107
Приложение А Настройка алгоблока	113
Приложение Б. Код программы системы автоматического управления.....	114

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов является естественным этапом в развитии промышленности и производства. Мировая практика показывает, что переход от ручного труда к автоматизированному стимулирует увеличение производительности труда и создает новые внутренние резервы. Автоматизация представляет собой самостоятельную проблему, решение которой значительно повышает продуктивность процесса, точность, стабильность и быстроту технологических операций, подъем качества продукции и повышение прибыли.

Попытки создания самодействующих устройств не имели значительного эффекта вплоть до конца XVIII века. с появлением первого в мире промышленного автоматического регулятора Ползунова, а с развитием источников энергии, математического аппарата и электроники на предприятиях стали внедряться конвейеры, станки с ЧПУ, промышленные контроллеры и SCADA-системы. Автоматизация с использованием ЭВМ значительно повысила точность, быстродействие и масштабируемость технологических процессов, обеспечила сбор, обработку и хранение информации, управление операциями при минимальном человеческом воздействии. Внедрение современных датчиков и исполнительных устройств позволяет работать на опасных и требующих высокой точности производствах [1].

Важное значение в современной промышленности имеет технология сварки при создании крупных технических объектов. Данный процесс включает в себя получение неразъемных соединений посредством установления связей между соединяемыми частями при их нагревании или пластичном деформировании [2]. Так, в судостроении основным способом объединения компонентов конструкции является дуговая сварка, лазерная сварка нашла применение в автомобилестроении, термитная сварка широко используется при сварке рельсов, газовая сварка пригодна при соединении тонкой стали, цветных металлов и чугуна[3].

Среди технологий сварки одно из ведущих мест занимает аргонодуговая сварка в среде защитных газов. В данном методе задействуется неплавящийся вольфрамовый электрод, на который поступает электрическая энергия от источника тока сварки, и под воздействием возникающей плазменной дуги в среде защитного газа (аргон, гелий) происходит процесс сварки.

Характерным преимуществом этой технологии можно выделить возможность сварки разнообразных материалов, а также сварки друг с другом различными металлов (углеродистая сталь и нержавеющая сталь, медь и латунь).

Несмотря на то, что основной областью применения аргонодуговой сварки является аэрокосмическая промышленность, данный метод активно используется для обработки деталей малого диаметра, тонкостенных труб или алюминиевых элементов, а большая устойчивость к коррозии и излому на протяжении длительных периодов времени позволяет использовать в таких областях как атомная промышленность при герметизации ядерного топлива.

В технологии аргонодуговой сварки ряд параметров являются основными, за которыми нужно производить контроль и управление. Помимо выбора главных компонентов сварочного аппарата, таких как источник тока сварочной дуги, защитный газ, неплавящийся электрод, некоторые величины меняются непосредственно во время работы установки. Скорость сварки, сила тока, его частота и форма, расход защитного газа напрямую влияют на качество сварного шва. Так, увеличение скорости сварки и силы тока до определённого значения, как и его понижение, ведет к явным дефектам и неровностям в месте сварки, а неконтролируемый расход инертного газа может привести к воздействию атмосферы, что приводит к пористости и хрупкости сварного шва [4].

Применение автоматизированных систем в технологии аргонодуговой сварки может вывести эти процессы на новый качественный уровень, позволит в режиме реального времени отслеживать и регулировать данные параметры, а также адаптировать под каждую конкретную задачу.

1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

1.1 Принципы аргонодуговой сварки

Аргонодуговая сварка широко применяется в различных областях промышленности для соединения материалов в среде защитных газов: сварка углеродистых, конструкционных и нержавеющей сталей, алюминия и его сплавов, титана, никеля, меди, латуней, кремнистых бронз, а также разнородных металлов и сплавов; наплавка одних металлов на другие. Данный метод активно задействуется в химической, теплоэнергетической, нефтеперерабатывающей, авиационно-космической, пищевой, автомобилестроительной и других отраслях промышленности.

Сам процесс происходит следующим образом: кромки свариваемого изделия и присадочного материала расплавляются дугой, горящей между неплавящимся электродом и изделием. Дуга, сварочная ванна, торец присадочной проволоки и кристаллизирующийся шов защищены от воздействия воздуха газом, подаваемым в зону сварки горелкой. Инертный газ (обычно используется аргон) не взаимодействует с продуктами технологического процесса и не дает атмосфере повлиять на результат сварного шва [4].

Данная технология имеет ряд преимуществ по сравнению с остальными типами сварки:

- Минимальный нагрев основного металла.
- Точечное применение сварной дуги.
- Отсутствие шлака, брызг расплавленного металла.
- Минимальное выделение дымов или газов.
- Оптимально при сварке тонкостенных металлоконструкций.
- Надежная защита расплавленного металла от окружающего воздуха
- Возможность наблюдения за процессом.
- Возможность сварки трудносвариваемых металлов и сплавов, в том числе и разнородных.
- Возможность полной механизации и автоматизации процесса.

Тем не менее, аргонодуговая сварка обладает недостатками, основными из которых являются:

- Вероятность нарушения газовой защиты при работе на открытом воздухе и на сквозняке.
- Сильное ультрафиолетовое излучение (особенно при использовании гелия).
- Требуется определенный навык при сварке вручную.
- Затраты на оборудование могут быть высокими.
- Необходимость охлаждения при сварке высокоамперной дугой.
- Высокая концентрация защитного газа может вытеснять кислород при работе в закрытых помещениях без определенной вентиляционной системы.

В дальнейшем в работе будет рассматриваться аргонодуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа.

1.2 Описание основных параметров установки

Для правильной работы и функционирования технологического процесса требуется подобрать основные параметры сварочной установки. В зависимости от поставленной задачи выбираются соответствующие компоненты [4].

1.2.1 Защитные газы

Надежная защита зоны сварки является главным условием получения высококачественного сварного шва. При работе с вольфрамовым электродом наиболее часто применяется местная газовая защита, то есть поток газа исходит из горелки. Само истечение газа турбулентно и лишь внутренняя часть потока состоит из чистого защитного газа, обеспечивая надежную защиту. Сама защита надежна только в пределах ядра потока. Для ее обеспечения устанавливаются специальные газовые линзы для придания ламинарного движения потока, подбирается оптимальное расстояние между изделием и электродом, скорость сварки и минимизация ветра. В сварке неплавящимся электродом в среде защитного газа используется инертный газ.

Аргон – наиболее часто применяемый защитный газ. Он тяжелее воздуха и не взаимодействует с ним, не образуя тем самым взрывчатых смесей. Согласно ГОСТ 10157-79 выпускается в виде двух сортов: высшего и первого. Для сварки ответственных металлоконструкций из активных и редких металлов и их сплавов или цветных металлов рекомендуется применять высший аргон. При сварке сталей и чистого алюминия обычно используют аргон первого сорта.

Гелий – намного легче воздуха и аргона. В ГОСТ 20461-75 устанавливается в виде двух сортов: высокой чистоты и технический. Из – за дефицитности и высокой стоимости гелий используется заметно реже, чем аргон, однако при одном и том же значении тока дуга в гелии выделяет в 1,5 – 2 раза больше энергии, чем в том же аргоне. Благодаря этому происходит более глубокое проплавление материала и значительное увеличение скорости сварки.

Смесь аргона и гелия – комбинация инертных газов в соотношении 35 – 40% аргона и 60 – 65% гелия. Их смешение позволяет реализовать преимущества этих компонентов: аргон обеспечивает стабильность сварочной дуги, а гелий придает высокую степень проплавления.

Азот – данный тип газов используется только при сварке медных частей выпускается, согласно ГОСТ 9293-74, четырех сортов: высшего, первого, второго и третьего.

Поскольку азот применяется весьма редко, то приведем сравнение характеристик оставшихся типов защитного газа. Сравнение данных параметров вынесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики защитных газов

Характеристика	Аргон	Смесь аргона и гелия	Гелий
Скорость сварки	Небольшая	Ускоренная по сравнению с чистым аргоном	Наибольшая

Продолжение таблицы 1

Характеристика	Аргон	Смесь аргона и гелия	Гелий
Проплавляемость	Наихудшая	Лучше аргона	Наилучшая

Продувка металла	Хорошие показатели	Показатели, близкие к аргону	Наихудшие показатели
Стабильность сварочной дуги	Хорошие показатели	Показатели лучше, чем у чистого гелия	Наихудшие показатели
Цена	Наименьшая цена и большая доступность	Цена выше, чем у чистого аргона	Наибольшая цена

1.2.2 Электроды

Наиболее распространенные электроды по ГОСТ 23949-80 являются марки:

- *ЭВЧ* – используется чистый вольфрам.
- *ЭВЛ* – вольфрам с окисью лантана (1,1 – 1,4%).
- *ЭВИ* – вольфрам с окисью иттрия (1,5 – 3,5%).
- *ЭВТ* – вольфрам с окисью тория (1,5 – 2%).

Диаметр электрода выбирают в зависимости от марки вольфрама, величины, рода сварочного тока. Электроды ЭВЧ обычно используют при сварке на переменном токе и не рекомендуется применять при использовании инверторов, в то время как ЭВЛ задействуются как при переменном, так и постоянном токах прямой и обратной полярности. Электрод типа ЭВТ находит применение в основном при сварке на постоянном токе и не является оптимальным вариантом при работе с металлами на переменном токе.

1.2.3 Источник тока

Выбор источника определяется типом и толщиной металлических изделий, которые необходимо сварить, дополнительными компонентами, физическим размером и ценой. К источникам питания предъявляется требование обладания широкого диапазона регулирования сварочного тока, поскольку для заваривания кратера появляется необходимость постепенного снижения тока в 2,5 – 3 раза. Стабилизация по току должна составлять не менее 5%, так как глубина проплавления сильно зависит от колебаний тока при изменении

напряжения сети. С учетом этих критериев источники со ступенчатыми и механическими регуляторами тока представляют наименьшую эффективность.

Примерами источников постоянного тока могут служить универсальные сварочные выпрямители ВДУ. Они обладают принудительным воздушным охлаждением, крупнопадающими внешними статистическими характеристиками, стабилизацией сварочного тока. Источники из серии ВСВУ предназначены для ручной и автоматической сварки и обеспечивают работу на импульсных и непрерывных режимах, гладкое, автоматическое и регулируемое повышение тока при зажигании дуги, модулирование формы импульса, 2,5% степень стабилизации режима сварки. При сварке в среде аргона на постоянном или переменном токе прямоугольной формы используют специализированный источник ТИР – 300Д. Он пригоден при работе с любыми типами металлов.

1.2.4 Полярность дуги

При сварке на постоянном токе сварочная дуга может быть прямой или обратной полярности. Для работы аппарата в прямой полярности на электрод подается положительный полюс от источника сварочной дуги, а на изделие отрицательный. При обратной полярности происходит подача отрицательного заряда на изделие, а положительного на электрод.

Отличительные особенности разного подключения полярностей проявляются при горении сварочной дуги, во время которой на изделии и конце электрода образуются пара областей, называемыми катодным и анодным пятнами. Во время процесса анодное пятно возникает на положительном полюсе, а катодное на отрицательном. Наибольшее количество тепла выделяется в области анодного пятна. Таким образом при сварке постоянным током более глубокого проплавления можно добиться при прямой полярности дуги. С другой стороны, обратная полярность применяется для сварки тонколистовых изделий или легкоплавких и чувствительных к перегреву металлов, их сплавов, а также при использовании некоторых типов электродов (УОНИ-13).

При старте процесса также имеет значение подключение полярности. Так, при подключении положительной полярности к электроду есть вероятность повреждения вольфрамовой головки, но проявляется преимущество при сварке на переменном токе. Отрицательная полярность электрода не имеет негативного воздействия на рабочий материал, но менее приемлем для работы на непостоянном токе.

В производстве для автоматизации технологического процесса были разработаны различные методы управления и контроля сварочной системой. Поскольку дуга, возникающая между изделием и электродом, имеет электромагнитную природу, то для ее регулирования применяется технология ДУМП – дуга, управляемая магнитным полем. Применяя специальным образом внешнее магнитное поле можно добиться управления дугой, позволяя увеличить или снизить скорость сварки, уменьшать зону перегрева, повышать пластичность металла, контролировать процесс дутья и управлять структурой процесса.

1.3 Функционирование объекта управления

В статье [5] приводится пример одной из разработок НИКИМТ- Атомстроя. Установка СА – 355 предназначена для дистанционного управления герметизации ТВЭЛов дугой, управляемой магнитным полем. На вертикально установленном неплавящимся электроде подается одна из полярностей от источника тока сварочной дуги. Снизу устанавливается изделие, которое также подсоединено к источнику. К самому аппарату подключены системы охлаждения и подачи защитного газа. Также установка оснащена пневмосистемами механизмов «зажать - разжать» изделие и «поднять – опустить», которые предварительно задают устойчивое пространственное положение свариваемой детали. При запуске процесса неплавящийся электрод опускается до соприкосновения с изделием, во время которого замыкается контур электрической цепи и срабатывает механизм поднятия или опускания электрода на определенную высоту относительно электрода. Затем происходит обдув изделия защитным газом для изоляции места сварки от атмосферы. Далее

оператор запускает установку и начинается процесс сварки. Вдоль места сварки по периферии установлены электромагниты, которые при зажигании дуги активируются в определенной последовательности, смещая сварную дугу в нужном направлении и перемещая ее вдоль сварного шва с заданной скоростью и силой тока. На рисунке 1 показана разработка предприятия.



Рисунок 1 – Сварочный аппарат СА – 355

Установки данного типа активно применяются для сварки особо тонкостенных труб из сталей ЭК-181 и ЧС-139 с герметизирующими заглушками для ТВЭЛов [6].

Для предотвращения влияния человеческих факторов, обеспечения контроля, управления, сигнализации и быстрого отклика на изменения в технологическом процессе была разработана система автоматического управления аппаратом аргонодуговой сварки торцевых швов УСТШ-1 на базе программно-технического комплекса «УМИКОН».

2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Разработанная предприятием «НИКИМТ - Атомстрой» нестандартная установка с технологией ДУМП и встроенными системами охлаждения и пневмоприводами позволяет подключать сторонние аппаратные решения для автоматизации процесса сварки изделий типа труба-заглушка. Организовав ряд датчиков, системы электропитания, запрограммированные ПЛК и рабочее место оператора, можно создать средство автоматического управления аргодуговой сварки торцевых швов. При этом данную САУ можно будет интегрировать как в уже существующие технологические циклы, так и использовать в лабораторных условиях.

2.1 Создание структурной схемы САУ

Разработанная установка должна обеспечивать соответствующие технологическому процессу требования:

— Фиксирование изделия в пространстве и его позиционирование на оптимальном расстоянии относительно электрода. Для придания неподвижного положения свариваемого изделия предусмотрены специальные зажимы, которые управляются пневмосистемой. Нужная дистанция между деталью и электродом достигается также за счет пневмоприводов и систем определения касания «изделие - электрод».

— Подача защитного газа в необходимом объеме. Во время сварочного процесса инертный газ обеспечивает защиту сварного шва от негативного влияния атмосферы, поэтому контроль за его расходом, давлением и концентрацией играет важную роль при ведении технологического процесса.

— Контроль и сигнализация основных параметров установки. В ходе операции сварки изменяется множество величин, отклонение от норм которых может привести к различным последствиям.

— Подача тока для сварочной дуги. Для аппарата дуговой сварки необходим источник, обеспечивающий необходимую и настраиваемую силу тока.

— Регулирование скорости сварочного процесса. Технология ДУМП позволяет управлять сварочной дугой посредством воздействия на нее магнитного поля от электромагнитов, которые установлены вдоль места сварки. Имея необходимый интерфейс и систему обратной связи, можно добиться контроля установленной оператором скорости движения дуги.

— Сварка изделия в соответствии с указанными оператором параметрами.

— Обеспечение автоматизированным рабочим местом. Взаимодействие сварочной установки и ПЭВМ позволит внедрить SCADA – системы и даст возможность оператору в режиме реального времени контролировать и управлять технологическим процессом.

— Возможность внедрения в существующую цепь технологических операций. Интеграция с другими системами позволит автоматизировать более крупные производственные процессы, а SCADA – система позволит обмениваться информацией и хранить ее для нужд предприятия.

Для решения этих задач была разработана система автоматического управления аппаратом аргонодуговой сварки изделий типа труба – заглушка. При обозначении основных функциональных частей изделия и их взаимосвязи используется структурная схема, которая представлена на чертеже ФЮРА 425440. 001 Э1 [7]. Схему данной установки можно логически разделить на три части. В первой расположены датчики и исполнительные устройства, непосредственно взаимодействующие со сварочным аппаратом. Во второй части располагается программно-технический комплекс «УМИКОН», планшетный компьютер и его периферийные устройства, отвечающие за контроль, управление, сбор информации, выдачу управляющих команд и передачу данных. Третья часть структурной схемы обеспечивает питание всей системы.

В целях предоставления полного состава элементов и взаимосвязей между ними и обозначения детального представления о принципах работы установки разработчик должен спроектировать полную принципиальную электрическую схему. Чертеж ФЮРА 425440.001 ЭЗ отражает полный набор элементов, их подключение и графическое обозначение [8].

2.2 Организация аппаратной части САУ

Согласно приведенной структурной схеме, разработанная установка содержит совокупность датчиков и исполнительных устройств для сбора и передачи информации о технологическом процессе и выработки управляющих воздействий от устройств ПТК «УМИКОН».

2.2.1 Электромагнит пневмораспределителя механизма «зажать - разжать» изделие

В ходе предварительной подготовки процесса сварки одним из этапов является фиксирование свариваемого изделия в пространстве. Сварочный аппарат имеет встроенные механизмы фиксации детали. Чтобы управлять данными механизмами используют пневмораспределители, которые содержат электромагниты, при подаче напряжения на которые происходит сдвиг золотника в одно из направлений. В результате приоткрывается зазор одной из пневмолиний для прохода рабочей жидкости или газа. В целях реализации этой системы был выбран пневмораспределитель В64–13А–03. Он предоставляет электропневматическое управление с двусторонним электроуправлением и резьбовым присоединением пневмолиний. Основные технические характеристики В64–13А–03 представлены в таблице 2 [9].

Таблица 2 – Основные характеристики пневмораспределителя В64–13А–03

Параметр	Значение
Условный проход, мм	10
Номинальное / минимальное давление, МПа	0,63/0,25
Время срабатывания при давлении 0,4 МПа, с, не более	0,1

Параметр	Значение
Номинальное напряжение питания, В: постоянного тока / переменного тока 50Гц / переменного тока 60Гц	12,24,48,110
Номинальная потребляемая мощность, не более: постоянного тока, Вт / переменного тока 50Гц, ВА / переменного тока 60Гц, ВА	7

На принципиальной схеме устройство имеет обозначение Р6. Согласно спецификации и основным параметрам из таблицы 2 пневмораспределитель имеет 2 электромагнита.

Контакты электромагнита X1, отвечающего за фиксацию изделия, подключены к модулю DO102 и источнику питания.

Аналогичным образом подключаются контакты Р6 X2, отвечающие за работу электромагнита для разжатия изделия.

Таким образом упрощенно можно представить схему в виде последовательно соединенных катушки электромагнита, ключа и источника питания, где в качестве ключа используются выводы блока DO102. При подаче команды на блок дискретного выхода цепь замыкается и происходит питание одного из электромагнитов, который сдвигает золотник и открывает пневмолинию для прохода рабочего газа или жидкости.

2.2.2 Электромагнит пневмораспределителя механизма «поднять – опустить» электрод

Расстояние между электродом и изделием играет важную роль для формирования качественного и прочного шва. В данной установке предусмотрено задание положения вольфрамового конца относительно свариваемого изделия. При запуске процесса сварки деталь подается либо вручную, либо посредством сторонних механизмов. После чего установка определяет момент касания изделия с электродом с помощью системы определения касания, фиксирует ее механизмом «зажать/разжать изделие» и поднимает электрод на необходимое расстояние относительно детали.

Для формирования команд поднять или опустить изделие был выбран пневмораспределитель В64–13А–03, описанный выше. На принципиальной схеме устройство имеет обозначение Р7 и имеет два электромагнита с контактами Х1 и Х2. Первый магнит имеет функцию поднятия изделия. Одним из выводов Х1.1 он подключен к модулю дискретного вывода DO102 к контакту Х2.1, общий вывод которого Х6.2 соединен с общим выводом источника питания MeanWell WDR-240-24 Х1.5. Далее контакт генератора Х1.3 соединяется с оставшимся выводом электромагнита Х1.2.

Выводы Х2 устройства Р7 подсоединяются к системе схожим образом. Х2.1 электромагнита пневмораспределителя подсоединен к контакту Х2.2 дискретного вывода модуля DO102. Его общий вывод подключается к общему выводу генератора MeanWell WDR-240-24 Х1.5. От источника питания через Х1.3 цепь замыкается на оставшемся контакте электромагнита Х2.2.

В результате каждый электромагнит образуем замкнутый контур, состоящий из катушки магнита, контактов дискретного вывода модуля DO102 и генератора. Блок дискретного выхода служит электронно управляемым ключом. Подавая сигнал управления, адресованный на отдельно взятый контакт, можно замыкать цепь, в которой он функционирует. Таким образом, активируя один из дискретных выходов DO102, будет работать один из контуров, ответственных за определённый электромагнит, подача питания на который будет смещать золотник пневмораспределителя и задействовать механизм поднятия или опускания изделия соответственно [9].

2.2.3 Электромагнитная система отклонения сварочной дуги

Сварочная установка с ДУМП технологией позволяет управлять движением дуги посредством отклонения ее под действием магнитного поля. Вдоль места сварки расположены электромагниты, которые последовательно активируются и изменяют траекторию сварочной арки. Интерфейс установки позволяет управлять скоростью движения дуги и ее запуском.

Система отклонения на принципиальной схеме представлена в виде прямоугольника с позиционным обозначением А7. Аппарат имеет выходы на подключения питания (X1.9 и X1.15), а также контакты X1.16, X1.17 для управления скоростью вращения электромагнитной дуги с помощью переменного сопротивления.

Для подключения данной системы к установке контакт X1.9 питания устройства А7 к контакту дискретного вывода X4.1 DO102. Общий вывод блока вывода подключается к общему проводу генератора MeanWell WDR-240-24, соединенный с контактом X1.5. Положительный полюс блока питания X1.3 подключается к контакту X1.15 системы отклонения дуги.

В результате образуется контур, образованный последовательно соединенными входами питания устройства А7, контактами модуля DO102 и генератора, причем выходы дискретного модуля функционируют в режиме управляемого ключа. Подавая сигнал от модуля РС100, контур замыкается, и установка подключается к источнику электроэнергии.

Для управления скоростью вращения дуги интерфейс предоставляет контакты X1.16, X1.17 для подключения изменяемого сопротивления. Управляя его значением можно добиться нужных параметров сварки.

Задающим воздействием является сигнал от контроллеров «УМИКОН», поэтому в качестве устройства для этой цели был выбран электронный потенциометр. Цифровые потенциометры способны осуществить регулирование и настройку электронных схем аналогично обычным регулируемым резисторам, механическим потенциометрам или реостатам. Они применяются для калибровки системных погрешностей или динамической регулировки параметров.

В разработанной системе управления используется цифровой потенциометр от Analog Devices модели AD5227 [10]. Он представляет 64-х разрядный потенциометр, общее сопротивление которого 100000 Ом с возможностью изменения сопротивления как в большую, так и в меньшую сторону. Его интерфейс позволяет подстраивать сопротивление вручную или

быстро обрабатывать приходящие цифровые сигналы. Схематичное изображение приведено на рисунке 2.

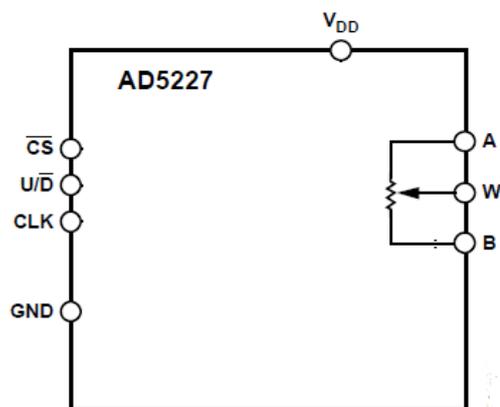


Рисунок 2 – Организация устройства AD5227

При запуске движок W устройства AD5227 устанавливается в среднее положение. Вывод V_{dd} служит для подключения питания номиналом от 2,7 до 5,5 вольт, а GND является общим для всего потенциометра. Контакт \overline{CS} в активированном состоянии (логическая единица) позволяет изменять сопротивление устройства на один шаг при каждом входном спаде импульса, подаваемого на вход CLK. Направление этого изменения, то есть смещения движка W в сторону контакта A или B, определяется входным логическим сигналом, приходящим на вывод U/\overline{D} — при логической единице сопротивление между W и B увеличивается. В таблице 3 представлены действия при разных значениях контактов \overline{CS} , U/\overline{D} и CLK. Если сопротивление R_{WB} возрастает, то значение R_{WA} уменьшается, и наоборот.

Таблица 3 – Таблица истинности для цифрового потенциометра AD5227

\overline{CS}	U/\overline{D}	CLK	Результат
0	↓	0	R_{WB} уменьшается
0	↓	1	R_{WB} возрастает
1	X	X	Без изменений

В принципиальной схеме цифровой потенциометр имеет обозначение DA1. Электропитание устройства обеспечивается генератором MeanWell HDR-15-5 с выходным напряжением 5 вольт, контакты «+5В» и «Общий» соединены

с выводами потенциометра V_{dd} и GND соответственно. Для постоянной работы устройства выход \overline{CS} подключается к общему выводу блока питания, тем самым образуя логический ноль на входе этого контакта. U/\overline{D} и CLK соединены с дискретными выходами блока дискретного ввода-вывода DU100 X5.1 и X6.1 соответственно для управления направлением изменения сопротивления и подачи импульсов для задания его значения. Общие выводы DU100 объединены в один и подключаются к контакту «+5В» блока питания G4.

Конфигурация самого устройства позволяет подключать его в режиме реостата. Согласно документации, схема подключения выглядит следующим образом, как показано на рисунке 6.

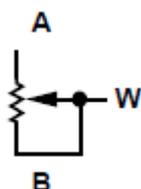


Рисунок 3 – Реостатная схема подключения потенциометра AD5227

Соединив выводы W и B, подадим их общий контакт на X1.16, а вывод A на X1.17 устройства A7 реализуется задание скорости вращения дуги путем подстройки сопротивления электронного потенциометра.

Для обеспечения информацией о текущем параметре скорости сварной арки необходимо ввести обратную связь. Датчик, который бы смог считывать информацию о включении электромагнитов установки, которые отвечают за смещение дуги, является датчик Холла. Этот датчик основан на эффекте Холла, который заключается в возникновении поперечной разности потенциалов при помещении проводника с постоянным током в магнитном поле [11].

При каждом такте активации электромагнита датчик должен фиксировать появление магнитного поля и выдавать электрический сигнал на модуль контроллера, который, в свою очередь, по заданному алгоритму управления будет выдавать управляющий сигнал на электронный потенциометр, меняя его сопротивление и, соответственно, скорость вращения дуги.

В разработанной установке используется датчик Холла Allegro Microsystems модели А3141, схема которого представлена на рисунке 7.

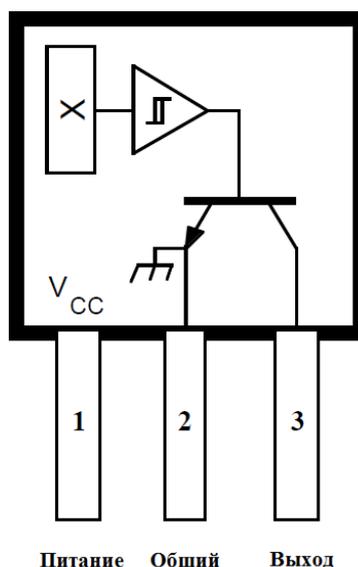


Рисунок 4 – Интерфейс датчика А3141

На принципиальной схеме датчик имеет позиционное обозначение Р8. Контакт V_{cc} служит для подключения питания, а GND является общим. Эти выводы подсоединены к соответствующим клеммам генератора G4 X1.1 и X1.2. При активации электромагнита датчик выдает токовый сигнал, который поступает на дискретный вход модуля DU100. К выходу датчика подключен резистор R6 C2-33-0,125 для предохранения транзистора, встроенного в датчик, от перегрузки.

Основные параметры датчика приедены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные характеристики А3141

Параметр	Значение
Напряжение питания V_{cc} , В	2,4 - 24
Выходной токовый сигнал, мА	10
Ток источника питания, мА	9

Частота пришедших импульсов с датчика Холла характеризует частоту вращения дуги, которая однозначно определяет ее скорость и позволит выявить отклонение от заданного значения.

2.2.4 Система определения касания «изделие - электрод»

Для того, чтобы задать начальное положение, от которого будет опускаться свариваемая деталь на оптимальное расстояние от вольфрамового электрода с помощью механизма поднять – опустить, описанного выше, используется данная система.

Она задействует электроды «+» и «-» источника тока сварочной дуги, которые подключены к выводам генератора G2 X1.4 и X1.6 соответственно. Также к отрицательному полюсу подключена катушка реле K2.

Таким образом при касании токопроводящего изделия и электрода замыкается контур источник сварочного тока – реле – блок питания G2, который запитает катушку реле и замкнет его контакты. Выводы реле подключены к модулю дискретного ввода DI102, фиксирующего срабатывание контактов реле. Впоследствии алгоритм, заложенный в ПЛК, выдаст команду на систему поднять – опустить изделие.

2.2.5 Источник тока сварочной дуги

В процессе сварки ток в дуге достигает нескольких десятков ампер. Для выдачи нужного номинала, формы тока, регулирования, стабилизации и управления предусмотрены специальные аппараты – источники тока сварочной дуги. В аргонодуговой сварке применяются разные приборы, более подробно рассмотренные в главе 1.

В разработанной системе автоматического управления в качестве источника тока для сварочной дуги используется Tetrrix 300 AC/DC Comfort. На принципиальной схеме устройство имеет обозначение А6. Аппарат применяется при сварке на переменном или постоянном токе, а также при электродуговой ручной сварке или короткой сварке стержневыми электродами. Tetrrix 300 имеет встроенную панель управления и дисплеи для регулирования параметров непосредственно на самом приборе. Тем не менее аппарат предусмотрен 19-ти

контактным разъемом для подключения внешних устройств дистанционного управления и автоматизации, представленный на рисунке 5.

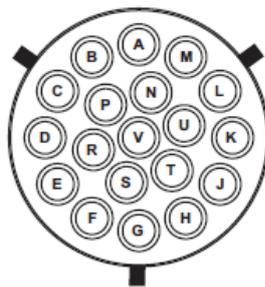


Рисунок 5 – Интерфейс автоматизации Tetrrix 300

Согласно документации, способы подключения питания могут быть исполнены в виде 3-х или 4-х проводной схемы. В первом случае система подключается к трехфазной цепи с заземлением в любой точке, а во втором – при включении трехфазной цепи и заземлённым нулевым проводом. В рассматриваемой работе аппарат подключен по четырехпроводной схеме.

Для функционирования системы автоматического управления аппаратом аргонодуговой сварки потребуются следующие выводы интерфейса:

- **В/Л.** Для установления прохождения тока в цепи данных контактов будет фиксироваться токовый сигнал, который считывается моноблоком МВ100 ПТК «УМИКОН» на выводах дискретного входа, имеющим позиционное обозначение А2.
- **С.** Данный контакт используется при задании значения основного тока. Входным параметром является значение напряжения в интервалах, представленных в таблице 6. Источником задающего напряжения является моноблок МВ100 с позиционным обозначением А8, выводы аналогового выхода которого соединены с соответствующим контактом Tetrrix 300.
- **Р.** Этот вывод принимает дискретное входное значение и отвечает за запуск или остановку сварочного тока. Для управления этим процессом были задействованы контакты дискретного выхода X2.1 и X2.2 устройства DU100.

- **J/U.** Эти выводы служат в качестве источника опорного потенциала и являются общими для подключения всех сторонних устройств.
- **M/N/P.** Данные контакты служат для определения способа задания значения управляющего напряжения. Согласно документации, их следует установить на опорный потенциал для управления сварочным током от внешнего устройства.
- **G.** Вывод предназначен для измерения текущего значения основного тока в соответствии таблице 6. Для этого данный контакт подключается к выводам аналогового входа X1.1 и X1.2 моноблока MB100 с позиционным обозначением A8.

Таким образом при установке связей между блоками программно-технического комплекса с интерфейсом автоматизации источника сварочной дуги можно добиться управления и контроля значением тока сварочной дуги.

Tetrix 300 оснащен гнездами вывода сварочного тока «+» и сварочного тока «-». По принципиальной схеме они подключаются к кабельным вилкам с позиционными обозначениями X2 и X3 типа ABI-IF 50-70 [12].

2.2.6 Датчик давления в пневмосистеме

Превышение или понижение давления в технологическом процессе может привести к нарушению качества изготавливаемого изделия или к порче оборудования. По этой причине для контроля этого параметра в системе автоматического управления сварочного аппарата предусмотрен преобразователь давления измерительный АИР – 10L-ДА АМ600, имеющий позиционное обозначение на принципиальной схеме P1 [13].

Он предназначен для постоянного преобразования значений абсолютного давления, избыточного давления жидких и газообразных, включая агрессивных, сред в унифицированный выходной токовый сигнал и используется в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами. Имеет промышленное и взрывозащищенное исполнения.

АИР – 10L-ДА АМ600 обладает следующими техническими характеристиками, представленными в таблице 5.

Таблица 5 – Основные параметры АИР – 10L-ДА АМ600

Ряд верхних пределов измерений по ГОСТ 22520-85	600
Максимальное давление, Мпа/ %	2,5 / 400
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности γ , %	$\pm 0,25$
Верхний / нижний предел выходного токового сигнала, мА	4 / 20

Для считывания показаний с датчика требуется подключить его в соответствии с документацией как показано на рисунке 5.

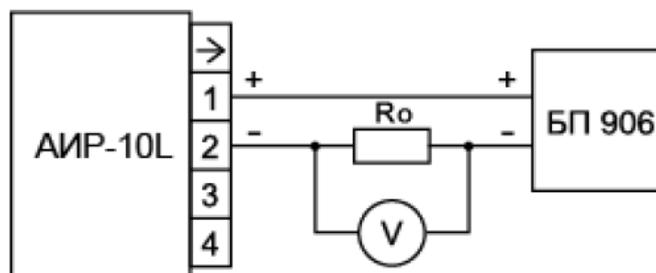


Рисунок 5 – Схема подключения АИР-10L

Для функционирования датчика нужно установить образцовую меру электрического сопротивления и источник питания. В качестве прецизионного сопротивления был выбран резистор С2-29В-0.25-120Ом, обозначенный R3. Блок питания был выбран из приведенной схемы подключения БП 906/24-1 с позиционным обозначением G1. Значение напряжения с резистора R3 поступает на входы X1.1 и X1.2 модуля аналогового входа АИ100.

2.2.7 Датчик протока воды на охлаждение сварочного тока

В процессе сварки происходит с большим выделением тепла. Как следствие, в аппарате предусмотрены механизмы охлаждения с использованием воды в качестве рабочего тела. Для контроля расхода жидкости в разработанной

установке используется датчик протока, отвечающий за сигнализацию о превышении расхода хладагента, в виде реле протока WATTS FLU 25, имеющий позиционное обозначение P5 [14].

Реле используется в системах отопления и водоснабжения с принудительной циркуляцией для предохранения других элементов системы от перегрузок.

Устройство имеет максимальное рабочее давление 10 бар, класс защиты IP 64. Температура теплоносителя не должна превышать 110 °С, а окружающей среды – не более 60 °С.

Реле содержит основные компоненты, такие как ламель и нормально разомкнутые контакты. Изначально контакт 1 – 2 разомкнут. После запуска насосов или при достижении номинального расхода воды, ламель должна сместиться в направлении потока воды, в результате чего происходит замыкание контакта 1 – 2, которое фиксируется блоком дискретного ввода DI102.

Порог срабатывания (рабочая точка) определяется напряжением пружины, установкой винта и длиной ламели. В документации приведена таблица, в которой указываются тип ламели, необходимый для данного диаметра трубы и необходимых порогов расхода.

2.2.8 Система контроля расхода защитного газа

Как было показано в первой главе, инертный газ, используемый в процессе сварки, изолирует сварной шов от влияния атмосферы, сохраняя качественную структуру и прочность материала. Для обеспечения контроля за необходимой подачей защитного газа в системе автоматического управления установлен датчик РРГ- 10 с позиционным обозначением P2 [15].

Аналоговый электронный регулятор РРГ – 10 предназначен для точного регулирования массового расхода газа при форматировании технологических газовых сред в различных диапазонах регулирования. Он рассчитан на работу с нейтральными, агрессивными, токсичными, взрыво- и пожароопасными газами,

имеют высокую степень герметичности. Регулятор является системой автоматического регулирования расхода газа.

Устройство работает по принципу теплового преобразования массового расхода газа в эклектический сигнал, находящийся в зависимости от заданного расхода.

РРГ – 10 обладает аналоговым выходным электрическим сигналом напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 10 В, который пропорционален расходу газа. Управляющее напряжение задания составляет диапазон от 0 до 5 В. Для устройства необходимо питание номиналом 15 В.

На принципиальной схеме показано, что регулятор расхода соединен с источником тока HDR-15-15 и блоками ПТК «УМИКОН» МВ100 и DU100. Блок питания служит для обеспечения электроэнергией регулятора, МВ100 для задания расхода и считывания показания датчика, модуль DU100 выдает сигнал на открывание или закрытие клапана регулятора при определенных условиях.

2.2.9 Датчик контроля содержания влаги в защитном газе

Необходимый объем защитного газа, поступающий на сварочную ванну, не является единственным показателем его качества. Различные сторонние примеси, такие как влага, могут негативно сказаться на результате обработки детали. Установленный датчик контроля содержания влаги позволяет отслеживать данный параметр.

Само устройство представлено на схеме гигрометром Байкал – 5Ц и имеет позиционное обозначение РЗ [16].

Прибор представляет собой цифровой многофункциональный промышленный датчик непрерывного действия, предназначенный для измерений объемной доли влаги в различных газах, в том числе инертных.

Гигрометр имеет унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 0 до 5 миллиампер либо в диапазоне от 4 до 20 миллиампер, степень защиты IP 20, питание от промышленной сети и диапазон измерений до 2000 млн⁻¹.

На принципиальной схеме прибор подключен к промышленной сети одной из фаз и нуль проводом. Выходной токовый сигнал, несущий информацию о значении влажности, поступает на прецизионный резистор С2-29В-0,25-120, обозначенный R1. Значение напряжения с сопротивления считывается аналогово вводом AI100.

2.2.10 Датчик контроля концентрации защитного газа

Поскольку защитный газ может содержать различные примеси, то важно знать его долю во всей совокупности состава. Для решения этой задачи предусмотрен газоанализатор типа АГ 0012, на принципиальной схеме имеющий позиционное обозначение Р4 [17].

Устройство предназначено для непрерывного измерения объемной доли водорода, кислорода, аргона, гелия и других газов в невзрывоопасных многокомпонентных газовых смесях, включая воздух. Измеренное значение поступает на цифровой дисплей или в виде унифицированного выходного токового сигнала на другие приборы. Газоанализатор предназначен для применения в качестве рабочего средства измерения или как аналитическая часть измерительных установок и систем газового анализа. Объемный расход должен газа от 8 до 16 см³/с. Температура газовой смеси должна иметь диапазон от 5 до 50 °С. Пределы изменения силы тока варьируются в диапазонах 0 -5 мА, 0 – 20 мА или 4 – 20 мА в зависимости от требований потребителя.

Основные параметры устройства при измерении рабочих газов приведены в таблице 6. Поскольку для сварки неплавящимся электродом используются инертные газы, такие как аргон и гелий, то обозначены характеристики этих веществ.

Таблица 6 – Параметры АГ 0012 при измерении аргона и гелия

Наименование измеряемого компонента	Диапазон измерения объемной доли, %	Пределы допустимой приведенной основной погрешности, %
Гелий	0 – 5; 95 – 100;	± 4,0; ± 2,5

	0 – 10; 90 – 100	
Аргон	97 – 100	± 2,0

АГ 0012 имеет интерфейс с различными возможностями настройки и управления. Для решения задач автоматизации в САУ дуговой сварки задействуются контакты питания на 220 В и разъемы токового выхода, к которым подключено прецизионное сопротивление С2-29В-0,25-120 с обозначением R2. С резистора снимает выходное напряжение модулем аналогово ввода AI100, несущее информацию о концентрации защитного газа [АГ 0012].

2.2.11 Датчик контроля температуры

Помимо расхода рабочей жидкости в системе охлаждения немаловажным фактором, требующим контроля, является ее температура. Среди множества датчиков был выбран термопреобразователь сопротивления TCM 9422 50M, имеющий позиционное обозначение R4 [18].

Устройство предназначено для измерения температуры на линиях производства. Основные технические характеристики показаны в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики TCM 9422 50M

Диапазон измеряемых температур, °С	-50, +180
Номинальная статическая характеристика	50M
Номинальное значение α , °С ⁻¹	0,00428

Для встраивания датчика в разработанную систему предусмотрены два вида соединений по 2-х и 4-х проводной схеме. Подключение на принципиальной схеме выполнено с использованием четырех проводов согласно рисунку 6.

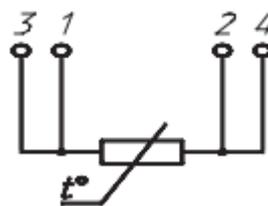


Рисунок 6 – Схема подключение термосопротивления

Значение температуры считывается блоком аналогового ввода AI100, к которому напрямую подсоединен датчик.

2.3 Устройства связи с объектом

Современные системы автоматического управления проектируются с использованием средств современной техники и электроники. Появление и внедрение программируемых логических контроллеров и ЭВМ позволило вывести процессы производства на новый качественный уровень. Рынок контроллеров представлен различными предприятиями, такими как Siemens, ОВЕН, Festo, Direct Logic и многие другие.

Среди российских компаний, занимающихся разработкой и внедрением программируемых логических контроллеров можно выделить ООО «УМИКОН». Организованная в 80-х годах прошлого века, предприятие создает программные и технические решения для построения распределенных систем и проектов в сфере АСУ ТП различных областей промышленности. В настоящее время в компании ведутся работы по развитию и обновлению ПТК УМИКОН, осуществляется поддержка и обслуживание внедренных систем.

Программно-технический комплекс УМИКОН является единственным отечественным универсальным ПТК, который включает в себя и полнофункциональный комплекс программного обеспечения (КПО) верхнего уровня и полномасштабный комплекс технических средств (КТС) [19].

Отличительные особенности технических средств является:

— **Быстродействие.** Использование эффективных алгоритмов при обработке данных и обмена ими по сети с применением специализированной базы данных обеспечивает высокую скорость работы устройства. Период

обработки и архивации нескольких тысяч технологических параметров за 15-20 мс. Скорость сетевого обмена свыше 1 000 000 технологических параметров в сек.

— **Масштабируемость.** Обеспечивается широкой номенклатурой модулей. Модули разных серий имеют от 1 до 128 каналов ввода-вывода. Благодаря встроенному в каждый модуль интерфейсу полевой шины легко наращивать количества каналов в системе.

— **Распределенность.** Поддержка промышленных протоколов связи по проводным и беспроводным линиям связи позволяет охватывать большие расстояния между объектами. Дальность связи для встроенных интерфейсов более 1 км по RS485, более 10 км по токовой петле. Поддержка взаимодействия с аппаратурой сторонних производителей для передачи сигналов по радиоканалу.

— **Надежность.** Средства горячего резервирования всех уровней от программных до аппаратных, дублированные каналы связи, дублированное питание, замена модулей на ходу, гальваническая развязка каналов с защитой от перенапряжения.

Данный комплекс представлен в виде набора модулей, устройств, имеющих определенный функционал. Их характерными особенностями являются:

— Аналоговый ввод производит измерение с высокой точностью (разрешение до 24 бит, точность до $\pm 0,01$ %) и большим динамическим диапазоном. Канал программно настраивается на измерение тока и напряжения, термопар всех типов, термосопротивлений всех типов и градуировок, тензодатчиков, амплитуды, частоты и сдвига фаз переменного тока.

— Дискретный ввод производит измерение потенциальных, частотных и число-импульсных сигналов до 10 кГц (2 МГц для специализированных модулей).

— Аналоговый вывод программно настраивается на диапазон тока 0-5 мА, 4-20 мА, 0-20 мА.

— Дискретный вывод обеспечивает выдачу потенциальных и импульсных сигналов, встроена частотная и широтная модуляция.

В разработанной САУ аппаратом аргонодуговой сварки используется модули серии «Ока», более подробное описание которых представлено ниже.

2.3.1 Моноблок MB100

Модуль предназначен для ввода и вывода аналоговых сигналов среднего и низкого уровня. Входным параметром является напряжение от датчиков, преобразовывающие физические величины в электрический сигнал постоянного или переменного тока, сопротивления, включая термопары, термосопротивления и тензодатчики. MB100 имеет возможность ввода дискретных, частотных и числоимпульсных сигналов; вывода дискретных и импульсных сигналов с широтной и частотной модуляцией; релейного и ПИД-регулирования, включая каскадное; отработки защит и блокировок. Модуль MB100 может быть связан с модулем центрального процессора PC100 или с ПЭВМ по интерфейсу RS-485. Устройство может использоваться как локально в качестве устройства регулирования и/или защиты, так и в составе ПТК УМИКОН для организации АСУ ТП и устанавливаться на DIN-рейку. Питание осуществляется постоянным напряжением 24В. Прибор способен принимать и выводить унифицированные токовые сигналы [20].

На принципиальной схеме используются два модуля данного типа с позиционными обозначениями А8, установленный специально для управления источником тока сварочной дуги, и А2 для общих нужд управления.

2.3.2 Модуль центрального процессора PC100

Устройство предназначено для выполнения контрольных, управляющих и иных алгоритмов и построения распределенных автоматизированных систем на базе модулей ввода-вывода КТС МикКОН. На принципиальной схеме обозначен как А5. Имеет интерфейс связи по RS – 485. Устанавливается на

DIN-рейку. Настройка осуществляется по внешнему интерфейсу с ПЭВМ, подключение к которому осуществляется к порту USB через адаптер RS485/USB. Питание устройства происходит от источника с постоянным напряжением 24В [21].

Работа модуля осуществляется под управлением двух однокристальных микропроцессоров. Один обеспечивает поддержку работы интерфейсов и выполнение технологической программы, а другой - ввод, вывод и обработку дискретных и числоимпульсных сигналов.

Является задающим устройством в сети. РС100 напрямую программируется проектировщиком и впоследствии отрабатывает алгоритм, действующий остальные модули.

2.3.3 Модуль аналогового ввода AI100

Оборудование предназначено для ввода аналоговых сигналов среднего и низкого уровней от датчиков, генерирующих постоянное или переменное напряжение, ток или сопротивление. Устройство связывается с модулем центрального процессора или ПЭВМ по интерфейсу RS – 485. Устанавливается на DIN – рейку и подключается с блоком питания номиналом 24В.

Модуль AI100 обладает шестью входами аналогового среднего и низкого уровня, в том числе термосопротивлений и тензодатчиков. В качестве входного сигнала выступает обширный спектр значений напряжения и тока, в том числе унифицированные сигналы [22].

В рассматриваемой работе имеет позиционное обозначение А5. В рассматриваемой работе применяется для получения аналоговых значений с датчиков R5, P3, P4, P1.

2.3.4 Модуль дискретного ввода DI102

Устройство предназначено для ввода дискретных, частотных и числоимпульсных сигналов. Модуль может быть связан с блоком РС100 или с ПЭВМ по RS-485. Прибор может быть установлен на DIN – рейку. Питание модуля осуществляется от источника постоянного тока напряжением 24В.

Количество каналов дискретного, частотного или число – импульсного ввода типа «сухой контакт» составляет 11 штук, 12-й вывод является общим для всех дискретных входов.

Кроме функций обработки входных и выходных сигналов модуль может одновременно выполнять настройку с ЭВМ по внешнему интерфейсу обмена всех параметров обработки входных каналов и алгоритмических функций во время работы с возможностью сохранения в долговременной энергонезависимой памяти. Связь модуля с ПЭВМ осуществляется по протоколу MODBUS RTU по интерфейсу RS485 или USB [23].

На принципиальной схеме имеет обозначение А3 и используется для работы с устройствами Р5 и К2.

2.3.5 Модуль дискретного ввода – вывода DU100

Модуль используется для ввода дискретных, частотных и числоимпульсных сигналов, вывода дискретных и импульсных сигналов с широтной и частотной модуляцией, а также для выработки защит и блокировок. Имеет пластиковый корпус для монтажа на DIN – рейку. Питание осуществляется постоянным нестабилизированным напряжением 24В. Обладает встроенной фильтрацией и сравнением с уставками для частоты.

Особенность модуля в том, что он позволяет программного сконфигурировать число дискретных входов или выходов в количестве от 0 до 6. Также кроме функций обработки входных и выходных сигналов моноблок может одновременно выполнять с тактом от 2 мс отработку блокировок выходными дискретными каналами по срабатыванию входных дискретных сигналов и выходу уставки частотных сигналов и настройку с ЭВМ по внешнему интерфейсу обмена всех параметров обработки входных и выходных каналов и алгоритмических функций [24].

Работа модуля осуществляется под управлением однокристалльного микропроцессора. Он обеспечивает ввод и обработку дискретных входных сигналов, и выдачу дискретных сигналов.

На принципиальной схеме обозначен как А9 и взаимодействует с устройствами А6, DA1, G3.

2.3.6 Модуль дискретного вывода DO102

Устройство предназначено для вывода дискретных, частотных, и числоимпульсных сигналов в качестве локального устройства защиты или в сети КТС УМИКОН комплекса АСУ ТП. Может быть монтировано на DIN – рейку. Питание осуществляется постоянным нестабилизированным напряжением 24В. Количество каналов дискретного вывода до 11 штук, 12 – й является общим для всего устройства. Имеет предельно допустимые входные токовые величины, такие как ток коммутации до 300 мА, напряжения – до 36 В, а мощность до 10 Вт.

Кроме функций обработки входных и выходных сигналов модуль может одновременно выполнять настройку с ЭВМ по внешнему интерфейсу обмена всех параметров обработки входных каналов и алгоритмических функций во время работы с возможностью сохранения в долговременной энергонезависимой памяти. Возможна также предварительная обработка сигналов с помощью системы алгоблочного программирования [25].

В разработанной САУ согласно принципиальной схеме имеет позиционное обозначение А4 и служит для выдачи дискретного сигнала на устройства А7, Р7, Р6.

В результате при организации сети из модулей ПТК «УМИКОН» посредством витой пары и интерфейса RS – 485 реализуется устройство контроля, управления, обработки и передачи данных с приборов нижнего уровня АСУ ТП – полевых датчиков и исполнительных устройств.

Блок РС100 является ведущим в этой сети и подключается к ПЭВМ посредством адаптера USB/RS-485 для программирования и взаимодействия оператора с системой посредством компьютера. Остальные блоки являются ведомыми, и работа с ними происходит через модуль центрального процессора.

2.4 Коммутационная аппаратура. Блоки питания. ПЭВМ. Вспомогательные элементы

После установки основных приборов технологического процесса и подключения к ним систем управления программно-технического комплекса для правильного функционирования аппаратуры необходимо подключить дополнительные устройства. На приведенной принципиальной схеме к ним относятся:

Блоки питания. В САУ аппарата аргодуговой сварки используются 4 внешних источника тока. БП 906/12 представлен на схеме G1 и предназначен для преобразования сетевого напряжения 220В в стабилизированное напряжение 24В, питающего устройство P1. G2 обозначен блок питания Mean Well WDR – 240 – 24, преобразующий входное напряжение от 180 до 550В в выходное 24В. В данной работе используется для питания всех модулей ПТК «УМИКОН», а также для устройств P6, P7, A7. Mean Well QR – 100 – 3С, имеющий обозначение G3, также преобразует ток от промышленной сети в постоянный. Он обладает четырьмя выходными каналами на 5В, 3,3В, плюс 15В, минус 15В. В САУ используется как двухполярный источник питания для управления задвижкой устройства P2. Для правильной работы датчика Холла и цифрового потенциометра используется Mean Well HDR – 15 – 5, обозначенный G4, вырабатывающий постоянное напряжение 5В из промышленной сети [26- 29].

Коммутационная аппаратура. Для отработки защитных блокировок используются различные контактные реле. Так, Q1 обозначен автоматический выключатель АВВ S 203 – С20 для замыкания цепи и подачи питания на всю установку от промышленной трехфазной сети. Контактор АВВ А40 -30 -10 обозначен К1 и предназначен для управления трехфазной цепи. При работе аппаратуры катушка реле замыкает цепь, и происходит питание всей системы. К ней, в свою очередь, подключены контакты аварийной кнопки с фиксацией S1 NP2 – BS542, которая имеет нормально-замкнутые контакты. При экстренной ситуации оператор может обесточить установку, нажав на кнопку, при этом питание катушки контактора прекратится и контакты К1 отключат системы от

промышленной сети. Кнопка S2 FPB 2511 предназначена для кратковременного питания катушки контактора от источника тока G2 для включения основных контактов K1 в систему. Для подачи сигнала об определении касания изделия и электрода при начале процесса сварки используется реле ABB CM – SRS – 11S с позиционным обозначением K2. Будучи подключённым к блоку питания G2, контакты реле замкнутся и в контуре, включающим DI100, изделие и генератор пойдет ток, свидетельствующий о необходимости опустить свариваемое изделие на нужное расстояние. Блочные розетки ABI – IF 50 – 70 и силовая вилка PSE 025-6 служат для соединения и вывода проводов [30-35].

Вспомогательные элементы. Для функционирования некоторых устройств системы автоматического управления требуется установить дополнительные компоненты. Для снятия токовых сигналов с датчиков модулями ПТК необходимо, согласно спецификации, подсоединить прецизионные сопротивления. На принципиальной схеме они имеют обозначения R1, R2, R3 представленные моделью резисторов C2-29B – 0,25 – 120Ом. R5 представлен резистором C33-0,125 для предохранения транзистора датчика Холла от перегрузки. Устройство A10 является адаптером RS-485/USB для подключения ПЭВМ и модуля PC100. В системе присутствует видеокамера A12, изображении которой выводится на мнемосхему для наблюдения оператором необходимой зоны рабочего места или записи работы установки [36].

Промышленная ПЭВМ. Внедрение датчиков и ПЛК позволяет вести измерения и передавать их значения посредством электрических сигналов. Для наблюдения, контроля и управления технологическим процессом оператор должен быть оснащен промышленным компьютером, спроектированным для работы в нестандартных условиях.

Для задания алгоритмов, взаимодействия с человеко-машинным интерфейсом разработанной системы и работы АСУ ТП процесса сварки с внешними технологическими циклами и базой данных предприятия необходимо

устройство с операционной системой Windows, модулями Wi-Fi или портами Ethernet, которое должно обладать отказоустойчивостью и защищенностью.

Устройство использует экран размером 12,1", степень защиты IP64, Intel Core i-5, Windows Embedded Standard 7 и имеет пять портов типа USB 2.0 и два Ethernet отражающее данные требования, обозначено A11 и представлено промышленным ПЭВМ, планшетом AFL2 – 12A – HM65 [37].

Список всех описанных элементов САУ приведен в перечне элементов ФЮРА 425440.001 ПЭ4.

Таким образом при правильном подключении всех устройств согласно принципиальной схеме будет реализована аппаратная часть разработанной системы автоматического управления дуговой сварки. Тем не менее, для выполнения важных задач контроля и запуска цикла технологического процесса, отработки переданных значений датчиков и уставок, а также взаимодействия оператора и установки, нужно описать логику процесса. ПТК «УМИКОН» имеет программный комплекс, позволяющий произвести конфигурирование модулей, их алгоритмизацию, проектирование мнемосхемы и установки взаимосвязей между ними, что является программной реализацией проекта.

3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ САУ

3.1 Общее описание программного комплекса

ПТК УМИКОН предоставляет модули, имеющие многообразный функционал, начиная от ввода и вывода различных электрических сигналов и заканчивая формированием управляющего воздействия по заданному закону. Выбор необходимых блоков и подключение их нужным образом является реализацией аппаратной части комплекса. Для доступа к необходимым параметрам модулей, получения значений из связанных с ними датчиков, выдачи определенных электрических сигналов и формирования алгоритмов, необходимых для решения поставленной задачи, ПТК оснащен комплексом программного обеспечения МИКСИС, содержащий множество программ, таких как Display, MWBridge, Video Viewer, Trends, Capture и другие.

MWBridge является ядром реального времени для операционной системы Windows. Программа обладает универсальным инструментом создания и поддержки АСУ ТП, в том числе распределенных. MWBridge предназначен для создания автоматизированных рабочих мест среднего или верхнего уровня, сетевых шлюзов, серверов смешанного применения, организации мостов с другими приложениями, а также для настройки и программирования модулей комплекса технических средств (КТС) МикКОН. Ядро структурно представляет собой систему управления базами данных реального времени (СУБД РВ), включая средства ведения, обработки, обновления и настройки, а также пользовательские интерфейсы к ним [19].

3.2 Разработка мнемосхемы

Для разработки мнемосхемы, ввода и вывода необходимых параметров и взаимодействия с базой данных технологического процесса путем понятного и удобного человеко-машинного интерфейса МИКСИС предоставляет систему отображения Display [38]. Встроенный редактор позволяет оператору изменять и настраивать вид и состав отображаемой информации, а графическое ядро реализует обрисовку компонентов отображения и информации. Также

предусмотрена система безопасности, предоставляющая функции ограничения доступа.

Процесс разработки мнемосхемы в программе Display для системы автоматического управления аппаратом аргодуговой сварки изображен на рисунке 7 [39].

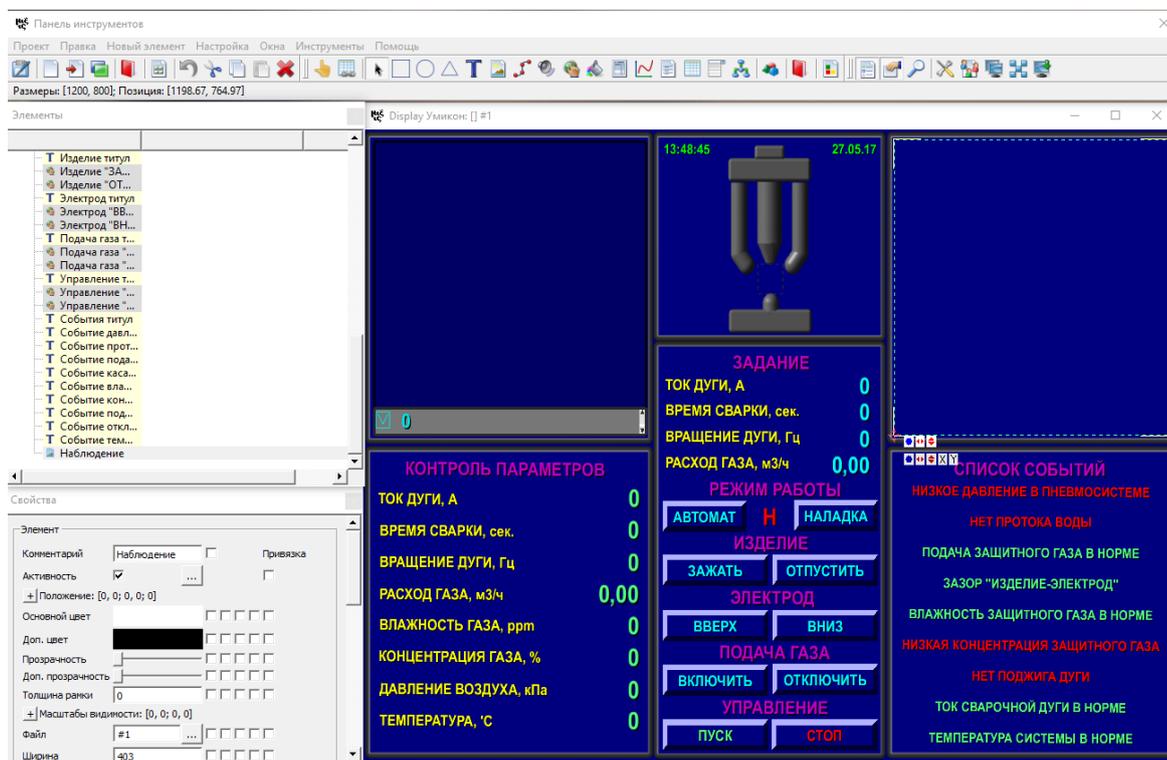


Рисунок 7 – Создание мнемосхемы в Display

В верхней части интерфейса расположена панель инструментов, содержащая различные элементы для работы с проектом, нанесения графических компонентов отображения и конфигурации окон.

Панель элементов расположена слева и отображает в виде дерева структуру проекта, содержащего графические примитивы и элементы управления.

Панель свойств предназначена для отображения и редактирования свойств текущего выбранного графического элемента или мнемосхемы.

Мнемосхема, используемая в проекте разработанной САУ, функционально разделена на шесть зон, находящихся в пределах элемента

отображения Frame редактора Display. На рисунке 11 на синем фоне расположено рабочее пространство мнемосхемы.

В ее левом верхнем углу имеется зона отображения тока сварочной дуги в виде графика, который строится в реальном времени. Ниже находится блок, отвечающий за вывод на экран основных параметров технологического процесса – значения тока дуги, времени сварки, влажности и концентрации газа и другие.

В середине мнемосхемы расположены две области. Верхняя отображает текущее дату и время, а также условное обозначение сварочной установки, при работе которой, для удобства восприятия оператором, присутствует анимированная пиктограмма сварочной дуги. Нижняя область предоставляет возможность ручного задания таких параметров, как значения тока дуги, времени сварки, частоты вращения дуги и расхода защитного газа. Также присутствуют кнопки задания режима работы установки: при нажатии на кнопку «АВТОМАТ» технологический процесс будет происходить в автоматическом режиме, при этом не будут доступны другие органы управления, кроме кнопок «НАЛАДКА» и «СТОП», для перехода в режим наладки или остановки процесса соответственно. При работе в режиме НАЛАДКА оператор вручную может управлять процессом сварки, таким как зажать или отпустить изделие, поднять или опустить электрод, а также обеспечить подачу защитного газа нажатием на соответствующие переключатели. В центре этой области помещена индикация текущего активного режима: автоматическому соответствует буква А, наладочному – Н.

В правой части мнемосхемы имеются области изображения с видеокамеры и списка текущих событий.

Камера видеонаблюдения подключается к системе МИКСИС посредством имеющийся в системе программы Capture. Для правильной работы системы необходимо в источнике видео указать подключенное устройство. Также указывается максимальная длина записи одного видеофайла, его размер и время, в течение которого оно актуально.

Для детального просмотра записей в программной среде МИКСИС предусмотрено средство просмотра видеозаписей Video View, включая просмотр

метаданных и множества записей с нескольких камер одновременно, работа которой показана на рисунке 8.

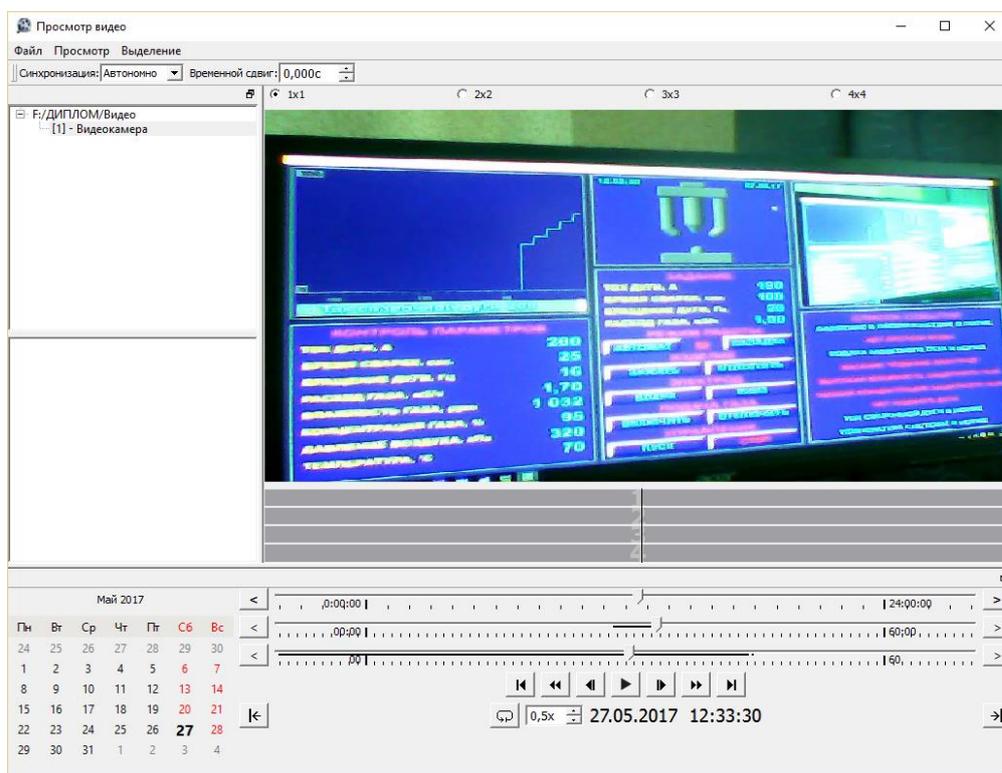


Рисунок 8 – Пример работы программы Video View

Список событий представлен набором сообщений, которые высвечиваются при достижении определенных условий, таких отклонение от нормы давления в пневмосистеме, влажности газа, температуры или наличие протока воды на охлаждение.

Демонстрация работы мнемосхемы в автоматическом и наладочном режимах представлены на рисунках 9 и 10 соответственно.

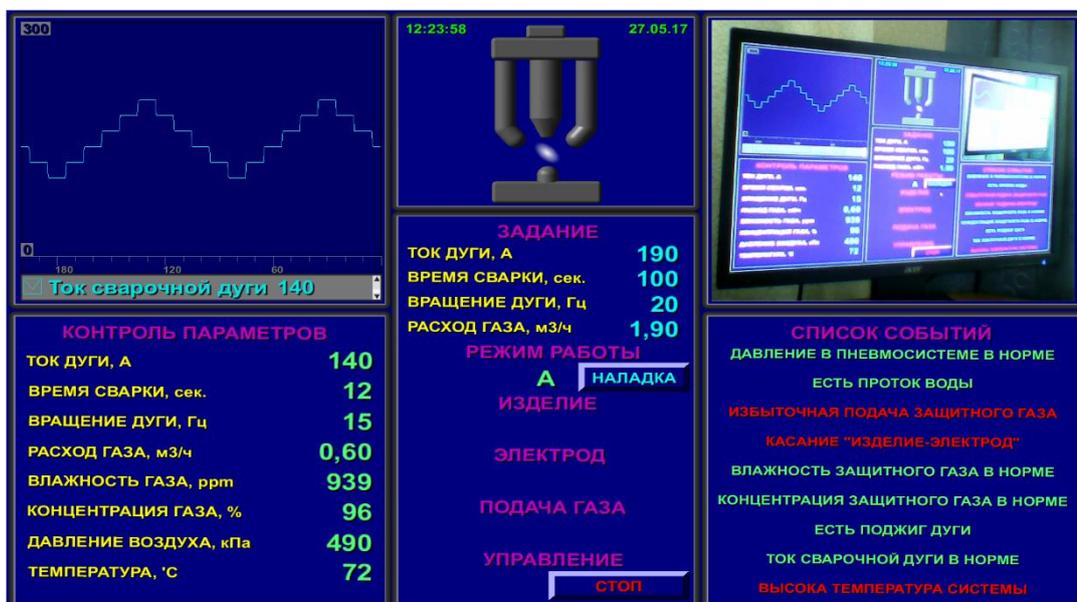


Рисунок 9 – Работа мнемосхемы в автоматическом режиме

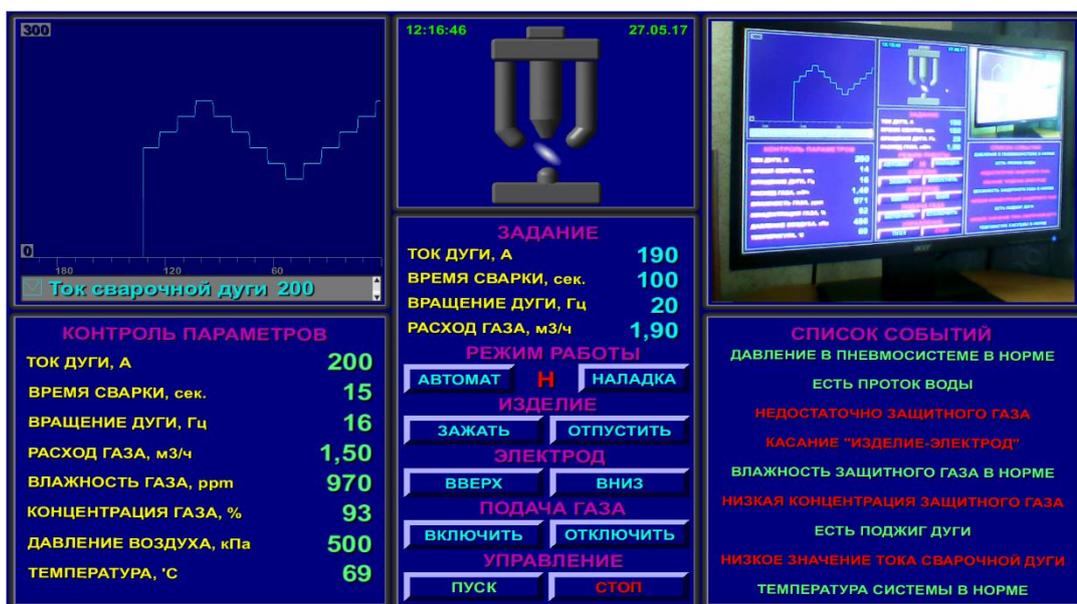


Рисунок 10 – Работа мнемосхемы в наладочном режиме

3.3 Конфигурация проекта и настройка модулей

Для возможности работы модулей ПТК, компьютером и, соответственно, разработанной мнемосхемой, необходимо выполнить ряд действий для конфигурации программы MWBridge.

При запуске приложения в левом верхнем углу экрана появится окно программы, с которого можно перейти на основное меню системного окна MWBridge для доступа к базе данных и средствам настройки и программирования.

Для обмена и хранения информации между модулями ПТК, мнемосхемой и внешней сетью необходимо обозначить переменные в базе в соответствии формой сигнала. Номер ячейки определяет, является ли значение аналоговым или дискретным. Пример работы с базой данных показан на рисунке 11.

Номер	Название	Описание	Посл.Значение	Статус	Время обновл.	Источник	Таймаут
A0	Current	Ток сварочной дуги	180	0	12:36:33.639	EMU. SAW0 100.00...	100000
A1	Time	Время сварки	24	0	12:36:34.685	EMU. SAW1 0.000.....	10000
A2	Rotation	Вращение дуги	15.894	0	12:36:33.770	EMU. SIN 14.000..1...	50000
A3	Flow	Расход газа	0.2	0	12:36:34.685	EMU. SAW0 0.000.....	10000
A4	Hygrometer	Содержание влаги	983	0	12:36:34.685	EMU. SAW0 900.00...	10000
A5	Argon	Концентрация арг...	100	0	12:36:34.685	EMU. SAW0 90.000...	10000
A6	Pressure	Давление в пневм...	370	0	12:36:34.685	EMU. SAW0 250.00...	10000
A7	Temperature	Температура в по...	68	0	12:36:29.693	EMU. SAW0 68.000...	70000
A8			###	###	###		60000
A9			###	###	###		60000
A10			###	###	###		60000
A11	Current_Target	Задание тока свар...	190	0	23:00:36.077		0
A12	Time_Target	Задание времени с...	200	0	19:56:25.399		0
A13	Rotation_Target	Задание вращения...	20	0	22:03:06.594		0
A14	Flow_Target	Задание потока газа	1.9	0	21:24:19.300		0
A15	ArgonStatus	Контроль подачи з...	0.15	0	12:36:33.938	EMU. SAW0 -0.500...	30000
A16	CurrentStatus	Контроль тока сва...	1	0	12:36:33.770	EMU. SAW0 -3.000...	50000
A17			###	###	###		60000
A18			###	###	###		60000

Рисунок 11 – Внешний вид базы данных

Настройка производится по щелчку мыши по соответствующей ячейке с выводом окна конфигурации, показанном на рисунке 13, где указывается наименование, описание, время актуальности значения, единицы измерения и другие параметры переменной.

Настройка ✕

Достоверность | Тренды | Синхронизация НСИ | Счётчики | Монитор

Основные | Значения | Усреднения | Шкалы | Сигнализация | Квитирование

Номер: Имя:

Тип: Описание:

Источник:

Едизм:

Значение: Время: Таймаут:

Состояние:

Проверка уставок и достоверности

Рисунок 12 – Работа с ячейкой базы данных

В целях работы с модулями в программе MWBridge эти модули необходимо инициализировать. Для этого существует специальная вкладка для работы с устройствами сетевого обмена – «УСО».

Интерфейс для конфигурации и результат подключения модулей показан на рисунке 13.

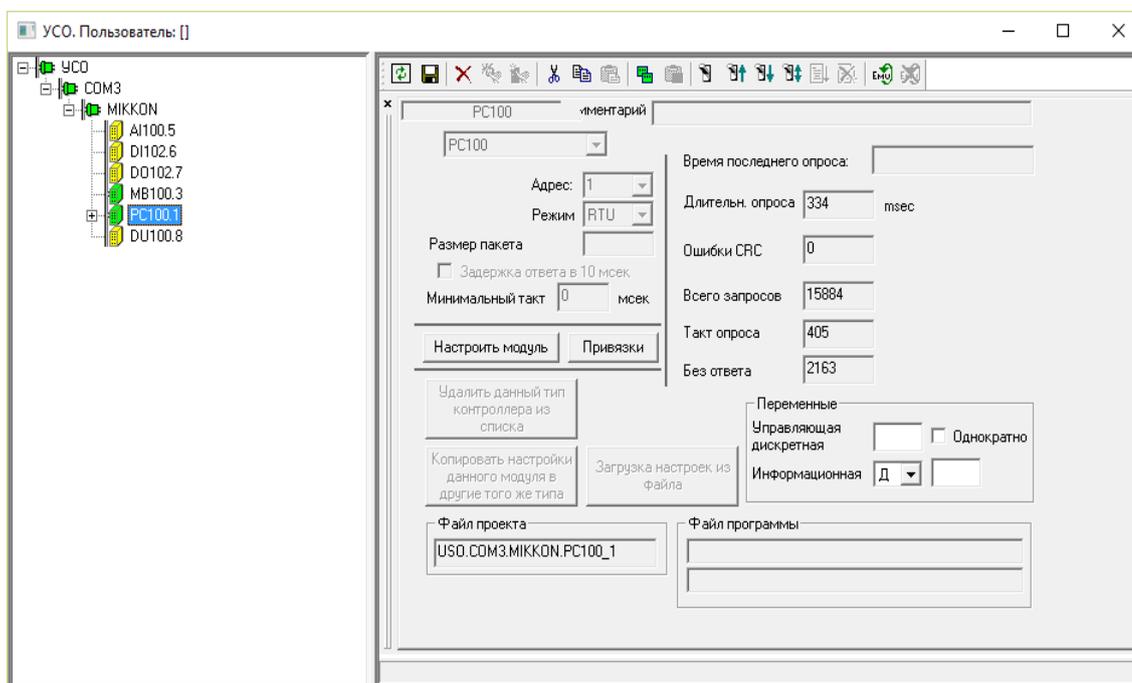


Рисунок 13 – Добавление устройств в проект

Предоставленный интерфейс позволяет выбрать доступные COM – порты, по которому модули будут взаимодействовать с ПЭВМ, создать протокол МИККОН, выбрать необходимые для разработанной системы модули ПТК и поместить их внутри корня проекта. При этом при конфигурации модулей указывается их адрес, который устанавливается механическими переключателями на задней панели устройств путем установки переключателей в одно из положений On или Off. Полученная комбинация представляет адрес модуля в двоичной системе. Для данной работы необходимо подключение устройств AI100, DI102, DO102, DU100, MB100, PC100.

После обозначения модулей, которые должны присутствовать в проекте, их необходимо сконфигурировать индивидуально. Так, PC100 требуется указать один из трех интерфейсов и диапазон адресов устройств, с которыми он будет

взаимодействовать, а блоку MB100 устанавливаются настройки АЦП или ПИД – регулятора. Примеры работы с модулями в настройках УСО показаны на рисунках 14 и 15.

Модуль: USO.COM3.MIKKON.PC100_1 [Запросов: 14735, ошибок: 2163] Редактирование...



	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	Канал 5
Входы	0	0	0	0	0
Входы нефилтр.					
Счётчики	0	0	1516	1516	12
Сброс счётч.					
Глубина фильтрац.	0	0	0	0	0
Постоянная сглаж.	0	0	0	0	0
Частота/период	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0100 [2, 2] 20101110 SBL
UMIKON 4252-0100-85646258 PC-100
Central Processor Module + DIO(I5/1)
Umikon Ltd. 2009

Время работы модуля, сек	62126
Время от старта модуля, сек	1261
Количество рестартов модуля	124
К-во записей настроек в FLASH	8
К-во записей прогр. в FLASH	0
Ошибка FRAM	0

Вывод
Длит.ШИМ (мсек) 0 Длит.ЧИМ (мсек) 0 Сохранять настройки DIO в flash
Период ЧИМ (мсек) 0 Текущее состояние: +
Энергонезависимая память Запись Чтение Ресурсы частоты и периода Режим расчёта частота за 1 сек

Маршрутизация
Интерфейс 1 Интерфейс 2 Интерфейс 3
Н.Адрес 3 0 0 0 0 0 0 0 Вкл табл.марш.
К.Адрес 3 0 0 0 0 0 0 0 Скорость 115200
Смещение 0 0 0 0 0 0 0 0 Таймаут, мсек: 1000
Паритет NO

Приём широковещательных пакетов
Н.Адрес 0 0 0 0 0 0 0 0
К.Адрес 0 0 0 0 0 0 0 0
Смещение 0 0 0 0 0 0 0 0

Программирование модуля

Рисунок 14 – Настройка PC100

Модуль: USO.COM3.MIKKON.MB100_3 [Запросов: 3449, ошибок: 972] Редактирование...



Дискретные
Вх 1 Вх 2 Сч 1 Сч 2
Выв. 1 Выв. 2
Сбр Ч. 1 Ч. 2

Аналоговые
Вх 1 23.09206 Вх 2 14.55664 Вых 65535

Т. модуля
Значение, °C 38.31246E
Ниж. уставка 0.0
Верх. уставка 0.0
Гистер.НУ 0.0
Гистер.ВУ 0.0

ПИД1
Работа Выход 23.101122 Уставка 5.0 Автомат Выход 0.017997

ПИД2
Работа Выход 0.000298 Уставка 1.0 Автомат Выход 0.0

Приоритет блокировок Вкл.

Аналоговые | Дискретные | Блокировки Вкл. | Блокировки Выкл. | ПИД | Табличное преобразование | Переменный ток | Настройки | Темпе

Входы	АЦП 1	АЦП 2	Ф ДВх 1	Ф ДВх 2
Вх. значен.	0.02861	14.556646	0.0	0.0
Калибр.(эл.вел.)	0.02861	14.556646	0.0	0.0
Корректир.	1.490403	14.556646	0.0	0.0
Нормир.(физ.вел.)	23.092068	14.556646	0.0	0.0
Корректир. знач.	0.0	0.0	0.0	0.0
Ниж. уставка	0.0	0.0	0.0	0.0
Верх. уставка	30.0	0.0	0.0	0.0
Гистер. НУ	0.0	0.0	0.0	0.0
Гистер. ВУ	0.0	0.0	0.0	0.0
Калибр. X1	0.0	0.0	0.0	0.0
Калибр. Y1	0.0	0.0	0.0	0.0
Калибр. X2	0.0	0.0	0.0	0.0
Калибр. Y2	0.0	0.0	0.0	0.0
К.Н. X1	0.0	0.0	0.0	0.0
К.Н. Y1	0.0	0.0	0.0	0.0

Вывод
0-20 mA Значение 65535
Инициализирующее значение 0

	X	Y
Калибр. 1	0	0
Калибр. 2	0	0
Калибр. 3	0	0
Калибр. 4	0	0

Код ЦАП 65535

Коррекция ХС
Кoeff. коррекции температуры ХС 1.5
Т. ХС 32.049091
Т. ХС после корр. 32.049091
Т. ХС после КЛА 22.65403
табл.калиб. преобр. 0

Рисунок 15 – Настройка MB100

3.4 Настройка трендов

Программа Trends программной системы МИКСИС позволяет в режиме реального времени просматривать тренды параметров технологического процесса, изменяющихся во время работы, либо восстановленные из архива данных. Интерфейс данного компонента оснащен панелью управления и вкладкой выбора переменных из базы данных, динамику которых необходимо отобразить. В качестве примера на рисунке 16 показаны изменения содержания влаги и концентрации аргона, снимаемые с датчиков разработанной САУ.

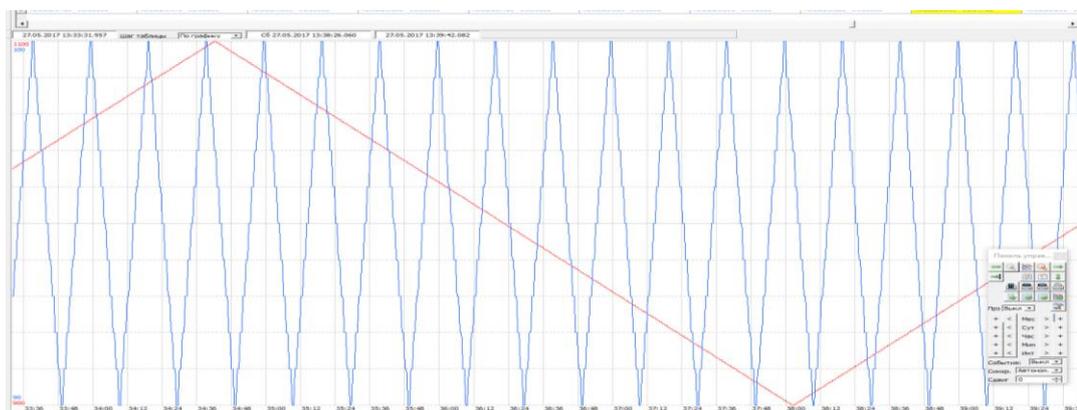


Рисунок 16 – Работа программы Trends

3.5 Разработка алгоритмов управления и контроля

Для реализации алгоритма работы установки необходимо создать программу и загрузить ее в модуль центрального процессора PC100.

Ядро реального времени КПО МикСИС поддерживает несколько типов технологического программирования:

- алгоблочное программирование (средний и верхний уровни);
- модуль вычислений;
- MikBASIC.

Также программа состоит из трёх циклов: основного, замедленного и медленного. Алгоблоки в каждом цикле выполняются последовательно. По завершении выполнения цикла начинает выполняться цикл более низкого приоритета (после «основного» – «замедленный», после «замедленного» – «медленный»).

Для работы с программой будет использоваться алгоблочное программирование среднего уровня. При открытии модуля во вкладке УСО необходимо перейти в настройки и затем во вкладку программирования модуля. Откроется окно создания программ, в котором располагаются различные средства управления проектом, создания, редактирования алгоблоков.

Блоки, используемые при программировании, в зависимости от назначения, имеют различные входы, выходы, в том числе служебные. При помещении алгоблока в программу можно настроить его нужным образом в соответствующем меню, как показано в приложении А.

В разработанной установке для контроля, задания параметров и управления необходимо организовать взаимодействие между модулями ПТК, подключенными к датчикам системы, и мнемосхемой, расположенной на ПЭВМ оператора. Помимо этого, в системе присутствует контур автоматического управления частотой вращения сварочной дуги, общий вид которой представлен на рисунке 17.

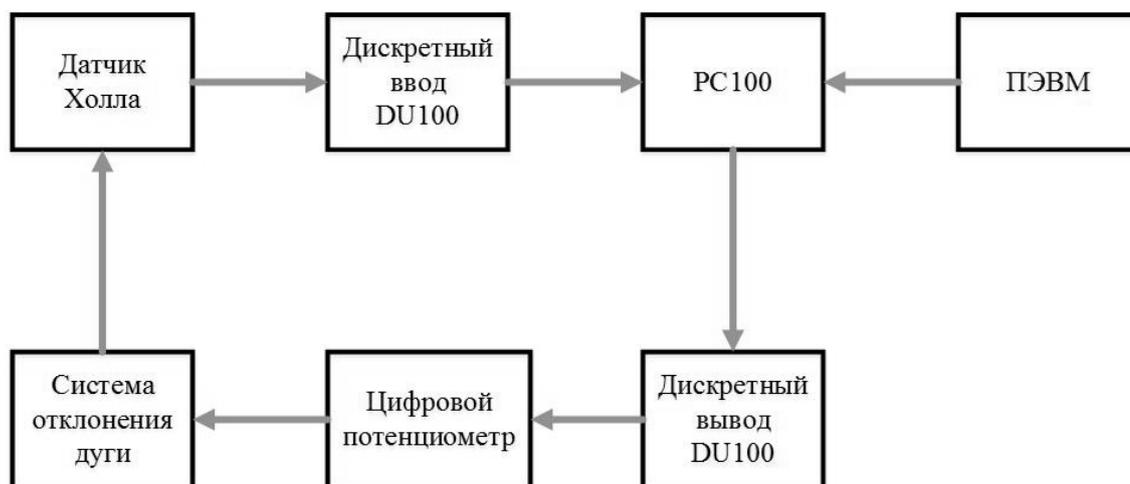


Рисунок 17 – Схема контура управления скоростью вращения дуги

Датчик Холла, установленный вблизи электромагнита отклонения дуги, срабатывает на изменение напряженности магнитного поля и генерирует электрический сигнал, поступающий на вход блока дискретного ввода-вывода DU100, который фиксирует срабатывание датчика. С другой стороны, оператор с помощью мнемосхемы задает необходимую частоту вращения. Значения

фактической частоты из модуля DU100 и частоты задания, взятой из ПЭВМ, сравниваются в модуле PC100, который формирует ошибку отклонения величины. В зависимости от ее значения, модуль центрального процессора выдает команду на дискретные выходы DU100 для генерации импульсов на увеличение или уменьшения сопротивления электронного потенциометра, который задает частоту включения электромагнитов и, соответственно, вращения дуги в системе отклонения.

Для получения значений параметров с датчиков в программе необходимо создать алгоблоки, которые бы считывали соответствующую информацию из модулей и передавали их в программу и базу данных соответственно.

Полностью разработанная программа показана в приложении Б.

Каждый алгоблок имеет позиционное обозначение X: Y, где X номер цикла, в котором выполняется программа, а Y – позиционный номер блока при его добавлении. Далее все блоки будут описаны в первом цикле. Алгоблок 1 системный и является зарезервированным. Блоки с номерами 2 и 13 предназначены для задания дискретного вывода и получения дискретных значений внутри программы из модуля DU100 соответственно. Дискретные входы DI102 описываются алгоблоком с номером 3. Моноблок MB100, взаимодействующий с источником тока дуги, описан алгоблоками 4 и 5, определяющие его аналоговые входные значения и дискретные выходы. Алгоблок 5 представляет входа модуля AI100. Блоки 7 и 8 предназначены для взаимодействия программы и базы данных и обмена между ними значений. Для работы с модулем DO102 и задания его дискретных выходов присутствует алгоблок с номером 16. Остальные блоки используются для реализации логики работы программы.

Программа реализует контур управления вращения дугой посредством получения входных с модуля DU100 (фактическая частота вращения) и значения частоты, заданной оператором и взятой из ячейки A13 базы данных MWBridge.

Данные поступают на вход арифметического алгоблока 9, где определяется разность измеренной частоты вращения и заданной. Полученная разность

поступает на блок сравнения с уставкой 10, в котором этот параметр сравнивается с заранее установленным значением на входе У1 этого алгоблока. Результат работы является значение выхода $< >1$, которое устанавливается в логическую единицу при нахождении сравниваемого значения больше уставки плюс или минус значения гистерезиса, заданного 1, иначе, при значении ниже данного, принимает логический ноль. Таким образом определяется знак ошибки отклонения, определяющей направление изменения сопротивления потенциометра, которое поступает на дискретный выход DU100.

Для изменения самого значения сопротивления необходимо формировать импульсы и подавать их на потенциометр в момент, когда отклонение фактической величины вращения от заданной заходит за определенный порог. В этих целях реализован генератор импульсов на базе арифметического алгоблока 9 и блока сравнения с уставкой 10. Третий вход 9 блока замкнут с его вторым выходом и суммирует его с константой увеличения 0,05, заданной на четвертом входе. Помимо этого, его выход также поступает на алгоблок 10, где сравнивается с заранее заданным числом, равным 2, и, достигнув его, выход логического блока сигнализирует арифметическому блоку сменить знак константы увеличения этого числа, тем самым уменьшая его. Далее при достижении нуля константа снова меняет знак и цикл замыкается, выдавая импульс определенной длительности при достижении граничных значений. В результате значения этих импульсов попадают на логический блок 12 вместе со значением нахождения отклонения вращения дуги в гистерезисе, и при положительном выражении этих условий подаются импульсы на изменение сопротивления потенциометра.

Технологический цикл в автоматическом режиме осуществляется путем нажатия кнопки АВТОМАТ на мнемосхеме оператора. Для его программной реализации используется логический алгоблок 14, который проверяет истинность значений выражений нахождения уставок параметров протока воды, концентрации, давления и расхода газа в норме, а также нажатия кнопки АВТОМАТ и касание электрода на алгоблоке 16. В результате выполнения всех этих условий запускается автоматический режим сварки, подача защитного газа,

поднятие электрода и фиксирование изделия и запускает таймер 17 с длительностью 3 секунды, который подготавливает к процессу источник тока и запускает дугу. По истечении этого интервала запускается таймер 18, вырабатывающий сигнал для работы источника до истечения, установленного оператором времени. В конце заданного интервала таймер сигнализирует о окончании сварки и подает логический сигнал на закрытие затвора подачи газа и разжатия изделия. Затем цикл повторяется снова при подачи другого изделия.

Для установки взаимодействия между программой и модулями существует модель слотов. Слоты являются механизмом обмена данными с внешними устройствами через порты или память. В настройках слота задаётся его количество и тип выводов (слот может либо читать данные, либо писать их) и адрес в памяти с которого они читаются или по которому записываются. Для некоторых типов слотов могут потребоваться дополнительные параметры. После создания слот добавляется также, как и алгоблок. В разработанной программе слотами являются блоки с номерами от 2 до 6, 13 и 16.

Помимо этого, поскольку в мнемосхеме отображаются основные текущие параметры с датчиков, необходимо передавать полученные данные из модулей ПТК в базу данных. Этого можно добиться добавлением специальных алгоблоков для работы с БД реального времени и соответствующих слотов модулей. Соединив необходимые входы и выходы данные будут поступать в базу. Тем не менее, в целях минимизации объёма кода, в программе был использован альтернативный подход для установки взаимодействия модулей и базы данных. Во вкладке УСО в дереве проекта отображены все задействованные модули, в настройках которых указаны все доступные входные и выходные параметры. Их значения можно связать с какой-либо ячейкой в базе данных, как показано на рисунке 18.

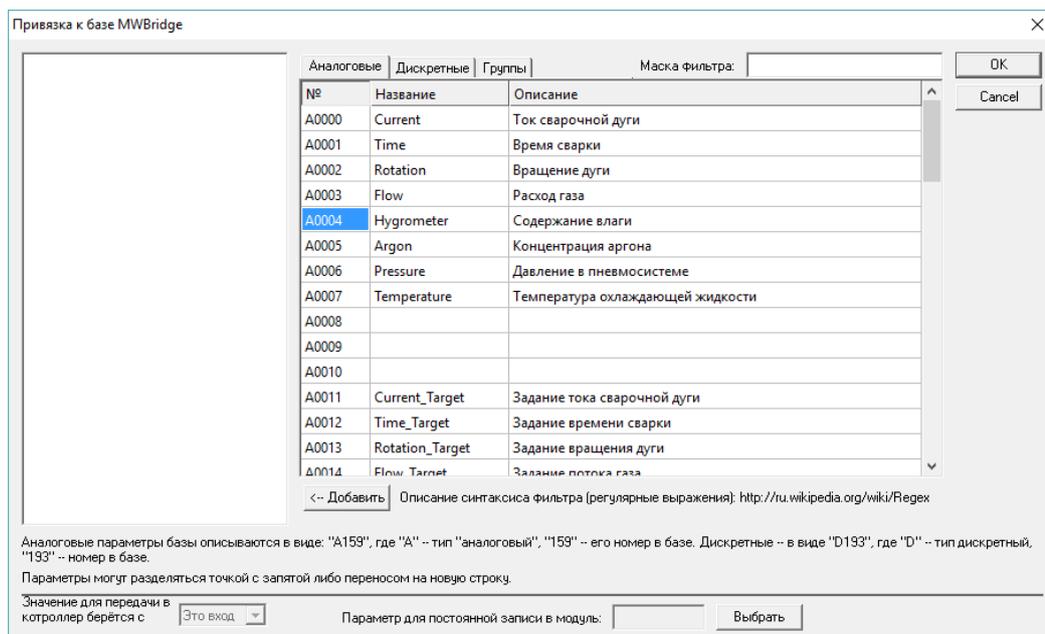


Рисунок 18 – Установка связи между ячейкой базы данных и модулем

Таким образом устанавливается связь модулей и базы данных MWBridge для отображения и задания некоторых параметров из мнемосхемы, таких как задание тока сварки, текущее давление, концентрация и другие значения.

В результате объединения всех вышеописанных этапов формируется программная часть системы автоматического управления аппаратом

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

На сегодняшний день научные исследования характеризуются в большей степени не только объемом работ и значимостью открытия, оценку которому на начальных этапах дать достаточно трудно, а также коммерческой составляющей проекта. Специалисты высокого уровня обладают качествами как технического, так и экономического профиля, способные привести обоснования финансовой эффективности своих технологических решений. Таким образом, задачей раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование систем, отвечающих требованиям перспективности, ресурсоэффективности и экономичности разработки, а также приведение необходимых расчетов для оценки ее коммерческого потенциала.

Данный раздел выпускной квалификационной работы включает в себя оценку коммерческого потенциала и перспективности разрабатываемой

установки – системы автоматического управления аппаратом аргодуговой сварки торцевых швов, используемой при обработке изделий типа труба – заглушка. Итогом предынвестиционного этапа является разработка опытного образца. Была произведена оценка вероятных альтернативных решений при проектировании проекта, отвечающих требованиям ресурсоэффективности и финансовым критериям. Далее рассматривается определение бюджетной, экономической и социальной эффективности объекта исследования.

Обозначенные в этом разделе темы позволят дать ориентировочную оценку коммерческой ценности, состояние и перспективы данной разработки и позволит дать ответы на такие вопросы, как будет ли продукт актуальным для рынка, какова оценочная стоимость продукта, какой объем бюджетной составляющей проекта, каковы сроки для выдвижения объекта исследования на рынок и другие.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

При анализе потребителей разработанной системы нужно уделить внимание рассмотрению целевого рынка и его сегментированию.

Объектом разработки является система автоматического управления аппарата аргонодуговой сварки торцевых швов. Установка предназначена для соединений изделия типа труба – заглушка. Основная доля потребителей, на которое рассчитана данная система, является предприятия тяжелого машиностроения, самолетостроения, химической и теплоэнергетической промышленности и прочие. Также, в целях научных исследований, проект рассчитан на использование в лабораторных условиях.

Сегментирование рынка произведено по следующим критериям: размер компании-заказчика и вид компании, в которые попадают машиностроительные, атомноэнергетические и научно – исследовательские предприятия как наиболее вероятные потребители.

В таблице 8 представлена карта сегментации рынка, а на рисунке 19 пояснение к ней.

Таблица 8 – Карта сегментирования

Критерий		Вид компании		
		Машиностроение	Атомная энергетика	Научно – исследовательские предприятия
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Рисунок 19 – Пояснение к карте сегментации

Исходя из результатов таблицы 8, свободные ниши для внедрения САУ аргонодуговой сварки, на которые стоит акцентировать внимание, являются мелкие предприятия в машиностроительном и научно – исследовательском и атомноэнергетическом секторе. Основные усилия следует сосредоточить при освоении рынков мелких машиностроительных и наукоемких отраслей.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Показатели оценки качества разработки							
Энергоэффективность	0,1	3,5	4,0	3,0	0,4	0,4	0,3
Помехоустойчивость	0,05	3,8	1,5	2,0	0,2	0,1	0,1
Надежность	0,1	4,0	4,5	3,5	0,4	0,5	0,4
Унифицированность	0,1	2,5	1,0	3,0	0,3	0,1	0,3
Уровень материалоемкой разработки	0,05	3,0	1,0	1,5	0,2	0,1	0,1
Уровень шума	0,05	3,3	3,0	2,5	0,2	0,2	0,1
Безопасность	0,1	3,0	3,5	4,5	0,3	0,4	0,5
Потребность в ресурсах памяти	0,05	4,5	2,5	3,5	0,2	0,1	0,2
Функциональная мощность	0,1	2,5	3,0	3,0	0,3	0,3	0,3
Простота эксплуатации	0,1	3,5	1,5	2,5	0,4	0,2	0,3
Качество интеллектуального интерфейса	0,1	3,0	3,5	2,5	0,3	0,4	0,3
Возможность подключения к ЭВМ	0,1	3,5	3,5	3,0	0,4	0,4	0,3

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки							
Конкурентоспособность	0,1	1,5	2,5	3,0	0,15	0,25	0,30
Уровень проникновения на рынок	0,1	0,5	3,0	1,0	0,05	0,30	0,10
Перспективность рынка	0,2	4,0	4,0	4,0	0,80	0,80	0,80
Цена	0,1	3,0	1,5	2,5	0,30	0,15	0,25
Послепродажное обслуживание	0,1	3,5	2,0	1,5	0,35	0,20	0,15
Финансовая эффективность	0,2	3,3	2,5	3,5	0,65	0,50	0,70
Срок выхода на рынок	0,1	1,5	3,5	2,5	0,15	0,35	0,25
Наличие сертификации разработки	0,1	0,5	2,0	3,0	0,05	0,20	0,30
Итого	1						

Слабыми сторонами проекта являются низкий уровень проникновения на рынок и отложенный срок выхода на него, а также цена.

В то же время, продукт удовлетворяет таким показателям, как энергоэффективность, материалоемкость и простота обслуживания. Таким образом, продукт является конкурентоспособным в условиях существующего рынка.

Для анализа внешней и внутренней среды разработки был проведен комплексная оценка наукоемкой системы – SWOT-анализ. Результатом является матрица SWOT-анализа, полученная при проведении различных этапов исследования, и показана в таблице 14. В таблицах 10, 11, 12, 13 приведены интерактивные матрицы.

Таблица 10 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	0	-	+
	B2	+	0	-	-	0	-
	B3	+	+	0	-	+	+
	B4	0	+	-	+	0	-
	B5	-	0	+	0	0	0

Таблица 11 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	0	-	-	+	+
	B2	0	+	+	-	0
	B3	+	0	-	0	+
	B4	+	-	-	0	0
	B5	+	-	0	-	-

Таблица 12 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	+	-	0	-	-	+
	У2	-	0	-	0	0	0
	У3	-	0	-	0	+	+
	У4	0	-	0	0	+	-
	У5	+	0	-	0	0	-

Таблица 13 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	0	+	+	-	-
	У2	-	+	+	0	-
	У3	-	-	0	-	+
	У4	0	+	+	-	+
	У5	-	0	-	+	0

Таблица 14 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Экономичность и ресурсоэффективность установки.</p> <p>С2. Интеграция с существующим технологическим циклом.</p> <p>С3. Ориентированность на отечественных пользователей проекта.</p> <p>С4. Автоматизированность процесса.</p> <p>С5. Наличие работоспособного проекта.</p> <p>С6. Использование инфраструктуры ТПУ.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Дорогостоящее оборудование.</p> <p>Сл2. Неоптимальный подбор компонентов установки.</p> <p>Сл3. Ограниченность операционной системы при запуске программной части.</p> <p>Сл4. Узконаправленность технологического процесса.</p> <p>Сл5. Отсутствие собственных средств для реализации.</p>
Возможности:	B1B5C2C3 - Проведение рекламных компаний среди	B2Сл2Сл1 - Зарубежные конкуренты имеют

<p>В1. Рост востребованности автоматизации процессов в различных отраслях промышленности.</p> <p>В2. Повышение стоимости конкурентных установок.</p> <p>В3. Высокий износ объектов основных средств (до 70%).</p> <p>В4. Повышение распространения промышленных ПЛК.</p> <p>В5. Тенденция к импортозамещению.</p>	<p>потенциальных предприятий атомной и машиностроительных отраслей, продвижение проекта на конференциях, в сети Интернет.</p> <p>В3С1 – Устаревшие и выработавшее оборудование можно заменить более новыми и надежными решениями, представленными в проекте</p>	<p>возможность покупать оборудование по более выгодным ценам.</p> <p>Для компенсации неоптимального подбора компонентов проекта необходимо произвести детальный анализ рынка оборудования.</p> <p>В1Сл4 – узконаправленность установки не обеспечивает гибкость автоматизации проекта на предприятии. Для этого необходимо переработка и внесение изменений в технические решения проекта.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Наличие более развитых конкурентных решений.</p> <p>У2. Устаревание технологии, используемой в проекте.</p> <p>У3. Несвоевременное финансирование.</p> <p>У4. Изменчивость решений со стороны поставщиков.</p> <p>У5. Отсутствие собранной установки.</p>	<p>У3С6 - Используя инфраструктуру ТПУ можно получить минимальное финансирование на конструирование опытного образца.</p> <p>У5С5 – Отсутствие физического функционирующего решения снижает привлекательность проекта среди инвесторов. Наличие готовых решений и минимальное финансирование позволят создать готовую рабочую установку.</p>	<p>У1Сл3 – более наукоемкие решения предлагают гибкие технологии, охватывающие широкий спектр задач. Детальная проработка и анализ технологий позволят вывести проект на должный уровень.</p> <p>У5Сл5 – отсутствие минимальных средств на разработку проекта и создания опытного образца снижает привлекательность системы для потенциальных потребителей. Получение гранта или финансирование в атомной отрасли по проекту ПРОРЫВ позволит решить эту проблему.</p>

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

При построении и проектировании комплексных систем и выявления оптимального технического решения был использован SWOT – анализ. Существует также морфологический способ нахождения эффективных решений из множества существующих альтернатив.

Морфологический подход базируется на последовательном нахождении всех теоретически реализуемых вариантов, происходящих из свойств морфологии объекта разработки. Методом сопоставления вариантов генерируют разнообразный набор технических решений, некоторые из которых представляют практический интерес.

Для определения таких вариантов составляется морфологическая матрица. При построении этой матрицы для САУ аргонодуговой сварки были выделены следующие признаки: Технический комплекс ПЛК, система стабилизации скорости вращения дуги, защитный газ, источник тока сварочной дуги.

Полученная в результате морфологическая матрица с 3-мя возможными параметрами выбора для каждого из критериев представлена в таблице 15.

Таблица 15 - Морфологическая матрица

Варианты исполнения	1	2	3
А.Технический комплекс ПЛК	УМИКОН	Siemens	Без ПЛК
Б.Система стабилизации скорости вращения дуги	Цифровой потенциометр	Механический потенциометр	Без стабилизации
В. Защитный газ	Аргон	Гелий	Азот
Г.Источник тока сварочной дуги	Tetrix 300	ТИР – 300Д	ДС 200 А.3

Оптимальными комбинациями являются следующие варианты.

А1Б1В1Г1 – система задействует ПТК «УМИКОН», при управлении скорости дуги используется цифровой потенциометр, защитная среда – аргон, а источник тока Tetrix 300. Является спроектированным вариантом и по технологическим характеристикам превосходит остальные.

А1Б2В1Г1 – Siemens, механический потенциометр, гелий, Tetrix 300. При реализации стабилизации оборотов требуется дополнительная электромеханическая вязь между вырабатывающий электрический управляющий сигнал контроллером и аналоговым реостатом.

А1Б1В2Г2 – УМИКОН, цифровой потенциометр, гелий, ТИР – 300Д. При данной конфигурации установки возрастает стоимость из - за использования гелия. Также Источник тока вырабатывает только прямоугольную форму тока.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работы в рамках научного исследования

Порядок планирования совокупности необходимых работ представлен в следующем виде:

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

Для реализации проекта необходимы исполнители в лице руководителя и инженера. Перечень этапов, работ и исполнителей приведен в таблице 16.

Таблица 16 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка задачи	1	Планирование работ в соответствии с календарным планом	Руководитель, инженер
Разработка технического задания - ТЗ	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Теоретические исследования	3	Изучение технологии и соответствующих разделов тематики, постановка целей и задач.	Инженер
	4	Выбор способа решения задачи	Руководитель, инженер
	5	Разработка структурной и принципиальной схем	Инженер
	6	Выбор основных элементов системы	Инженер
Экспериментальные исследования	7	Создание программной части	Инженер
	8	Тестирование и отладка работы устройства	Инженер
	9	Установка системы	Инженер
	10	Оптимизация и отладка аппаратной части	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка полученных результатов	Руководитель

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	12	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	Инженер
	13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Немаловажную часть статью расходов включает в себя трудовые затраты, трудоемкость работ каждого из участников определить ниже.

Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется формула (1):

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

где $t_{ожі}$ – 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 и параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобной и наглядной формой представления графика проведения работ является ленточный график в форме диаграммы Ганта.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} , \quad (3)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} , \quad (4)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Воспользуемся формулой 4 для определения коэффициента календарности:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - (T_{вых} + T_{пр})} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22 .$$

Полученные данные сведены в таблицу 17

Таблица 17 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях, T_{k_i}	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{ож_i}$, чел-дни		T_{p_i}			
	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент
Изучение технологии и соответствующих разделов тематики, постановка целей и задач.	4	6	7	8	5,2	6,8	2,6	3,4	4	5
Составление и утверждение технического задания	3	3	5	5	3,8	3,8	1,9	1,9	3	3
Планирование работ в соответствии с календарным планом	1	2	1	3	1	2,4	0,5	1,2	1	2
Выбор способа решения задачи	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
Разработка структурной и принципиальной схем		4		7		5,2		5,2		8
Выбор основных элементов системы		7		10		8,2		8,2		10
Создание программной части		4		8		5,6		5,6		7

Тестирование и отладка работы устройства		2		4		2,8		2,8		4
Установка системы		5		10		7		7		9
Оптимизация и отладка аппаратной части	2	3	5	6	3,2	4,2	1,6	2,1	2	3
Оценка полученных результатов	3		5		3,8		3,8		6	
Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта		4		8		5,6		5,6		7
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		3		5		3,8		3,8		5

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

На основе полученной таблицы строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам. Результат представлен в таблице 18.

Таблица 18 - Календарный план-график выполнения проекта

№	Вид работ	Исполнители	T_{k_i} , кал дн.	Продолжительность выполнения работ											
				март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Изучение технологии и соответствующих	Руководитель, студент	9												

№	Вид работ	Исполнители	T_{k_i} , кал дн.	Продолжительность выполнения работ														
				март			апрель			май			июнь					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
	разделов тематики, постановка целей																	
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент	6															
3	Выбор метода решения задачи	Руководитель, студент	3															
4	Планирование работ в соответствии с календарным планом	Руководитель, студент	2															
5	Разработка структурной и принципиальной схем	Студент	8															
6	Выбор основных элементов системы	Студент	12															
7	Создание программной части	Студент	9															
8	Тестирование и отладка работы устройства	Студент	4															
9	Установка системы	Студент	11															
10	Оптимизация и отладка аппаратной части	Руководитель, студент	5															
11	Оценка полученных результатов	Руководитель	6															
12	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	Студент	9															
13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент	6															

4.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (5)$$

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;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, составляющий 20% от стоимости материалов.

В таблице 19 сведены данные о материальных затратах на научное исследование.

Таблица 19 - Материальные затраты

Вид исполнения	Наименование материалов	Цена за ед., руб	Количество	Сумма, руб
А1Б1В1Г1 (исп. 1)	ПТК «УМИКОН»	70000	1	70000
	Датчик давления АИР – 10L	10000	1	10000
	Блок питания БП 906/24	5000	1	5000
	Прецизионное сопротивление С2-29В-0,25-120	200	3	600
	Регулятор расхода РРГ - 10	40000	1	40000
	Гигрометр Байкал – 5Ц	5000	1	5000
	Газоанализатор АГ 0012	40000	1	40000
	Пневмораспределитель В64-13А-03	2000	2	4000

Вид исполнения	Наименование материалов	Цена за ед., руб	Количество	Сумма, руб
	Блок питания Mean Well WDR -240 -24	5000	1	5000
	Источник тока Tetrix 300	400000	1	400000
	Термосопротивление TCM 9422	500	1	500
	Резистор МЛТ - 2	50	1	50
	Блок питания Mean Well QR 100 - C	11000	1	11000
	Датчик Холла Allegro Microsystems A3141	150	1	150
	Блок питания Mean well HDR – 15 - 5	4000	1	4000
	Реле протока WATTS FLU25	2000	1	2000
	Автоматический выключатель АВВ 3-полюсный S203 C20	1500	1	1500
	Реле АВВ CM – SRS – 11S	1000	1	1000
	Гнездо АВI-IF 50-70	300	2	600
	Кнопка NP2 – BS542	300	1	300
	Кнопка FPB 2511	100	1	100
	Контактор abb a40-30-10	3000	1	3000
	Промышленный ПЭВМ AFL2 – 12А – НМ65	70000	1	70000
	Цифровой потенциометр AD5227	1500	1	1500
	Система отклонения дуги УСТШ – 1	250000	1	250000
	Соединительные провода 1км	3500	1	3500
	Итого:			929000
А1Б2В2Г1 (исп. 2)	ПТК «УМИКОН»	70000	1	70000
	Датчик давления АИР – 10L	10000	1	10000
	Блок питания БП 906/24	5000	1	5000
	Прецизионное сопротивление С2-29В-0,25-120	200	3	600
	Регулятор расхода РРГ - 10	40000	1	40000
	Гигрометр Байкал – 5Ц	5000	1	5000
	Газоанализатор АГ 0012	40000	1	40000

Вид исполнения	Наименование материалов	Цена за ед., руб	Количество	Сумма, руб
	Пневмораспределитель В64-13А-03	2000	2	4000
	Блок питания Mean Well WDR -240 -24	5000	1	5000
	Источник тока ТИР – 300Д	200000	1	400000
	Термосопротивление TCM 9422	500	1	500
	Резистор МЛТ - 2	50	1	50
	Блок питания Mean Well QP 100 - С	11000	1	11000
	Датчик Холла Allegro Microsystems A3141	150	1	150
	Блок питания Mean well HDR – 15 - 5	4000	1	4000
	Реле протока WATTS FLU25	2000	1	2000
	Автоматический выключатель АВВ 3-полюсный S203 C20	1500	1	1500
	Реле АВВ СМ – SRS – 11S	1000	1	1000
	Гнездо АВИ-IF 50-70	300	2	600
	Кнопка NP2 – BS542	300	1	300
	Кнопка FPB 2511	100	1	100
	Контактор abb a40-30-10	3000	1	3000
	Промышленный ПЭВМ AFL2 – 12А – НМ65	70000	1	70000
	Цифровой потенциометр AD5227	1500	1	1500
	Система отклонения дуги УСТШ – 1	250000	1	250000
	Соединительные провода 1км	3500	1	3500
	Итого:			729000

4.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной техники, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по

конкретной теме. Расчет по приобретению спецоборудования включены в таблицу 20.

Таблица 20 - Расчет бюджета на приобретение спецоборудования

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Паяльная станция	10000	1	10000
Персональный компьютер	15000	1	15000
Мультиметр	1200	1	1200
Итого:			26200

Дополнительные затраты на амортизацию рассчитываются при использовании линейного способа начисления по дням по формуле:

$$M = P * K \quad (6)$$

Где K – норма амортизации в расчете по дням, равная $1/365 = 0,003$;

P – стоимость амортизируемого оборудования, превышающего 40 000 руб.

M – Дополнительная сумма затрат на амортизацию.

D – Срок полезного использования оборудования.

В таблице 21 представлены показатели сумм линейного начисления для амортизации компонентов.

Таблица 21 – Расчет амортизации компонентов

Наименование компонента	Стоимость, руб.	Сумма амортизации, руб/день.
ПТК «УМИКОН»	70000	192
Источник тока ТИР – 300Д(для исп.2)	200000	548
Промышленный ПЭВМ AFL2 – 12А – НМ65	70000	192
Система отклонения дуги УСТШ – 1	250000	685
Источник тока Tetrrix 300 (для исп.1)	400000	1096

В результате для второго исполнения амортизационные расходы составляют 1616 рублей в сутки, а для первого – 2027 рублей в сутки. При

пересчете за 4 месяца для исп.1 сумма составит примерно 243000 руб., для исп. 2 – 194000 руб.

4.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

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

$$Z_{zn} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o}, \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Баланс рабочего времени приведен в таблице 22.

Таблица 22 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (праздники/выходные)	66	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	50	60
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	187

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_o) \cdot k_p, \quad (10)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_o – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

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

Месячный должностной оклад работников Томского политехнического университета указан в «Таблице окладов ППС и НС» ТПУ.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 23.

Таблица 23 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{mc} , руб	k_{np}	k_o	k_p	Z_m	$Z_{дн}$	F_o	T_p	$Z_{доп}$	$Z_{осн}$
Руководитель	22052	0,3	0,4	1,3	48735	2573	197	11,1	28560,3	28560,4
Мл. науч. сотрудник	14099	0,3	0,4	1,3	31159	1733	187	47,5	11424,1	82317,2
Итого:									44351,4	110878,6

4.3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (11)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимается равным 0,13. Расчеты дополнительной заработной платы включены в таблицу 10.

4.3.4.5 Отчисление во внебюджетные фонды

В данной статье отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (12)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений приведен в таблице 24.

Таблица 24 - Расчет размеров отчислений во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная з/п, руб.	Дополнительная з/п, руб.	Коэффициент отчислений	Итого для каждого	Итого
Руководитель	28560,4	28560,3	0,271	15480	40884
Студент	82317,2	11424,1		25404	

4.3.4.6 Прочие расходы

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

$$Z_{накл} = (\sum статеи) \cdot k_{пр}, \quad (13)$$

Совокупность статей и их стоимость, представлена в таблице 25.

Таблица 25 – Прочие расходы

Наименование	Количество	Стоимость, руб.
Бумага формат А4, упаковка	1 шт.	500
Канцелярские товары	5 шт.	200
Электроэнергия	1160 кВт	1740
Интернет	4 мес.	600
Итого:		3040

4.3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции

Определение бюджета затрат приведено в таблице 26.

Таблица 26 - Расчет бюджета НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп. 1	Исп. 2
Материальные затраты НИИ	929000	729000
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	26200	26200
Затраты по основной заработной плате исполнителей	110878	110878
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	44351	44351
Отчисления во внебюджетные фонды	40884	40884
Прочие расходы	3040	3040
Амортизация за 4 месяца	243000	194000
Бюджет затрат НИИ	1397353	1148353

4.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального финансового показателя, определяемого по следующей формуле:

$$I_{финр}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (14)$$

где $I_{финр}^{испi}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Полученные данные приведены в таблице 27.

Таблица 27 - Расчет интегрального финансового показателя

Вариант исполнения	Φ_{max}	Φ_{pi}	$I_{финр}^{испi}$
Исп. 1	1397353	1397353	1
Исп. 2		1148353	0,82

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

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

a_i – весовой коэффициент для i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительный анализ приведен в таблице 28.

Таблица 28 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2
Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5
Удобство в эксплуатации	0,2	5	4
Энергосбережение	0,25	3	3
Надежность	0,25	4	3
Помехоустойчивость	0,2	4	4
Итого	1		

$$I_{p1} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,05$$

$$I_{p2} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 + 0,25 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 = 3,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}} \cdot \quad (16)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 29.

Таблица 29 - Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый показатель	1	0,82
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,05	3,6
Интегральный показатель эффективности	4,09	3,6

Исходя из полученных данных сравнения финансовой и ресурсной эффективности различных вариантов исполнения, более эффективным является первый вариант исполнения.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) ИСО 26000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

5.2 Введение

Объект исследования - разработка системы автоматического управления аппаратом аргодуговой сварки торцевых швов.

Согласно техническому заданию (ТЗ) планируется спроектировать автоматическую систему сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа для сварки торцевых швов. Под автоматической системой подразумевается система, которая автоматически подготавливает изделие к обработке (фиксирует и поднимает деталь), сваривает изделие при заданных параметрах, при этом происходит контроль, регулирование и сигнализация основных параметров технологического процесса, разжимает и опускает деталь для дальнейших манипуляций в ходе технологического процесса.

Для выполнений требований ТЗ необходимо установить ряд датчиков, источников питания, программно-технический комплекс, содержащий программируемый логический контроллер (ПЛК) и создать автоматизированное рабочее место (АРМ) посредством установки ПЭВМ на пост управления оператора.

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на производственную деятельность технологического персонала, работающего с автоматизированной системой управления технологическим процессом, выявлены воздействия разрабатываемой системы на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

5.3 Производственная безопасность

5.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74 делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 30.

Таблица 30 - Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none"> • Управление механизмами поста управления, работа с ПЭВМ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Повышенная температура поверхности оборудования, и материалов. 	<ul style="list-style-type: none"> • Движущиеся механизмы, подвижные части производственного оборудования. • Электрический ток. 	<ul style="list-style-type: none"> • Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96;

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none"> • Выполнение визуальных осмотров и профилактических работ всех основных и вспомогательных механизмов до начала их использования при выполнении работ. • Ведение технологического процесса сварки торцевых швов. 	<ul style="list-style-type: none"> • Повышенная напряженность зрения. • Повышенный уровень электромагнитных излучений. • Повышенная яркость света. • Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации. • Повышенный уровень шума на рабочем месте. 		<ul style="list-style-type: none"> • Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; • Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. • Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СП 60.13330.2012 • Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. • ГОСТ 12.4.253-2013 ССБТ Средства индивидуальной защиты глаз. Общие технические требования.

Данные явления могут негативно повлиять на состояние здоровья, вызвать аварийную или травмоопасную ситуацию. Для предотвращения этих факторов следует установить эффективный контроль за выполнением требований и норм, обозначенных к данным параметрам.

5.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при работе объекта исследования

Психофизиологические особенности в контексте современного интенсивного задействования ЭВМ и возможности человека имеют большое значение при проектировании рабочих мест и вычислительной техники, обеспечивающих высокую производительность труда и сохранение здоровья людей.

Немаловажную роль играет планировка рабочего места при модернизации технологического процесса. К нему предъявляется ряд требований, таких как соответствие правилам охраны труда, требования удобства выполняемой работы, правила эргономичности и экономии энергии.

«Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 является главным документом, в котором регламентируются условия работы с ПЭВМ.

В данных правилах обозначены основные требования, предъявляемые к помещениям, уровням шума и вибрациям, климату рабочих мест и их освещенности, организации и оборудования.

Главным опасным фактором на рабочем месте является вероятность поражения электрическим током. При анализе состояния помещения, в котором располагается автоматизированное рабочее место, установлено, что оно соответствует классу помещений без повышенной опасности по классификации ПУЭ.

Высокое напряжение в сети, служащее для питания аппаратуры приборов системы управления на рабочем месте оператора, является основным опасным производственным фактором.

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)

5.3.3.1 Механические опасности

Основные последствия механических опасностей, которые способен вызвать объект исследования:

- защемление или раздавливание;
- порезы.

К средствам защиты работающих от механического травмирования (физического опасного фактора) согласно ГОСТ 12.4.125 – 83 ССБТ относятся:

- оградительные устройства;
- предохранительные – блокировочные устройства;
- тормозные устройства.

В разработанной системе автоматического управления аппаратом дуговой сварки оператор находится в помещении управления и не имеет непосредственного контакта с работающими механизмами. При необходимости взаимодействия с установкой необходимо предварительно остановить ее работу. В экстренном случае в системе предусмотрена кнопка аварийной остановки аппарата, находящаяся у оператора.

В данной системе предусмотрены сигнализации о превышении технологических параметров, которые высвечиваются на экране оператора.

5.3.3.2 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ

В документе СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 прописаны основные требования к помещениям для эксплуатации ПЭВМ. Согласно этим требованиям помещения должны быть оборудованы искусственным и иметь доступ к естественному освещению. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 м² и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5 м².

Для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ должны использоваться диффузионно-отражающие материалы с коэффициентом отражения от потолка – 0.7 - 0.8; для стен – 0.5 - 0.6; для пола – 0.3 - 0.5.

5.3.3.3 Микроклимат

Еще одним значимым фактором, непосредственно воздействующим на человека в процессе работы, является микроклимат (температура, влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне). Он влияет на теплообмен в помещении, нарушение которого может вызвать гипертермию.

Вид работ на данном АРМ производится сидя и не требует систематического физического напряжения и соответствует категории Ia. Оптимальные нормы параметров (температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха) приведены в таблице 31 исходя из СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. и СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 31 - Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работы	Температура, С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1

Существующие допустимые микроклиматические условия обеспечивают нормальное тепловое и функциональное состояние человека в норме на протяжении 8-часовой рабочей смены. Их установка требуется при условии особых технологических, экономических или экономических требований, которые противоречат применениям оптимальных величин.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 32.

Таблица 32 - Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	20-25	15-75	0,1
Теплый	Ia	21-28	15-75	0,1-0,2

В целях обеспечения существующих норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочем месте и в помещении задействуют вентиляционные системы. При работе в холодном времени года устанавливаются оборудования отопления. Радиаторы должны устанавливаться в местах, закрытых металлическими или деревянными решетками.

5.3.3.4 Освещение

Важнейшим фактором при создании нормальной рабочей зоны является освещение. Источники освещения могут быть искусственными или естественными. На месте рабочего места оператора задействовано смешанное освещение.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк (СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Согласно СНИП 23-05-95 нормы на освещение для оператора поста управления берутся для производственных помещений. Эти нормы представлены в таблице 33.

Таблица 33 - Нормы на освещение для оператора

Характер зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение		Естественное освещение КЕО ен, % при боковом
			Освещенность при системе общего освещения, лк	Коэффициент пульсации Кп, %	
Различение объектов высокой точности	Б	1	300	15	1,0

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, размерами: длина $A = 4$ (м), ширина $B = 3$ (м), высота $H = 2,4$ (м), количество ламп $N = 4$ (шт).

Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет $0,8$ (м) и установлена минимальная норма освещенности $E = 300$ (Лк).

Световой поток ламп определяется по формуле:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta), \quad (17)$$

Где: E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, (Лк);

S – площадь освещаемого помещения, (m^2);

K_z – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника

Z – коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным $Z = 1,1$;

n – число светильников;

η - коэффициент использования светового потока, (%);

Φ – световой поток, излучаемый светильником.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} \quad (18)$$

Выполним вычисления параметров с использованием следующих формул:

$$h = H - 0,8 = 2,4 - 0,8 = 1,6 \text{ (м)} \quad (19)$$

где h – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Экономичность осветительной установки выражается следующей формулой:

$$l = \frac{L}{h}, \quad (20)$$

где L – расстояние между рядами светильников, м.

Согласно рекомендации лампы, следует размещать параллельными рядами, принимая $l = 1,4$, тем самым выражение для расстояния между рядами светильников примет вид:

$$L = l * h = 1,4 * 1,6 = 2,24 \text{ (м)} \quad (21)$$

Два ряда светильников будут расположены вдоль длинной стены помещения. Расстояние между двумя рядами светильников и стенами вычисляется по формуле:

$$L = \frac{(B-L)}{2} = \frac{(3-2.24)}{2} = 0,81 \text{ (м)} \quad (22)$$

Определим индекс помещения вычисляя по формуле (18) получаем:

$$i = \frac{12}{(3 + 4) * 1,6} = 1,07$$

Далее определим коэффициенты отражения поверхностей пола, потолка и стен.

Так как стены окрашены в серый цвет, являются свежепобеленными, окна без штор, следовательно, коэффициент отражения поверхности стен $P_{ст} = 50\%$, а коэффициент отражения поверхности потолка $P_{п} = 30\%$ при светлой окраске потолка.

С учетом вышеперечисленных факторов и индекса помещения i , определяем значение коэффициента $\eta = 36\%$.

Подставив все значения в формулу (17), по которой рассчитывается световой поток одного источника света, получаем:

$$\Phi = \frac{300 * 12 * 1.5 * 1.1}{4 * 0.36} = 4125 \text{ (лм)}$$

Согласно подсчитанным характеристикам наиболее оптимальной является лампа ЛБР-80-1 со световым потоком 4160 (лм).

Выразим E из формулы (17):

$$E = \frac{(F \cdot N \cdot \eta)}{(k)} = \frac{(4160 \cdot 4 \cdot 0,36)}{(1,5 \cdot 12 \cdot 1,1)} = \frac{5990,4}{19,8} = 302,5 \text{ (лм)} \quad (23)$$

Результаты расчёта показывают, что минимальная освещенность находится в границах нормы.

Для того чтобы доказать, что использование люминесцентной лампы ЛБР-80-1 является наиболее рациональным, рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{(E \cdot k \cdot S \cdot Z)}{(n \cdot \eta \cdot F)}, \quad (24)$$

где E – норма освещенности $E = 300$ (Лк);

k – коэффициент запаса учитывающий старение ламп и загрязнение светильников, $k = 1,5$;

S – площадь помещения;

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,1$;

n – число рядов светильников, $n = 2$;

η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,36$;

F – световой поток, излучаемый светильником.

Подставим численные значения в формулу (5.8), получим количество светильников в одном ряду:

$$N = \frac{(300 \cdot 1,5 \cdot 12 \cdot 1,1)}{(2 \cdot 4160 \cdot 0,36)} = \frac{5940}{2995,2} \approx 1,98 \approx 2 \text{ (шт)}$$

Длина одного светильника равна 1,5 (м), в одном светильнике 2 лампы ЛБР-80-1. При количестве ламп, равным 4, по одному светильнику в двух рядах,

указывает на то, что нормы безопасности по искусственному освещению соблюдены.

Согласно расчетам, план освещения будет выглядеть как показано на рисунке 20.

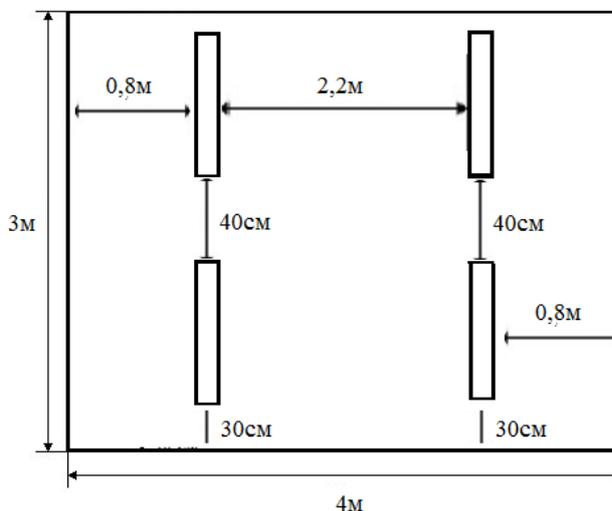


Рисунок 20 – План размещения светильников

5.3.3.5 Ультрафиолетовое излучение

В ГОСТ 12.4.253-2013 ССБТ Средства индивидуальной защиты глаз (СИЗ) регламентируются все типы средств индивидуальной защиты глаз от различных видов опасности, встречающихся в промышленности, научных лабораториях, учебных учреждениях, бытовой деятельности и т.д., которые могут повредить или ухудшить органы зрения. Разработанная система использует сварочный аппарат, в ходе работы которого выделяется большое количество ультрафиолетового излучения.

В зависимости от конструктивного исполнения СИЗ глаз установлены следующие типы:

- открытые защитные очки с боковой защитой;
- открытые защитные очки без боковой защиты;

- закрытые защитные очки;
- лицевой экран.

Так как в процессе дуговой сварки происходит излучение сильного ультрафиолетового потока, то при нахождении оператора рядом с сварочной установкой необходимо использовать защитные очки или защитный экран.

Очковые стекла должны быть стойкими к УФ-излучению длин волн не менее 313 нм.

5.3.3.6 Электробезопасность

Степень опасных воздействий на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Согласно ПУЭ пост управления по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности. Мероприятия по устранению опасности поражения электрическим током сводятся к правильному размещению оборудования и применению технических средств защиты. В соответствии с главой 1.7 ПУЭ к основным техническим средствам защиты от поражения электрическим током относятся:

- основная изоляция токоведущих частей;
- защитное заземление или зануление;
- автоматическое отключение питания;
- защитное электрическое разделение цепей.

В соответствии с ТОИ Р-45-084-01, к работе на персональном компьютере допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте. Во всех случаях обрыва проводов питания, неисправности заземления и других повреждений, появления гари, немедленно отключить питание и сообщить об аварийной ситуации

руководителю. Не приступать к работе до устранения неисправностей. При получении травм или внезапном заболевании немедленно известить своего руководителя, организовать первую доврачебную помощь или вызвать скорую медицинскую помощь.

5.4 Экологическая безопасность

5.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Система управления аппаратом аргонодуговой сварки базируется на применении ПЛК. Рассмотрим воздействие ПЛК на природную среду.

Объем производства прямо пропорционально зависит от уровня энергетики, которая, в свою очередь, является источником загрязнения воды, воздуха, земной поверхности.

5.4.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта исследования на окружающую среду

Аппаратные средства программно-технического комплекса «УМИКОН» предназначены для использования в стационарных и защищенных от внешних факторов условиях. Условия эксплуатации превосходят требования DIN IEC 60721-3-3.

- класс 3М3 (механические требования)
- класс 3К3 (климатические требования)

Программируемые контроллеры (ПК) «УМИКОН» и их компоненты соответствуют требованиям стандартов ГОСТ Р МЭК 60950-2002, ГОСТ 26329-84 (п. п. 1.2; 1.3), ГОСТ Р 51318.22-99, ГОСТ 51318.24-99, ГОСТ Р 51317.3.2-99, ГОСТ Р 51317.3.3-99. Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

5.4.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Снизить негативное влияние загрязнения возможно благодаря использованию более совершенного и экономичного оборудования с точки

зрения потребления энергии, новых методов получения электроэнергии и способов очистки и переработки отходов производства.

Программируемые логические контроллеры фирмы МИККОН не содержат токсичных материалов и могут быть утилизированы в соответствующих местах утилизации электронных устройств.

Разработка и внедрение с малым энергопотреблением способствуют снижению влияния на окружающую среду со стороны предприятия-потребителя, использующего разработанную систему.

В современных ЭВМ постоянно оптимизируют энергопотребление, а появление планшетных компьютеров, который используется в разработанной системе, позволяет значительно сократить расход электроэнергии.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

5.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования

Наиболее опасный перечень ЧС, которые могут возникнуть при эксплуатации разработанной системы:

- пожар на объекте;
- взрыв.

Наиболее вероятный вид ЧС является пожар, поэтому помещение поста управления будет рассмотрено в этом разделе с точки зрения пожаровзрывобезопасности.

ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) предписывает нормы и правила, которым должна соответствовать рабочая зона оператора, ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97 регламентирует требования по предотвращению и тушению пожара.

По пожарной, взрывной, взрывопожарной опасности помещение, где расположено рабочее место оператора, относится к категории В – горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Наличие открытого огня и отравление продуктами горения являются главными поражающими факторами для данного помещения.

5.5.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследования

Причины пожара на месте оператора могут носить электрический и неэлектрический характер.

К неэлектрическим причинам возникновения относятся халатное или неосторожное обращение с огнем, такие как курение и оставление нагревательных приборов без присмотра.

Причины электрического характера являются:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр.

5.5.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС

Для обеспечения пожарной безопасности устанавливаются системы предотвращения пожара и противопожарная защита.

Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

План эвакуации с размещением средств тушения представлен на рисунке 21.

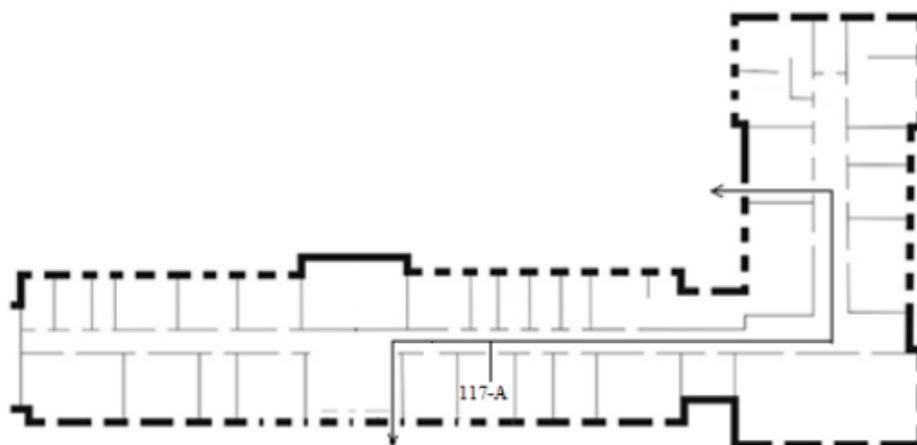


Рисунок 21 – План эвакуации из учебного корпуса №10

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Работа оператора на данной установке происходит преимущественно на ПЭВМ. Таки нормативные документы, как ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, ГОСТ

12.2.033-78 ССБТ, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и рядом других обеспечивают эффективное, рациональное и безопасное использование рабочей области.

Главными элементами рабочего места программиста или оператора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом. На рисунке 22 изображены следующие зоны:

- а - зона максимальной досягаемости;
- б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в - зона легкой досягаемости ладони;
- г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

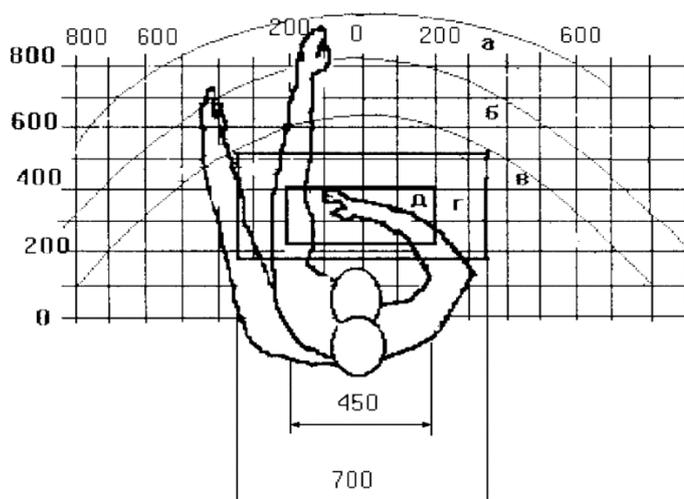


Рисунок 22 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- дисплей размещается в зоне "а" (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура - в зоне "г"/"д";
- манипулятор "мышь" - в зоне "в" справа;
- документация: необходимая при работе - в зоне легкой досягаемости ладони – "в", а в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также регулируемым по расстоянию спинки от переднего края сиденья.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была спроектирована установка системы автоматического управления аппаратом аргонодуговой сварки торцевых швов, которая способна выполнять операцию сварки как в ручном, так и в автоматическом режимах с заданием необходимых параметров оператором.

Проведен анализ предметной области технологии сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа и объекта управления, представленного аппаратом аргонодуговой сварки по технологии ДУМП. Спроектирована структурная схема системы автоматического управления, в соответствии с которой были выбраны основные компоненты САУ. Для полного обозначения функционирования разработанной установки была создана принципиальная схема.

Для реализации программной части были задействованы средства, предоставляемые ПТК «УМИКОН». Создана мнемосхема для взаимодействия оператора и системы управления, на которой отображаются основные параметры технологического процесса, вывод с видеокамеры, графики, органы управления САУ и задания тока, расхода газа, частоты вращения дуги, сигнализирующие сообщения, кнопки ручного управления для поэтапного выполнения технологических операций и наладки.

Алгоритмизация САУ осуществлялась посредством алгоблочного программирования среднего уровня. Был спроектирован контур управления частотой вращения сварочной дуги. Установлено взаимодействие между мнемосхемой, программой, датчиками и исполнительными устройствами установки.

Результаты работы также могут быть использованы при изучении дисциплин «Автоматизированные информационно управляющие системы» и «Технические средства систем автоматики и управления» в рамках образовательной программы по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

CONCLUSION

As a result of the final qualifying work there has been designed automatic control system of gas tungsten arc welding device for beaded seals that is able to work in manual mode as well as in autonomous one with parameter setting option.

To achieve this, research and study of gas tungsten arc welding and control target, that is represented as gas tungsten arc welding device using method of confining arc in magnetic field, were conducted. Block schematic diagram was designed to define main components of the system. In order to specify functionality of the system, elementary diagram was created.

As for programming part of the project, hardware and software system «UMIKON» offers different approaches. To make an operator able to interact with the system a graphic panel was designed. It indicates the status of the equipment and technological process, video input, diagrams and has control elements of automatic system for setting current rate, gas flow rate, rate of arc rotation, elements for manual implementation of different technological parts of the process.

Construction of algorithm is implemented in terms of algorithmic blocks. Control path of arc rotation rate was designed. Interaction between graphic panel, program, sensors and actuators was created.

Results of this work can be applied to studying courses on automation control systems and devices of automation technology.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. М.И. Хлытчиев. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов: учебник для вузов связи. – М: Радио и связь, 1985. – 288с.
2. ГОСТ 2601-84 «Сварка металлов. Термины и определения основных понятий».
3. Howard B. Cary. Modern Welding Technology: 6th Edition. – Tallahassee Community College, 2005: - 1281p.
4. Юхин Н.А. Ручная дуговая сварка неплавящимся электродам в защитных газах. – М: СОУЭЛО, 2007. – 50с.
5. «НИКИМТ-Атомстрой» разработал и изготовил сварочную установку для РФЯЦ-ВНИИТФ [Электронный ресурс] URL: <http://www.atomic-energy.ru/news/2014/04/22/48352?page=1>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 02. 03.2017г.
6. Леонтьева-Смирнова М.В., Агафонов А.Н., Можанов Е.М, Чернов В.М. СВАРИВАЕМОСТЬ ЖАРОПРОЧНЫХ 12%-НЫХ ХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ ЭК-181 И ЧС-139. – М: ОАО ВНИИМН, 2011. – 14 – 21 с.
7. ГОСТ 2.701-2008 (ЕСКД) Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
8. ГОСТ 2.721-74 (ЕСКД). Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
9. Пневмораспределители В64-13А-03, В64-14А-03, В64-15А-03 [Электронный ресурс] / ООО ПКФ "ТАУРУС" – Электрон. дан. URL: http://taurus.com/pnevmoraspredelitel_V64-1xA-03, свободный – Яз. рус. Дата обращения 02. 03.2017г.
10. Цифровой потенциометр AD5227 [Электронный ресурс] / Analog Devices – Электрон. дан. URL: <http://www.analog.com/media/en/technical->

documentation/data-sheets/AD5227.pdf, свободный – Яз. Англ. Дата обращения 03.03.2017г.

11. Датчик Холла [Электронный ресурс] / Allegro Microsystems – Электрон. дан. URL: <https://www.elecrow.com/download/A3141-2-3-4-Datasheet.pdf>, свободный – Яз. англ. Дата обращения 03.03.2017г.

12. Tetrix 300 AC/DC Comfort [Электронный ресурс] / EWM – Электрон. дан. URL: <https://www.ewm-group.com/ewm-data/partner-web/Betriebsanleitungen/099-000120-EW508.pdf>, свободный – Яз. англ. Дата обращения 06.03.2017г.

13. Датчик абсолютного давления АИР-10L [Электронный ресурс] / НПП ЭЛЕМЕР – Электрон. дан. URL: http://www.elemer.ru/production/pressure/air_10.php, свободный – Яз. рус. Дата обращения 06.03.2017г.

14. Реле протока FLU25 [Электронный ресурс] / WATTS Industries – Электрон. дан. URL: http://wattsindustries.ru/upload/iblock/708/flu25-web-2016_03_30.pdf, свободный – Яз. англ. Дата обращения 06.03.2017г.

15. Регулятор расхода РРГ-10 [Электронный ресурс] / ООО Элточприбор – Электрон. дан. URL: <http://www.eltochpribor.ru/product/element.php>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 06.03.2017г.

16. Гигрометр Байкал-5Ц [Электронный ресурс] / ООО ОКБА – Электрон. дан. URL <http://www.okba.ru/produce/hygrometers/baikal-5ts.php>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 06.03.2017г.

17. Газоанализатор типа АГ 0012 [Электронный ресурс] / ООО СпецТехноРесурс – Электрон. дан. URL: http://www.laborant.ru/netcat_files/475/296/h_9401a57113b9de8871a6b52e271c873d, свободный – Яз. рус. Дата обращения 07.03.2017г.

18. Термосопротивление ТСМ 50М [Электронный ресурс] / ООО Саранские Приборы – Электрон. дан. URL: <http://sibspz.ru/termometry-termosoprotivleniya/termometry-soprotivleniya-termosoprotivleniya-tsp-tsm/termometry-soprotivleniya-tsm-mednye/tsm-50m-tsm-100m>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 07.03.2017г.

19. Комплекс программных средств MWBridge [Электронный ресурс] / ООО УМИКОН – Электрон. дан. URL: <http://umikon.com/images/doc/UG-KPO-MIKSYS.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 01.04.2017г.

20. Моноблок MB100 [Электронный ресурс] / ООО УМИКОН – Электрон. дан. URL: <http://umikon.com/images/doc/UG-KPO-MIKSYS.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 01.04.2017г.

21. Модуль центрального процессора PC100 [Электронный ресурс] / ООО УМИКОН – Электрон. дан. URL: <http://umikon.com/images/doc/UG-KPO-MIKSYS.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 01.04.2017г.

22. Модуль аналогового ввода AI100 [Электронный ресурс] / ООО УМИКОН – Электрон. дан. URL: <http://umikon.com/images/doc/UG-KPO-MIKSYS.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 05.04.2017г.

23. Модуль дискретного ввода DI102 [Электронный ресурс] / ООО УМИКОН – Электрон. дан. URL: <http://umikon.com/images/doc/UG-KPO-MIKSYS.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 05.04.2017г.

24. Модуль дискретного ввода-вывода DU100 [Электронный ресурс] / ООО УМИКОН – Электрон. дан. URL: <http://umikon.com/images/doc/UG-KPO-MIKSYS.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 07.04.2017г.

25. Модуль дискретного вывода DO102 [Электронный ресурс] / ООО УМИКОН – Электрон. дан. URL: <http://umikon.com/images/doc/UG-KPO-MIKSYS.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 10.04.2017г.

26. Блок питания БП 906/24 [Электронный ресурс] / ООО ЭЛЕМЕР – Электрон. дан. URL: http://www.elemer.ru/production/bp/bp_906.php, свободный – Яз. рус. Дата обращения 13.04.2017г.

27. Блок питания WDR-240-24 [Электронный ресурс] / Mean Well – Электрон. дан. URL: <http://www.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=WDR-240>, свободный – Яз. англ. Дата обращения 13.04.2017г.

28. Блок питания QP-100-3C [Электронный ресурс] / Mean Well – Электрон. дан. URL: <http://www.mouser.com/ds/2/260/QP-100-SPEC-806339.pdf>, свободный – Яз. англ. Дата обращения 13.04.2017г.

29. Блок питания HDR-15-5 [Электронный ресурс] / Mean Well – Электрон. дан. URL: <http://www.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=HDR-15#>, свободный – Яз. англ. Дата обращения 15.04.2017г.

30. Автоматический выключатель S203-C20 [Электронный ресурс] / ABB – Электрон. дан. URL: http://www.abb.com/product/seitp329/49a79353b0194401c12572ab00257544/pis_ABB2CDS253001R0204.aspx?tabKey=2, свободный – Яз. англ. Дата обращения 15.04.2017г.

31. Контактор А40-30-10 [Электронный ресурс] / ABB – Электрон. дан. URL: <http://new.abb.com/products/ABB.BALDOR7BA40-0440-1127>, свободный – Яз. англ. Дата обращения 16.04.2017г.

32. Кнопки NP2-BS542, FPB-2511 [Электронный ресурс] / CHIPDIP – Электрон. дан. URL: <https://lib.chipdip.ru/071/DOC000071159.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 16.04.2017г.

33. Реле CM-SRS.11S [Электронный ресурс] / ABB – Электрон. дан. URL: <http://new.abb.com/products/1SVR730841R1200/cm-srs-11s-current-monitoring->

relay-1c-o-b-c-3ma-1a-rms-220-240vac, свободный – Яз. англ. Дата обращения 20.04.2017г.

34. Блочный разъем ABI-IF 50-70 [Электронный ресурс] / TME – Электрон. дан. URL: <http://www.tme.eu/ru/details/025-6/mnogofaznye-razieemy-ies-60309/rce/>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 21.04.2017г.

35. Силовая вилка PCE 02-6 [Электронный ресурс] / Сварочные Технологии – Электрон. дан. URL: http://st-e.info/store/37356/vilki_rozetki_kabelnye_i_panelnye/gnezdo_bb_1_1_1_1_1_1/, свободный – Яз. рус. Дата обращения 21.04.2017г.

36. Резисторы серии С2-33 [Электронный ресурс] / ООО ЭРКОН – Электрон. дан. URL: <http://www.erkon-nn.ru/catalog/10/s2-33/>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 21.04.2017г.

37. Персональный ЭВМ AFL2-12A-HM65 [Электронный ресурс] / ООО IPC2U – Электрон. дан. URL: https://ipc2u.ru/catalog/afl2-12a-hm65_pc-r13, свободный – Яз. рус. Дата обращения 21.04.2017г.

38. Программа Display [Электронный ресурс] / ООО УМИКОН – Электрон. дан. URL: <http://umikon.com/images/doc/mbd.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 01.04.2017г.

39. Программа Редактор [Электронный ресурс] / ООО УМИКОН – Электрон. дан. URL <http://umikon.com/images/doc/UGMSD.pdf>, свободный – Яз. рус. Дата обращения 01.04.2017г.

40. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии».

41. Положения ФЗ РФ №212 от 24 июля 2009 г. «О страховых взносах в пенсионный фонд Российской Федерации, фонд социального страхования

Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования».

42. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

43. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности».

44. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Защитное заземление и зануление».

45 .2.2.2/2.4.1340-03. «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы».

46. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

47. ГОСТ 12. 4. 253-2014 ССБТ. «Средства индивидуальной защиты глаз. Общие технические требования».

48. ТОИ Р-45-084-01. «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере».

49. СНиП 23-05-95. «Строительные нормы и правила Российской Федерации. Естественное и искусственного освещение».

50. ГОСТ 30772-2001. «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения».

Приложение А Настройка алглобка (Обязательное) Настройка алглобка

	Значение	Умолча...	Инверс...	SIGN	Связь
Отк1	0	0			
Отк2	0	0			
У1	0	0			
У2	2	2			
У3	400	400			
У4	1000	1000			
Г1	1	1			
Г2	1	1			
Г3	100	100			
Г4	0	0			

1:6 Mikkon

AI100. Значения аналоговых входов

1:7 Se 32f

Значения аналоговые из БД

1:8 Se 1i

Дискретное значение из БД

1:9

Арифметический алглобок

1:10

Сравнение с уставкой

1:11

Сравнение с уставкой

1:12

1:13 Mikkon

1:14

Настройка | Вх. данных | Вх. управл. | Вых. данных | Вых. диагн.

