

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование автоматизированной системы управления установкой электродуговой обработки материалов

УДК 004.896.001.63:621.791.927.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Цуприянчик Анастасия Анатольевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Винокурова Галина Федоровна	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Евгений Иванович	к.т.н		
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
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 риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и

	производств, 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.

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись)(Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Цуприянчик Анастасии Анатольевне

Тема работы:

Проектирование автоматизированной системы управления установкой электродуговой обработки материалов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Объектом исследования является установка электродуговой обработки материала;</i></p> <p><i>Режим работы – периодический;</i></p> <p><i>Предназначение автоматизированной системы – переработка полимерных материалов с помощью электродугового разряда.</i></p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Описание технологического процесса; Разработка схемы электрических соединений АС; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка схемы информационных потоков АС; Выбор средств реализации АС; Разработка схемы соединения внешних проводов; Разработка алгоритмов сбора данных АС; Проектирование системы обработки результатов экспериментов; Проектирование системы регулирования стабилизации напряжения.</i></p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><i>Функциональная схема автоматизации; Функциональная схема автоматизации по ANSI; Схема информационных потоков; Трехуровневая система АС; Схема информационных потоков; Схема электрических соединений; Схема внешних проводов; Схема алгоритма сбора данных.</i></p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна, доцент ОСГН, к.ф.н.
Социальная ответственность	Винокурова Галина Федоровна, доцент ООД, к.т.н.
Нормоконтроль	Суханов Алексей Викторович, доцент ОАР, к.х.н.

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Цуприянич Анастасия Анатольевна		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Уровень образования: бакалавриат
 Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения: весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2019 г.	<i>Основная часть</i>	60
01.05.2019 г.	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	20
07.05.2019 г.	<i>Социальная ответственность</i>	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 128 страниц, содержит 43 рисунка, 19 таблиц, 30 источников, 8 приложение и 8 схем.

Ключевые слова: электродуговой разряд, контроллер, автоматизированная система управления, датчики, стабилизация, обработка, АСУ ТП, ПИД-регулятор, фильтр Калмана.

Объектом исследования является автоматизированная система электродуговой обработки материалов.

Целью работы является проектирование системы электродуговой обработки материалов с использованием системы обработки результатов экспериментов и системы стабилизации регулирования технологического параметра.

В данной работе приведены решения по автоматизации системы электродуговой обработки материалов, выбору контроллерного оборудования и датчиков, разработке схем: автоматизации, соединения внешних проводок, электрических соединений, информационных потоков. Кроме того, были разработаны системы обработки результатов экспериментов и регулирование стабилизации технологического параметра

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio, Matlab 2017b.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word.

Оглавление

Реферат	6
Определения, сокращения, обозначения	11
Введение	13
1 Техническое задание	14
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП.....	14
1.2 Характеристика объекта автоматизации.....	15
1.3 Требования к системе.....	15
1.4 Требования к техническому обеспечению	17
1.5 Требования к программному обеспечению	17
1.6 Требования к метрологическому обеспечению	18
1.7 Требования к функциям системы	19
1.8 Требования к математическому обеспечению.....	21
1.9 Требования к информационному обеспечению.....	21
2 Основная часть	22
2.1 Описание технологического процесса	22
2.2 Разработка функциональной схемы автоматизации.....	23
2.2.1 Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013.....	23
2.2.2 Функциональная схема автоматизации по ANSI/ ISA S5.1-2009	23
2.3 Разработка структурной схемы АС	23
2.4 Разработка схемы информационных потоков	24
3 Выбор средств реализации АС	25
3.1 Выбор датчиков	25
3.1.1 Датчики тока и напряжения	25
3.1.2 Датчик тока	27
3.1.3 Датчик температуры.....	29
3.1.4 Датчик влажности	32
3.1.5 Датчик газа.....	33
3.1.6 Микропереключатель	35
3.2 Выбор контроллерного оборудования	35
3.3 Выбор исполнительного механизма	37
3.4 Разработка схемы внешних проводок	39

4 Выбор алгоритмов управления.....	42
4.1 Алгоритм сбора данных измерений	42
4.2 Проектирование системы обработки результатов экспериментов на установке электродуговой обработки материала	43
4.2.1 Описание проблемы	43
4.2.2 Фильтр Калмана	43
4.2.3 Проектирование системы.....	44
4.2.4 Экспериментальная подборка коэффициентов шумов и ковариационных матриц	49
4.2.5 Обработка данных	56
4.2.6 Робастность фильтра	58
4.3 Проектирование системы регулирования стабилизации напряжения	59
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	63
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	65
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	65
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	66
5.1.3 SWOT – анализ	67
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	67
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	67
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	67
5.3 Бюджет научно-технического исследования	70
5.3.1 Расчет затрат на специальное оборудование НТИ	70
5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы	70
5.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	72
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	72
5.3.5 Накладные расходы	73
5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	74
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	74
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	79
Введение	81

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	81
6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	81
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	83
6.2 Профессиональная социальная безопасность	86
6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования	87
6.2.1.1. Повышенная температура рабочей зоны, поверхностей и обрабатываемых материалов	87
6.2.1.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия	88
6.2.1.2.1 Запыленность и загазованность воздуха рабочей среды	88
6.2.1.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия	89
6.2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	89
6.2.2.1. Повышенный уровень электромагнитного излучения	89
6.2.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия	90
6.2.3 Опасный фактор, который может возникнуть при эксплуатации объекта исследования и на рабочем месте при проведении исследований	91
6.2.3.1 Электробезопасность.....	91
6.2.3.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия	92
6.3. Экологическая безопасность	92
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	93
6.5 Заключение	94
Заключение	96
Список используемой литературы	98
Приложение А_Сокращенный листинг программы.....	101
Приложение Б_Идентифицированная модель напряжения.....	103
Приложение В_Идентифицированная модель тока	105
Приложение Г_Результаты серии экспериментов.....	107
Приложение Д_Критерии оценки конкурентных технических решений	111
Приложение Е_SWOT-анализ	113
Приложение Ж_Этапы, работы и распределение исполнителей	116
Приложение З_Временные показатели проведения научного исследования....	118

Определения, сокращения, обозначения

Таблица 1 – Определения, сокращения, обозначения

Автоматизированная система (АС)	совокупность персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, которая реализует информационную технологию выполнения установленных функций
Интерфейс	совокупность аппаратных и программных средств, необходимых для взаимодействия с программой, устройством, функцией и т.д.
Протокол	формальный набор соглашений, управляющий форматированием и относительной синхронизацией обмена сообщениями между двумя коммуникационными системами
ТЗ (Техническое задание)	технический документ, устанавливающий цели, набор требований и ключевые исходные данные, требуемые на этапах разработки проектируемой системы
Технологический процесс (ТП)	идущие подряд технологические взаимосвязанные действия, требуемых для производства конкретного типа работ
Архитектура АС	абстрактное представление, содержащее как модели, приближенные к реальным, компонентов системы, так и модели взаимодействий между компонентами
Объект управления	система, на которую направлены управляющие воздействия с ПЛК
Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП)	комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершенный продукт

Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор	устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения
ANSI/ ISA	американский национальный институт стандартов/ Американское общество приборостроителей
КИПиА	контрольно-измерительные приборы и автоматика
САР	система автоматического регулирования
ПО	программное обеспечение
ИМ	исполнительный механизм
КТС	комплекс технических средств
ФСА	функциональная схема автоматизации
БД	база данных

Введение

Автоматизация технологических процессов значительно влияет на повышение качества выпускаемой компаниями продукции, на повышение производительности труда, автоматизация позволяет использовать доступные ресурсы более экономно, при этом производительность не падает.

Автоматизация – перспективное направление прогресса, т.к. позволяет освободить человека от множества операций, которые раньше необходимо было делать вручную.

Современные автоматизированные комплексы позволяют в реальном времени управлять технологическим процессом с минимальным количеством персонала. Кроме того, существуют полностью автоматические системы, работающие без контроля человека очень продолжительное время.

Сейчас же системы автоматизации позволяют значительно повысить технико-экономические показатели путём доступности автоматической перенастройки параметров оборудования в процессе работы для решения динамических задач на производстве.

Целью данной выпускной квалифицированной работы является проектирование автоматизированной системы электродуговой обработки материалов, позволяющей регулировать стабилизацию технологического параметра системы и способной обрабатывать результаты технологических характеристик экспериментов. Данная система достаточно актуальна, поскольку существующая система не достаточно автоматизирована и не обеспечивает качественный контроль технологических параметров. В выпускной квалификационной работе проектирование системы осуществляется интерактивной среде программирования, которую можно использовать в реальной установке.

1 Техническое задание [1]

1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП

Данное техническое задание описывает задачу по проектированию автоматизированной системы электродугового способа обработки материала.

Автоматизированная система управления технологическим процессом предназначена для выполнения функций автоматизированного управления ТП и для остановки процесса при угрозе аварии.

Основными назначениями автоматизированной системы управления электродуговым разрядом являются:

- измерение параметров системы во время технологического процесса;
- возможность мониторинга данных на пульте диспетчера;
- измерение параметров системы;
- обеспечение надежной работы системы и предотвращение аварийных ситуаций.

Система АСУ ТП создается с целью:

- комплексной автоматизации технологических объектов, входящих в состав технологического блока;
- создания автоматизированной системы контроля, регулирования, противоаварийной защиты, передачи и сбора данных, обработки информации.

АСУ ТП должна реализовать следующие задачи:

- дистанционный контроль и управление с АРМ оператора;
- точное выполнение действий оператора и исключение ошибочных действий при проведении технологического процесса, пуске и остановке процесса.

1.2 Характеристика объекта автоматизации

Процесс контроля электродугового разряда является самой важной частью всей системы, именно от него зависит весь результат технологического процесса. Электродуговой разряд контролируется либо оператором, т.е. ручным способом, либо электрическим приводом с регулированием положения электрода.

В состав объекта автоматизации входят:

- датчик тока и напряжения (осциллограф);
- датчик температуры разряда;
- датчик температуры крепления электродов;
- сварочный трансформатор;
- датчик тока;
- датчик влажности;
- датчик газа помещения.

Измеряемая среда – газ при температуре от 0 °С до 1500 °С.

1.3 Требования к системе

Система управления электродами в электродуговом разряде должна включать следующие компоненты:

- модернизированный блок технологической части;
- автоматизированная система управления технологическим процессом.

Модernизированный блок технологической части должен обеспечивать безопасность технологического процесса и возможность размещения датчиков, дополнительных механизмов АСУ ТП.

Система автоматизации должна состоять из трёх уровней:

- нижний (полевой) уровень;
- средний уровень;
- верхний (диспетчерский) уровень.

К нижнему уровню автоматизации относятся КИП, СИ и их вторичные приборы, располагаемые на приборных щитах или в приборных шкафах.

К среднему уровню систем автоматизации относятся ПЛК, коммутаторы, дисплейные панели, входные и выходные реле, модули ввода-вывода, преобразователи сигналов, барьеры искрозащиты и т.д.

К верхнему уровню автоматизации относятся АРМ оператора. С АРМ оператора задается настройка система, программирование, конфигурирование АРМ и контроллеров.

АСУ ТП должна быть восстанавливаемой и обслуживаемой многофункциональной и модульной системой. Данная система должна функционировать в режиме реального времени.

Автоматизированная система может функционировать в одном из ниже представленных режимов:

- автоматизированный (с панели оператора),
- автоматический,
- ручной (местный), то есть от местных кнопок при работах по пуску и наладке либо ремонтных работах, от местных щитов управления.

В автоматическом режиме управление ИМ производится по программе по алгоритмам управления. В этом режиме управление ИМ кнопками по месту и по командам оператора блокируется [14].

В автоматизированном режиме персонал, а частности оператор должен иметь возможность дистанционного управления исполнительными механизмами, изменения уставок автоматического регулирования. Во время работы алгоритмов технологических защит и блокировок такая возможность отключается для тех исполнительных устройств, на которые в данный момент подаются команды управления, сформированные алгоритмом. Благодаря такому подходу предотвращается возможность подачи противоречивых друг другу действий на исполнительное устройство, к тому же исключается вероятность выполнения ошибочных действий во время внештатных ситуаций.

1.4 Требования к техническому обеспечению

АСУ ТП обязана обеспечивать передачу и обработку информации от средств автоматизации, поставляемых совместно с технологическим оборудованием.

Комплекс технических средств (КТС) совместно с программным обеспечением (ПО) должен обеспечивать реализацию всех функций, оговоренных в данном техническом задании.

Средства измерений должны иметь стандартные сигналы диапазона 4-20мА.

1.5 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение автоматизированной системы должно включать:

- инструментальное ПО;
- системное ПО (операционные системы);
- базовое ПО;
- специальное прикладное ПО.

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- создание и ведение базы данных конфигурации по входным\выходным сигналам;
- конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием стандартных функциональных блоков;
- создание мнемосхем для визуализации поведения и состояния технологических объектов;
- конфигурирования отчетных документов.

Универсальные и технологические языки программирования и соответствующие средства разработки (отладчики, компиляторы) должны быть включены в средства создания специального прикладного ПО.

Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту ИЕС 61131-3 [2].

Панель оператора должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- отображение всех измеренных и вычисленных параметров;
- отображение архивной информации;
- дистанционное управление электродами;
- дистанционное управление с АРМ оператора;
- оповещение о нарушениях технологического процесса, аварийных ситуациях по загазованности и пожару.

1.6 Требования к метрологическому обеспечению

Метрологическое обеспечение должно удовлетворять требованиям Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», ГОСТов и Правил по метрологии. Метрологическое обеспечение должно соответствовать ГОСТ Р 8.820-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) [3]. Метрологическое обеспечение. Основные положения».

Все методики измерения, используемые в сфере государственного метрологического контроля и надзора, должны быть аттестованы [15].

Все метрологические характеристики измерительных и управляющих модулей должны быть представлены фирмой-изготовителем в документации на технические и программные средства. Диапазон измерений и приведенные погрешности являются определяющими при выборе модулей/датчиков и фирмы-поставщика.

Для всех средств, которые непосредственно участвуют в процессе измерения каких-либо параметров, необходимо обеспечить условия эксплуатации, обозначенные производителем. Измерительные каналы системы могут использоваться для целей контроля параметров только после их калибровки на объекте эксплуатации [16].

Значение инструментальных погрешностей датчиков системы:

- датчик влажности $\pm 0,5$ %;

- датчик газа ± 5 %;
- датчик температуры ± 1 °С;
- датчик тока $\pm 0,2$ %.

1.7 Требования к функциям системы

Перечень задач АСУ ТП и требования к качеству их выполнения. В соответствии с ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированные системы управления. Общие требования» [4] АСУ ТП должна обеспечивать [16]:

- автоматизированный сбор и первичную обработку технологической информации. Сюда входит опрос всех датчиков, то есть снятие с датчиков сигналов, затем должно осуществляться масштабирование снятого сигнала и его перевод в действительные значения в соответствии с градуировочными характеристиками аналоговых измерительных элементов. Также должна осуществляться фильтрация сигналов от высокочастотных помех;
- автоматический контроль состояния технологического процесса, предупредительную сигнализацию при выходе технологических показателей за установленные границы – любые действия, предпринимаемые оператором при работе с системой должны быть защищены от всевозможных ошибок. Чтобы избежать аварий и ЧС, система должна выполнять действия, которые соответствуют документации на систему и не выходят за установленные пределы. Система должна учитывать уровень полномочий персонала, осуществляющего управление, и игнорировать действия в случае нехватки полномочий;
- управление технологическим процессом в реальном масштабе времени, то есть оператор должен иметь возможность видеть состояние датчика/параметра в текущий момент времени. Для аналоговых датчиков необходимо подбирать период опроса индивидуально;

- представление информации в удобном для восприятия и анализа виде – в автоматизированном режиме на экран панели оператора выводится оперативная информация о текущем состоянии оборудования и технологического процесса. Также оператор может вручную выполнить запрос в системе чтобы получить информацию. Вся информация представляется в виде мнемосхем, графиков и таблиц;
- автоматическую обработку, регистрацию и хранение поступающей производственной информации;
- автоматическое формирование отчетов;
- контроль над работоспособным состоянием средств АСУ ТП, включая входные и выходные цепи полевого оборудования. Отказ любого элемента технических средств АСУ ТП не должен приводить к изменению положения или состояния исполнительных механизмов;
- автоматизированную передачу данных на верхний уровень предприятия – АСУ ТП в автоматизированном режиме обеспечивает формирование и подготовку всех необходимых данных и передает их в заводскую локальную вычислительную сеть по расписанию или запросу;
- защиту информации от несанкционированного доступа;

Техническое оснащение установки должно предоставлять следующие функции:

- контроль уровня горения электродугового разряда;
- контроль безопасности;
- регистрация вольт-амперной характеристики;
- передача данных на пульт оператора;
- установка параметров для каждого эксперимента;
- контроль измерений погрешности;
- контроль газов, выпускаемых во время процесса;
- регистрация и хранение результатов экспериментов.

1.8 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата.

1.9 Требования к информационному обеспечению

По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- порядок информационного обмена между компонентами и составляющими частями АС;
- структура процесса сбора, обработки и передачи информации в АС;
- информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.

В состав информационного обеспечения должны входить:

- унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статической отчетности;
- распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов;
- средства ведения и управления базами данных.

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Напряжение величиной 220 В переменного тока подается на сварочный инвертор Condor Colt 200, который в свою очередь взаимодействует с электродом с напряжением 63 В. В системе есть контроллер, на котором написана программа и задаются команды с АРМ оператора. Контроллер влияет на привод, задавая ему, как и насколько двигаться. Привод сдвигает электроды, т.е. сдвигая только анод и оставляя в неподвижном состоянии катод. На проводах, которые идут к электроду, располагается датчик тока. Результаты с датчика тока и с омического делителя напряжения идут на контроллер, который передает в свою очередь результаты на АРМ оператора в цифровом виде. Кроме того, система имеет второй контроллер, который отвечает за безопасность установки. На нем записана проверка целостности корпуса, включение вентиляции при экспериментах и затемнение стекла. Дополнительный контроллер, третий, отвечает за показания датчиков влажности и газоанализатора. Все параметры для установки задаются с АРМ оператора. Все части установки укомплектованы в шкафу. На АРМ оператора так же поступают все результаты проводимого опыта.

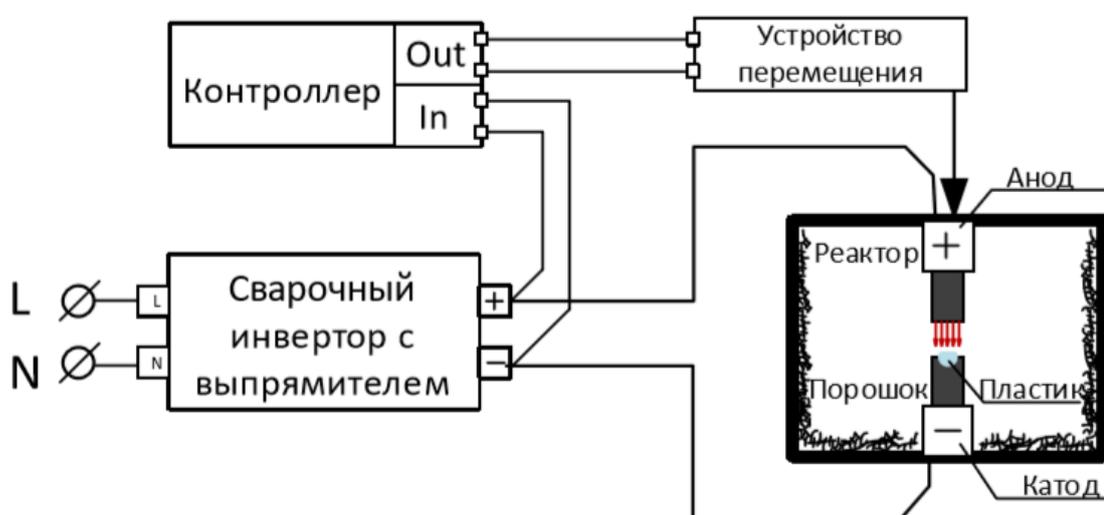


Рисунок 1 – Упрощенная схема лабораторной установки

2.2 Разработка функциональной схемы автоматизации

2.2.1 Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013

Функциональная схема автоматизации (ФСА) является проектным документом, имеющим первостепенное значение, т.к. ФСА определяет структуру и уровень автоматизации, обеспечение средствами автоматизации и приборами технологического процесса. На функциональной схеме автоматизации показывают, согласно ГОСТ 21.408-2013 [5]:

- инженерное и технологическое оборудование;
- коммуникации автоматизируемого объекта;
- контуры контроля, управления и регулирования;

Условные обозначения приборов, линий связи и средств автоматизации, применяемые на функциональной схеме автоматизации, установлены в ГОСТ 21.208-2013 [6]. На схеме выделены каналы управления (1-2, 11). Контур 1-2 обеспечивает целостность технологического блока, канал 11 обеспечивает поддержание электрического разряда во время технологического процесса, путем приближения электродов друг к другу. Каналами измерения являются (3-10). В этих каналах измерения регистрируются или отображаются параметры системы.

ФСА представлена на ФЮРА.425280.001.ЭС.01 и ФЮРА.425280.001.ЭС.02.

2.2.2 Функциональная схема автоматизации по ANSI/ ISA S5.1-2009

Функциональная схема автоматизации, сделанная по ГОСТу 21.408-2013 была адаптирована под стандарт ANSI/ ISA S5.1-2009. ФСА по ANSI представлено на ФЮРА.425280.001.ЭС.03.

2.3 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления является электродуговой разряд. На каждом уровне программно-аппаратной платформой определяется специфика каждой конкретной системы управления

Трехуровневая структура АС приведена на ФЮРА.425280.001.ЭС.05.

Где нижний уровень системы с распределенными устройствами сопряжения промышленных контроллеров с объектами должен включать в себя технические и программные средства. Средний (контроллерный) уровень состоит из локального контроллера. На верхнем (информационно-вычислительном) уровне находится автоматизированное рабочее место оператора.

Обобщенная структура электрических соединений представлена на ФЮРА.425280.001.ЭС.06.

2.4 Разработка схемы информационных потоков

При разработке схемы информационных потоков, в первую очередь, необходимо учитывать, что всего есть три уровня хранения информации и ее сбора:

- верхний уровень – уровень корпоративного информационного хранения, и архивного хранения. Информация представляется в виде экранных форм/мнемосхем. В автоматическом режиме на АРМ формируются различные отчеты (сводка по состоянию оборудования и измерений в текущее время).
- средний уровень – уровень текущего хранения, другими словами буферная база данных. Средний уровень, можно назвать, своего рода маршрутизатор информационных потоков от датчиков и систем автоматики и телемеханики к верхнему уровню, т.е. к SCADA-системам.
- нижний уровень – уровень сбора данных и их обработки. Это данные датчиков, т.е., как правило, аналоговые либо дискретные сигналы, данные о вычислении либо преобразовании.

Полную схему информационных потоков можно увидеть в ФЮРА.425280.001.ЭС.04.

3 Выбор средств реализации АС

3.1 Выбор датчиков

3.1.1 Датчики тока и напряжения

Для выбора датчика тока и напряжения – осциллографа был проведен анализ аналогового и цифрового осциллографов.

Одним из достоинств аналогового осциллографа является точность в передаче формы исследуемого сигнала. В то время как преимуществами цифрового осциллографа являются:

- портативность и небольшой вес;
- большая полоса пропускания;
- возможность измерения одиночного сигнала;
- дружественный интерфейс;
- возможность проведения измерений на экране;
- цветной дисплей;
- возможность хранения и печати данных;
- возможность цифровой обработки сигналов (в виде быстрого преобразования Фурье, сложения, вычитания, интегрирования и пр.);
- возможность применения к сигналам цифровой фильтрации.

Так как эксперимент на установке ведется быстро, поэтому сигнал необходимо обрабатывать немедленно и эксперименты следуют друг за другом с небольшим перерывом. Следовательно, выбор остался за цифровым осциллографом.

Проведем сравнительный анализ цифрового осциллографа Rigol DS1052E [9] и аналогового осциллографа МЕГЕОН 15010.

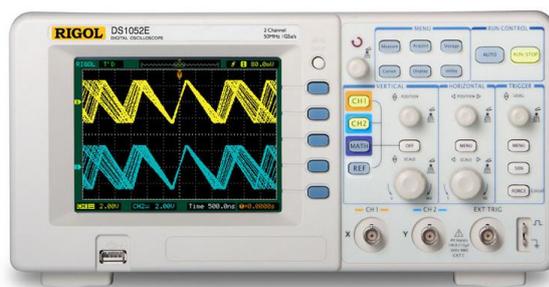


Рисунок 2 – Rigol DS1052E



Рисунок 3 – Rigol МЕГЕОН 15010

Таблица 3 – Важнейшие технические характеристики осциллографов

	Rigol DS1052E	МЕГЕОН 15010
Диапазон частот	50 МГц	10 МГц
Каналы	2	1
Частота дискретизации	1 ГГц	1 кГц
Входное сопротивление	1 МОм	1 МОм
Вертикальная шкала	2mV/div – 10V/div	5mV/div – 5V/div
Время нарастания	< 7 ns	35 ns
Габариты	Размеры, мм: 303x154x133. Вес: 2.3кг	Размеры, мм: 220 × 95 × 320. Вес: 3.5 кг
Горизонтальная шкала	5ns/div – 50s/div	100ns/div – 0,1s/div
Цена	23 000 р.	19 000 р.

Как можно заметить из таблицы, что приоритете оказался Rigol DS1052E, т.к. технические характеристики оказались лучше характеристик аналогового осциллографа.

Помимо этого, осциллограф имеет интерфейсы USB Device/Host, RS-232, P/F Out, что удобно для подключения к ПК.

3.1.2 Датчик тока

Для изменения тока были рассмотрены следующие датчики:

- CSLA2DJ Honeywell;
- L34S300D15;
- 20310300201;
- T60404-N4644-X201.

Таблица 4 – Спецификация датчиков тока

	CSLA2DJ Honeywell	L34S300D15	20310300201	T60404-N4644- X201
Производитель	Honeywell	Tamura	HARTING	Vacuumschmelze
Рабочее напряжение питания	6 В	15 В	15 В	15 В
Номинальный ток	225 А	300 А	300 А	200 А
Время реакции	3 мкс	5 нс	1 нс	1 нс
Рабочая температура	-25...+85 °С	-30...+80 °С	-40...+85 °С	-40...+70 °С
Цена	81 \$	74 \$	213 \$	109 \$

Исходя из проанализированных характеристик датчиков тока, был выбран CSLA2DJ Honeywell [10]. Выбор был основан на рабочем напряжении питания. В установке уже присутствуют преобразователи напряжения 5 В и 12 В.

Следовательно, логичнее использовать датчик тока с напряжением 12 В, чем использовать еще один преобразователь напряжения.



Рисунок 4 – CSLA2DJ Honeywell

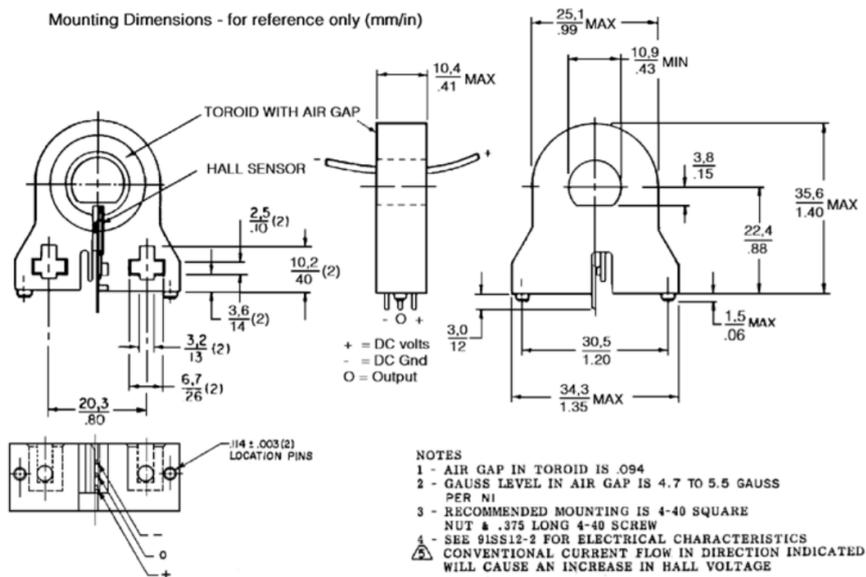
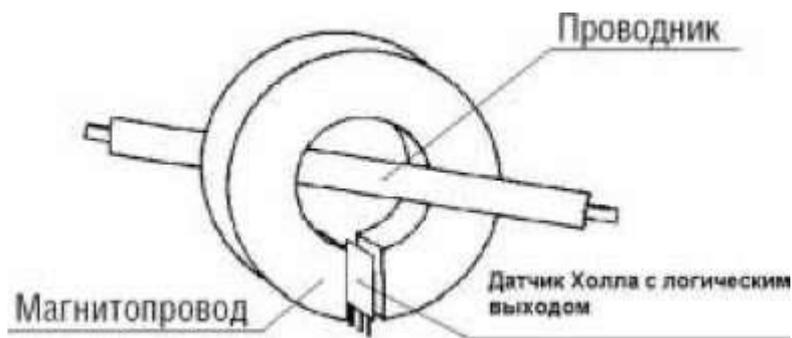


Рисунок 5 – Монтаж датчика CSLA2DJ Honeywell

Принцип действия датчика тока

Датчики тока прямого усиления — простейший вариант датчиков на эффекте Холла. Они имеют наименьшие размеры, вес и стоимость при очень низком энергопотреблении. Ток, протекающий в проводнике, создает вокруг него магнитное поле. Это поле концентрируется в ферромагнитном сердечнике. Сердечник имеет зазор, в котором располагается элемент Холла, чувствительный к плотности магнитного потока в зазоре. Выходной сигнал элемента Холла преобразуется таким образом, чтобы он был в точности пропорционален величине тока в проводнике [17].

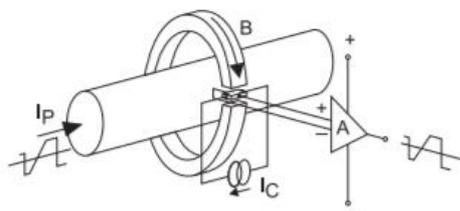


Рисунок 6 – Принцип работы датчика тока на эффекте Холла

3.1.3 Датчик температуры

Для уже существующей системы было решено использовать пирометр и термопару. Т.к. на установке необходимо регистрировать большие токи кратные 1000. Остальные типы датчиков не подходят для системы, максимальная температура многих из них соответствует 500 °С.

Принцип действия термопары

Термопара является высокоточным датчиком температуры. При разности температур между горячим и холодным концом в цепи возникает электрический ток. Термопара является относительным датчиком температуры, уровень ее напряжения имеет зависимость от температурной разности между спаями.

Принцип действия пирометра

В датчике имеется специальная тонкая пленка, поглощающая инфракрасные излучения, тем самым нагревающаяся. Это позволяет на расстоянии до 3 метров детектировать тепловой объект.

Для выбора датчиков измерения температуры был проведен сравнительный анализ следующих датчиков:

- XF-1077-FAR;
- ТВР-0687;
- ТП-0395;
- Benetech GM1850.

Таблица 5 – Спецификация датчиков температуры

	XF-1077-FAR	ТВР-0687	ТП-0395	Benetech GM1850
НСХ	-	A-1	ПР (В)	-
Класс допуска	-	2	2 или 3	-
Диапазон рабочих температур	-40 ...+1100 °С	0 ...+2000 °С	+600 ...+1700 °С	+200 ...+1850 °С
Погрешность	-	-	$0,005 \cdot t $	$\pm 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Материал	Никель-хромовое железо	Сплав вольфрама и рения	платинородий-платинородиевые	-
Цена	5 640 р.	По запросу	По запросу	13 590 р.

Исходя из таблицы характеристик, были выбраны два датчика ТВР-0687 и Benetech GM1850. Так как температура при эксперименте достигает 1000 °С и более необходимо выбирать термопару с наибольшим диапазоном температур. Кроме того, часто бывает, что эксперимент начинается не с нагретых элементов, а элементов комнатной температуры, датчики измерения должны иметь наименьший класс допуска и наименьшую погрешность. Таким образом, датчики указанные выше подходят по всем характеристикам. Установка закладной производится с бобышкой.



Рисунок 7 – Venetech GM1850



Рисунок 8 – ТВР-0687

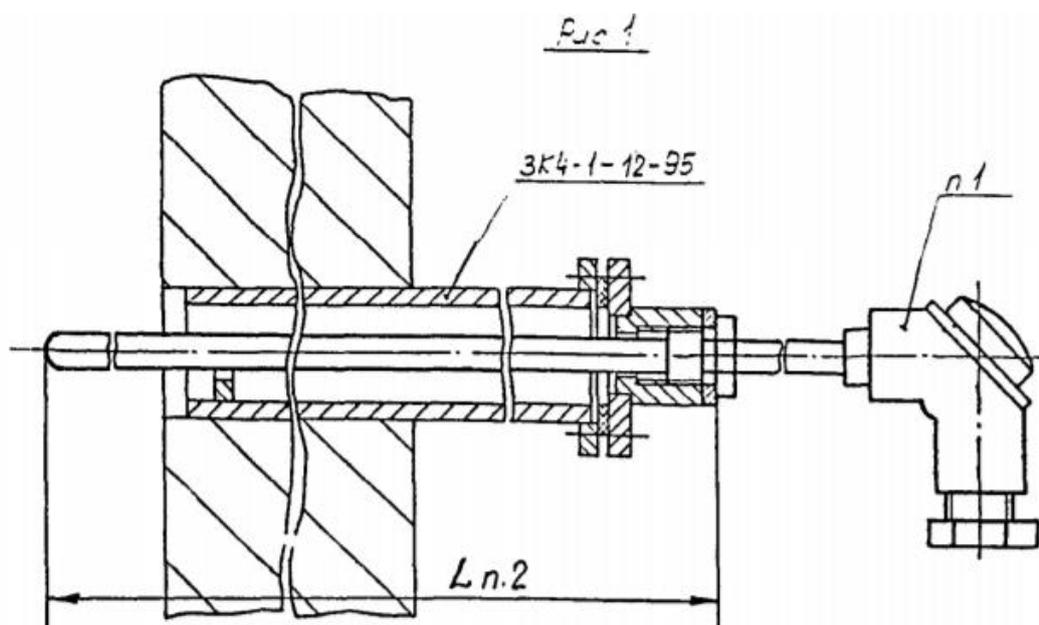


Рисунок 9 – Закладная ТВР-0687

3.1.4 Датчик влажности

Датчик влажности в системе требуется как дополнительный параметр для проверки системы. Он не является основным.

Ниже представлены возможные модели датчиков для сравнительного анализа:

- HIH-4000-001;
- SHT15;
- DHT22;
- BPS230-D3P0-S10E.

Таблица 7 – Характеристика датчиков влажности

	HIH-4000-001	SHT15	DHT22	BPS230-D3P0-S10E
Точность	3,5 %	2 %	2 %	3%
Напряжение питания	5,8 В	3,3 В	5 В	5,5 В
Диапазон влажности	0 ... 100% относительной влажности			
Время реакции	5с	8с	5с	8 с
Диапазон температур, °С	-40 ...+85	-40 ...+123,8	-40 ...+125	-40 ... +105
Количество выводов	3	8	4	6
Цена	21, 37 €	23, 64 €	180 р.	2,65 €

Был выбран датчик влажности DHT22[11] из-за своей точности и дешевизны, а также напряжению питания, которое уже используется для многих других устройств Arduino. Датчик DHT состоит из двух основных частей: ёмкостный датчик влажности и гигрометра. Первый используется для измерения температуры, второй – для влажности воздуха. Находящийся внутри чип может

выполнять аналого-цифровые преобразования и выдавать цифровой сигнал, который считывается посредством микроконтроллера.

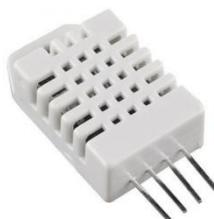


Рисунок 10 – DHT22

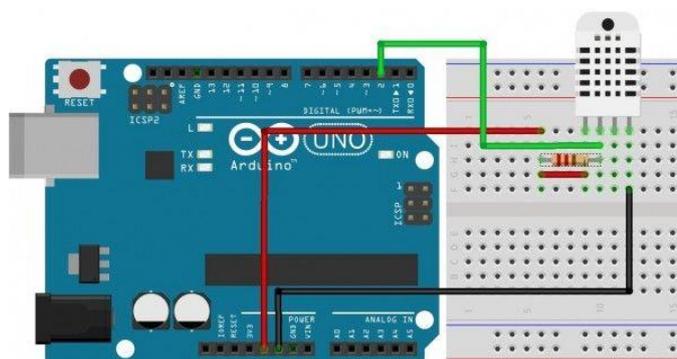


Рисунок 11 – Монтаж датчика влажности DHT22

3.1.5 Датчик газа

Для простоты использования сразу был выбран датчик газа MQ-7 [12]. Кроме того, он является самым дешевым представителем датчиков газа и реализуется на микроконтроллере. Опросный лист датчика газа расположен в приложении А.

Датчик MQ-7 относится к полупроводниковым приборам. Принцип работы датчика газа основан на изменении сопротивления тонкопленочного слоя диоксида олова SnO_2 при контакте с молекулами определяемого газа. Чувствительный элемент датчика состоит из керамической трубки с покрытием Al_2O_3 и нанесенного на неё чувствительного слоя диоксида олова. Внутри трубки проходит нагревательный элемент, который нагревает чувствительный слой до температуры, при которой он начинает реагировать на определяемый газ. Чувствительность к разным газам достигается варьированием состава примесей в чувствительном слое [18].

В сенсоре предусмотрено два режима работы, переключаемых джампером.

- нагреватель датчика постоянно включён. Таким образом можно обойтись одним трёхпроводным шлейфом;
- управление нагревателем программно.

Характеристики:

- потребляемый ток: 150 мА;
- напряжение питания: 5 В;
- диапазон измерений:

Диоксид азота: 20-2000 ppm;

Угарный газ: 20-2000 ppm.

Другие газоанализаторы:

MQ-3 — фиксирует алкоголь.

MQ-9 — фиксирует углеводородные газы.



Рисунок 12 – MQ-7

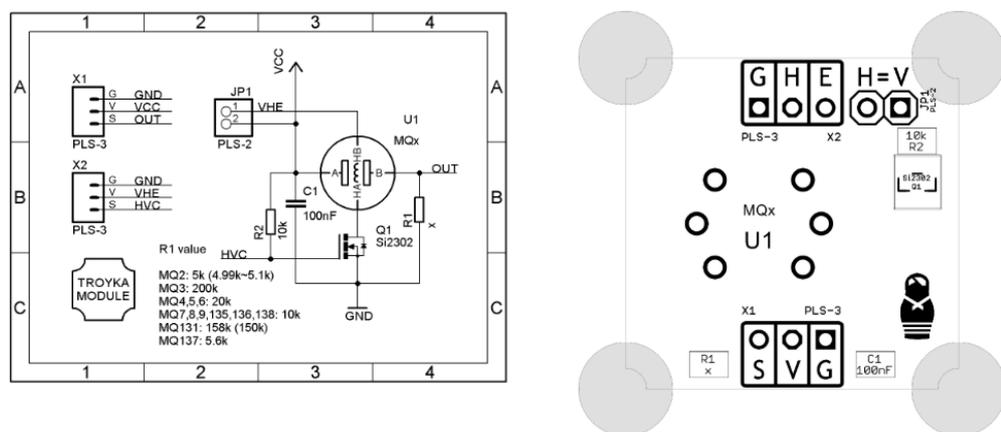


Рисунок 13 – Монтажная и принципиальная схема датчика газа MQ-7

3.1.6 Микропереключатель

Микропереключатель, электрический переключатель, требующий лишь незначительного усилия и движения, чтобы замкнуть или разомкнуть его. Используется в электромеханических устройствах, автоматических или полуавтоматических, где движущийся система переключается с замкнутого состояние на разомкнутое и наоборот, чтобы начать или закончить операцию.

Был выбран самый простой, поэтому данные (характеристики) о микропереключателе не важны.



Рисунок 14 – Микропереключатель

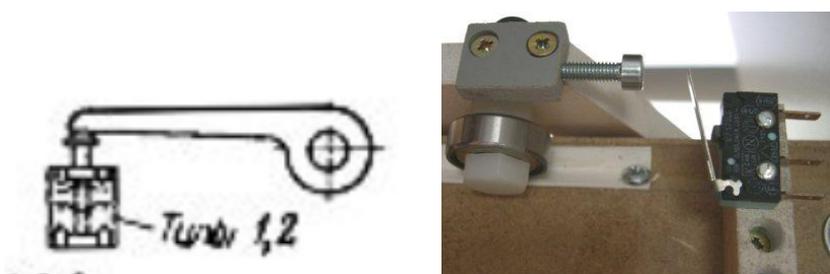


Рисунок 15 – Закладная микропереключателя

3.2 Выбор контроллерного оборудования

Существующая установка не имеет больших размеров, не требует множество датчиков и исполнительных механизмов, контактирующих между собой, поэтому было решено использование микроконтроллеров. Многие датчики, описанные выше, были подобраны для удобства подключения к микроконтроллеру.

Микроконтроллер - это специальная микросхема, предназначенная для управления различными электронными устройствами. Опросный лист контроллерного оборудования расположен в приложении Б.

Микроконтроллер на плате программируется при помощи языка Arduino (основан на языке Wiring) и среды разработки Arduino (основана на среде Processing). Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно, либо же взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере. Arduino — это электронный конструктор и удобная платформа быстрой разработки электронных устройств для новичков и профессионалов. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Устройство программируется через USB без использования программаторов.

Был выбран Arduino Nano [13] благодаря своим характеристикам и компактным габаритам. Arduino Nano — это функциональный аналог Arduino Uno, но размещённый на миниатюрной плате.

Отличие заключается в отсутствии собственного гнезда для внешнего питания, использованием чипа FTDI FT232RL для USB-Serial преобразования и применением mini-USB кабеля для взаимодействия вместо стандартного.

В остальном, начинка и способы взаимодействия совпадают с базовой моделью.

Платформа имеет штырьковые контакты, что позволяет легко устанавливать её на breadboard. Используют Arduino Nano там, где важна компактность, а возможностей Arduino Mini недостаточно.

Характеристики:

- микроконтроллер: ATmega328;
- тактовая частота: 16 МГц;
- напряжение логических уровней: 5 В;

- входное напряжение питания: 7–12 В;
- портов ввода-вывода общего назначения: 22;
- портов с поддержкой ШИМ: 6;
- портов, подключённых к АЦП: 8;
- Flash-память: 32 КБ;
- стоимость 1800 р.;
- габариты: 18×45 мм.

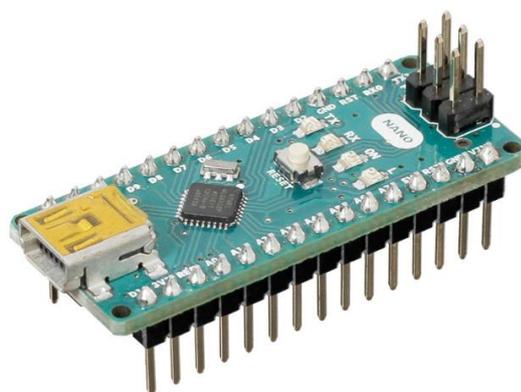


Рисунок 16 – Arduino Nano

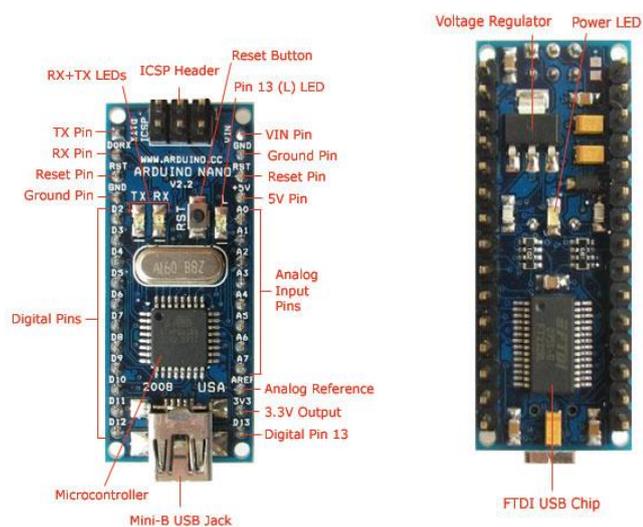


Рисунок 17 – Распиновка Arduino Nano

3.3 Выбор исполнительного механизма

В системе исполнительным механизмом, воздействующим на объект управления - сварочный инвертор COLT Condor 200.

Сварочный инвертор COLT Condor 200 обладает всеми необходимыми функциями для простой и уверенной работы оператора без специализированной подготовки.

Таблица 7 – Характеристики сварочного инвертора

Вид сварки	Ручная дуговая (ММА)
Ток сварки	Постоянный
Входное напряжение	187-253 В
Напряжение холостого хода	63 В
Минимальный ток сварки	20 А
Максимальный ток сварки	200 А
Класс защиты	21
Габариты	220x123x320 мм, 5 кг
Минимальный диаметр электрода	1,6 мм
Максимальный диаметр электрода	5 мм

Сварочный инвертор был выбран благодаря меньшему объему потребляемой электроэнергии в отличие от трансформатора. Кроме того, инвертор имеет компактные габариты и небольшой вес. Инвертор имеет такие полезные функции как:

- Hot Start – на несколько секунд увеличивается значение силы тока в тот момент, когда происходит розжиг дуги. Вот почему она стабильно горит, и даже новичок выполнит розжиг дуги без проблем. При работе с трансформаторами выполнение этой операции под силу только сварщику с большим опытом.
- Antistick – не дает электроду прилипнуть к детали. Ток прекращает подаваться, если кончик электрода коснулся поверхности заготовки. В результате вы без проблем оторвете электрод. Если этого не сделать, произойдет короткое замыкание.

- Arc Force – повышает силу тока, если электрод очень приблизится к поверхности обрабатываемой детали. Это дает возможность уменьшить вероятность его прилипания.



Рисунок 18 – Сварочный инвертор

3.4 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешних электрических проводок приведена на ФЮРА.425280.001.ЭС.07. Система включает в себя следующие первичные и приборы по месту:

- датчик тока и напряжения;
- датчик тока;
- датчики температуры;
- датчик влажности;
- датчик газа;
- микропереключатели.

Для передачи сигналов от перечисленных выше датчиков на щит контрольно-измерительных приборов и автоматики выбран кабель контрольный с токопроводящей медной жилой в ПВХ оболочке с ПВХ изоляцией не горящий (КВВГ нг 10x2,5), где 10 – количество жил, а 2,5 – сечение жил.

Элементы конструкции кабеля:

- медная однопроволочная токопроводящая жила круглой формы.

- изоляция из поливинилхлоридного пластика. Изолированные жилы кабелей скручены. В каждом из них имеется счетная пара. изолированные жилы этой пары отличаются по цвету друг от друга и от остальных жил.
- оболочка из поливинилхлоридного пластика.

Кабель КВВГ применяется для прокладки в каналах, туннелях в условиях агрессивной среды, в помещениях, при отсутствии механических воздействий на кабель.

Технические и эксплуатационные характеристики кабелей КВВГ представлены в таблице 7.

Таблица 8 – Характеристики кабеля КВВГ

Температура окружающей среды при эксплуатации	от +50°С до –50°С
Срок службы	
– при прокладке в земле (траншеях) и на эстакадах	15 лет
– при прокладке в помещениях, каналах, туннелях	25 лет
Номинальная толщина изоляции жил	2,5 мм
Электрическое сопротивление изоляции жил КВВГ при температуре 20°С сечением:	
– 0,75 – 1,55 мм ²	Не менее 10 Мом * км
– 2,5 – 4 мм ²	Не менее 9 Мом * км
– 6 мм ²	Не менее 6 Мом * км
Допустимая температура нагрева жил КВВГ при эксплуатации	+ 70 °С

<p>Минимально допустимый радиус изгиба при прокладке (при t° не ниже 0°C):</p> <ul style="list-style-type: none"> – с наружным диаметром до 10 мм включительно – с наружным диаметром свыше 10 мм до 25 мм включительно 	<p>3 диам. кабеля</p> <p>4 диам. кабеля</p>
<p>Гарантийный срок эксплуатации</p>	<p>2 года</p>
<p>Относительная влажность воздуха (при $t^{\circ} +35^{\circ}\text{C}$)</p>	<p>98%</p>

4 Выбор алгоритмов управления

Разработка алгоритмов управления преследует следующие цели:

- повышение уровня информативности персонала и достоверности данных по состоянию технологического оборудования;
- повышение качества ведения технологического и его безопасности;
- повышение надежности управления объектом;
- повышение оперативности действий оператора.

Функционирование алгоритмов позволяет обрабатывать входные сигналы и команды оператора, поступающие с АРМ оператора, а также выдавать управляющее воздействие на исполнительный механизм и сообщения оператору.

В автоматизированных системах управления существуют разные уровни управления. В соответствии с этим, существуют разные алгоритмы управления:

- алгоритмы защиты;
- релейные/ПИД алгоритмы для регулирования параметров технологического оборудования, например, управление положением рабочего органа, уровнем и т.д.;
- запуск либо остановка технологического оборудования (реализуются на ПЛК и в SCADA-системе);
- другие алгоритмы.

В ходе работы по данному проекту разработан алгоритм сбора данных измерений. Для его представления используется ГОСТ 19.002-80 [8].

4.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве канала измерения выберем канал регистрации показаний тока в системе электродугового разряда.

Алгоритм сбора данных измерений представлен на ФЮРА.425280.001.ЭС.08. Алгоритм сбора данных измерений подробно показывает последовательность действий, происходящих в технологическом процессе в ходе работы системы.

4.2 Проектирование системы обработки результатов экспериментов на установке электродуговой обработки материала

4.2.1 Описание проблемы

Существующая рабочая установка электродуговой обработки материала имеет такую проблему, как погрешность измерений технологических параметров. В процессе выполнения эксперимента образуется электрический шум, который не дает возможности оценить действительные результаты экспериментов.

Для устранения этой проблемы был выбран фильтр Калмана, который способен обрабатывать сигнал, очищая его от шумов.

4.2.2 Фильтр Калмана

Фильтр Калмана – инструмент фильтрации данных. Принцип фильтра состоит в том, что при фильтрации используется информация о динамике объекта контроля. Параметры электродуговой обработки материала (напряжение и ток) фиксируются на осциллографе, который подключен к установке. Как и любой измерительный прибор, осциллограф обладает погрешностью, на него оказывают влияние внешние и внутренние электрические наводки, что в результате приводит к значительной зашумленности действительного сигнала. Чем больше зашумлен сигнал, тем сложнее дать ему действительную оценку.

Таким образом, фильтр представляет собой алгоритм обработки данных, способный убрать шумы. В фильтре Калмана задается априорная информация о системе, в виде идеальной модели динамики процесса электродуговой обработки материала. Именно на основании априорной информации строится более точная оценка исходной информации, сигнала.

Алгоритм фильтра Калмана состоит из повторяющихся фаз предсказания и корректировки. На фазе предсказания рассчитывается состояние в следующий момент времени, на фазе корректировки – новая информация корректирует предсказанное значение.

Для того, чтобы применить фильтр корректно, необходимо определить следующие матрицы: A – матрица системы (отражает инерционные свойства системы); B – матрица входа; C – матрица выхода; D – матрица обхода.

Модель объекта управления имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax(t) + Bu(t) + E\omega(t), \\ y = Cx(t) + Du(t) + F\omega(t) + v(t). \end{cases} \quad (1)$$

Где u – входное воздействие;

ω – шум процесса с нулевым математическим ожиданием и ковариационной матрицей Q ;

v – шум измерения с нулевым математическим ожиданием и ковариационной матрицей R ;

F – матрица влияния возмущающего воздействия на выход системы;

E – матрица влияния возмущающего воздействия на вход системы.

Ковариационные матрицы шумов так же используются при проектировании фильтра Калмана: R — ковариационная матрица шума измерения; Q – ковариационная матрица шума процесса.

Ковариационные матрицы шумов измерения R и процесса Q имеют вид:

$$\begin{aligned} R &= M[v_k v_k^T] = [\sigma_z^2], \\ Q &= M[\omega_k \omega_k^T] = [\sigma_a^2]. \end{aligned} \quad (2)$$

Где v_k – случайный шум процесса в момент k ;

σ_z – среднеквадратичное отклонение;

M – математическое ожидание;

σ_z^2, σ_a^2 – дисперсии шумов процесса и измерения.

4.2.3 Проектирование системы

Для проектирования системы был взят эксперимент с результатами из архива.

Данные, полученные с осциллографа выглядят следующим образом, где верхний график описывает напряжение, а нижний – ток.

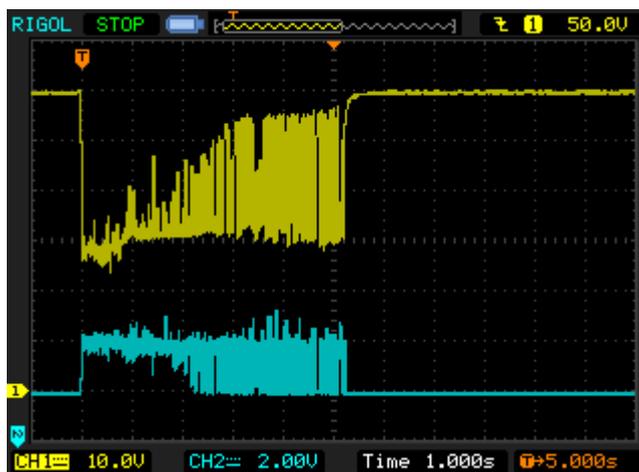


Рисунок 19 – Результаты эксперимента на осциллографе

Кроме того, к эксперименту приложена таблица excel с данными напряжения и тока, которые изменяются во времени с шагом дискретизации 0,02 секунды.

Листинг программы представлен в приложении 1. В коде программы представлены массив данных времени, массив данных напряжения, массив данных тока, массив данных задающего напряжения, массив данных задающего тока, ковариационные шумы измерения и процесса, а также начальные значения.

Для начала необходимо идентифицировать объект регулирования, в данном случае ток и напряжение являются разными объектами регулирования и идентифицируются по-разному.

Идентификация проводится с помощью System Identification Toolbox, именно этот продукт позволяет создать и использовать модель динамической системы. Для этого используются данные входа, данные выхода, шаг дискретизации и в результате получается модель в пространстве состояний (BCS).

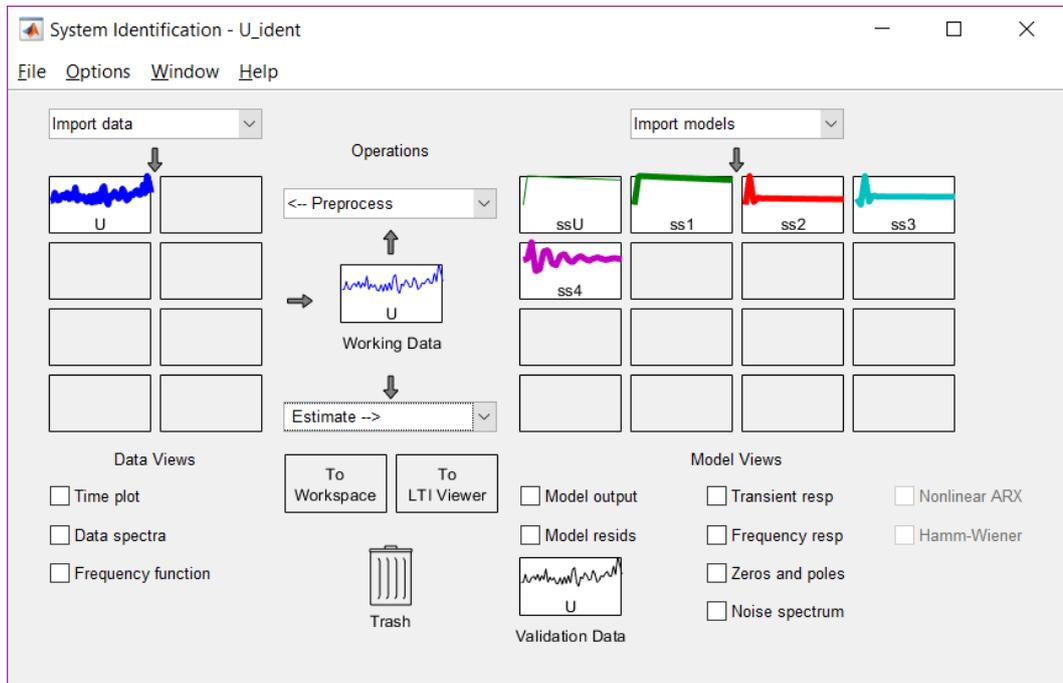


Рисунок 20 – Окно System Identification Toolbox

Для наглядности все модели напряжения отражены на одном графике. Рядом с графиком представлены проценты, описывающие на сколько идентифицированная система напряжения n-го порядка, совпадает с исходной моделью.

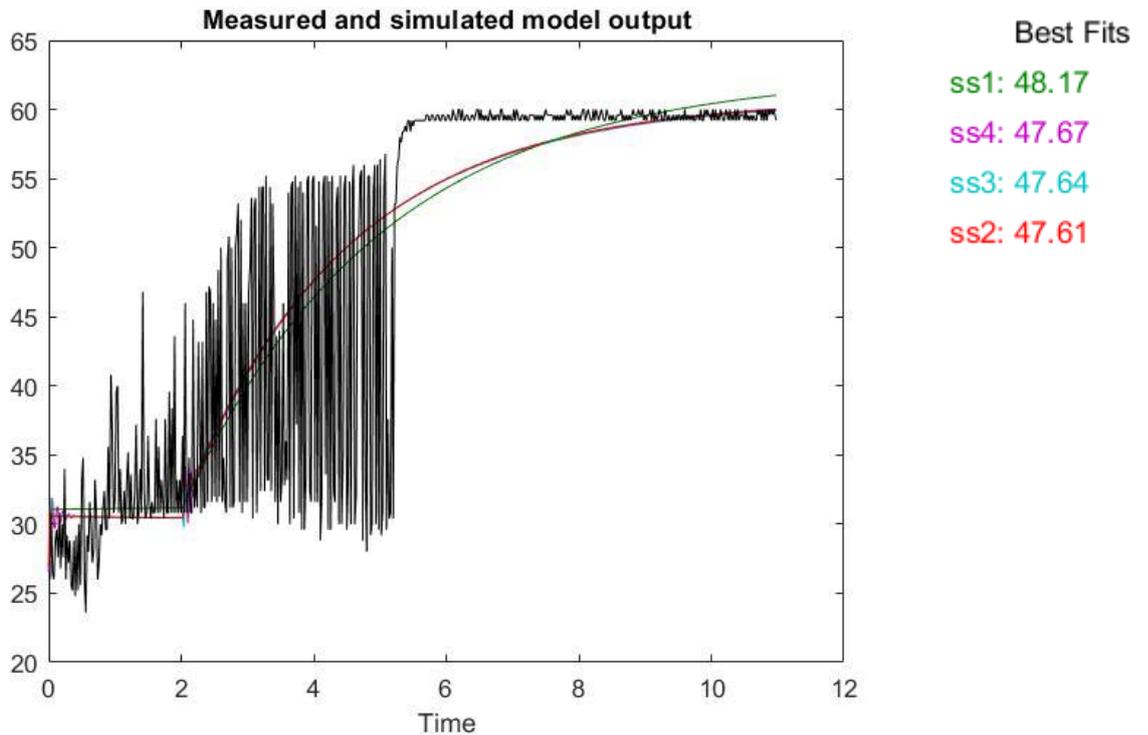


Рисунок 21 – Исходная и идентифицированные модели напряжения

Как можно заметить, наиболее точно описывает исходную модель напряжения, идентифицированная модель первого порядка.

Таким образом, данные модели напряжения первого порядка представлены в приложении Б.

Эти данные экспортируются для дальнейшего использования. Точно такие же действия проводятся с данными тока.

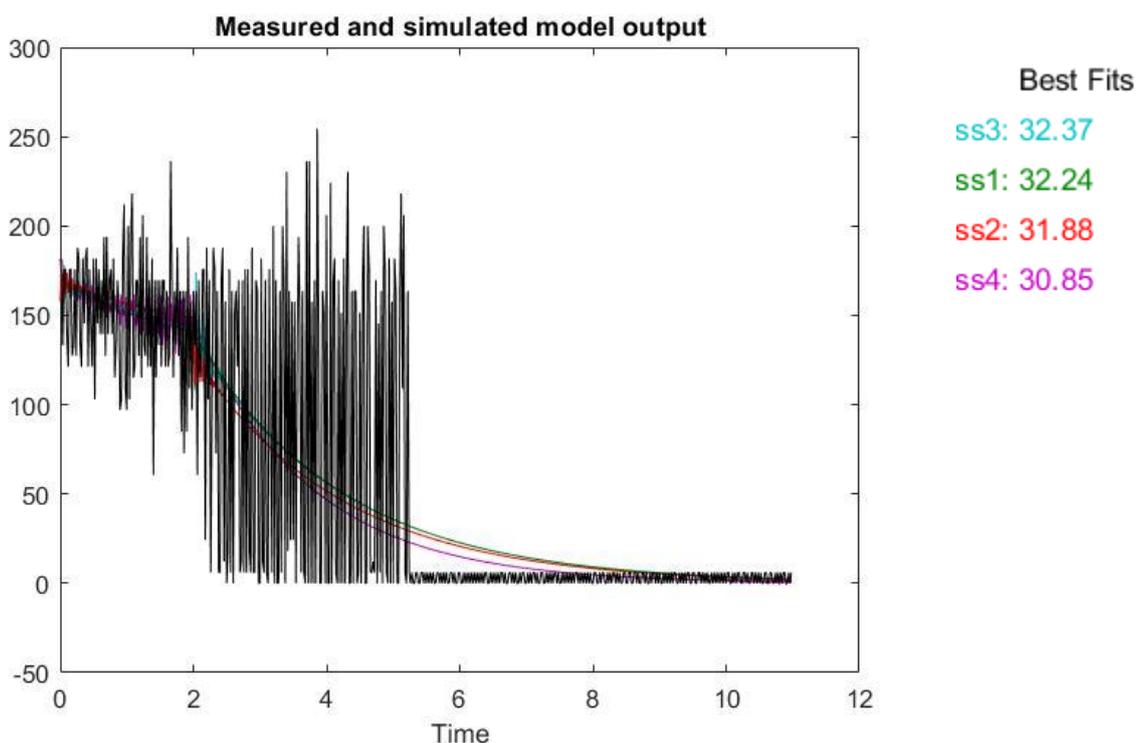


Рисунок 22 – Исходная и идентифицированные модели тока

В данном случае берется модель тока первого порядка и ее данные представлены в приложении В.

Далее строится система обработки данных напряжения.

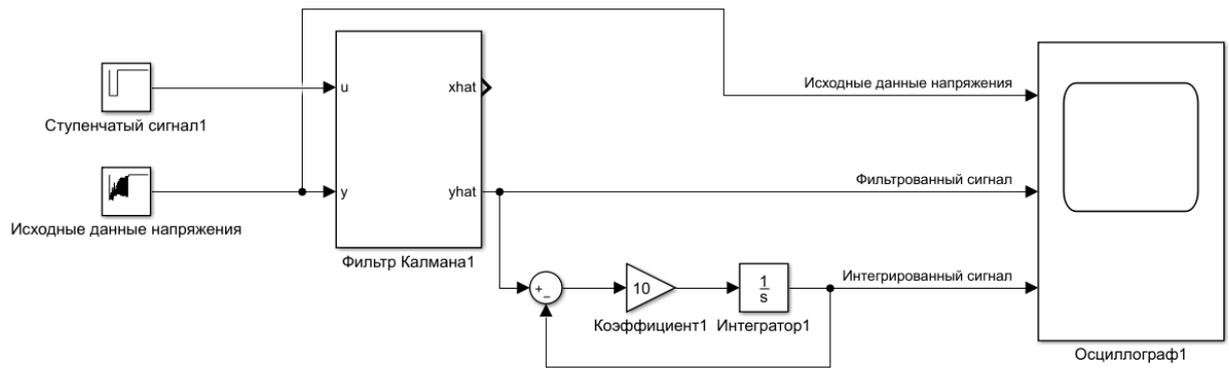


Рисунок 23 – Система обработки исходных данных напряжения

Блок фильтра Калмана выглядит следующим образом. В нем указываются матрицы идентифицированной модели, а также ковариационные матрицы шумов процесса и измерения.

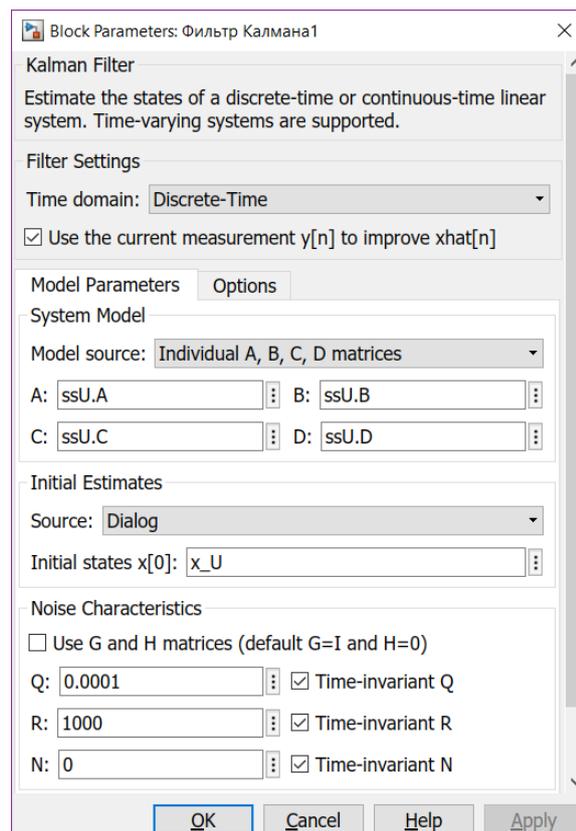


Рисунок 24 – Блок фильтра Калмана

Для проектирования фильтра Калмана необходимо определить (задать) параметры шумов. Было принято решение подобрать параметры этих шумов вручную экспериментальным способом. Значение ковариационных матриц

подобраны при помощи экспериментов над реальным сигналом, полученным с объекта управления. Но поскольку задающее значение сигнала, сигнал и шум одномерны, то вместо ковариационной матрицы используется понятие «дисперсии». Ковариационная матрица – аналог дисперсии для многомерного сигнала.

4.2.4 Экспериментальная подборка коэффициентов шумов и ковариационных матриц

Для этого была использована идеальная модель динамики установки, с аддитивно наложенными шумами, представленными в виде белого шума, и ковариационными матрицами шумов. Далее выполнялась оценка результатов в соответствии с изменениями параметров.

Введены следующие обозначения:

ω – шум процесса с нулевым математическим ожиданием и ковариационной матрицей Q ;

v – шум измерения с нулевым математическим ожиданием и ковариационной матрицей R ;

Q – ковариационная матрица шума процесса;

R – ковариационная матрица шума измерения.

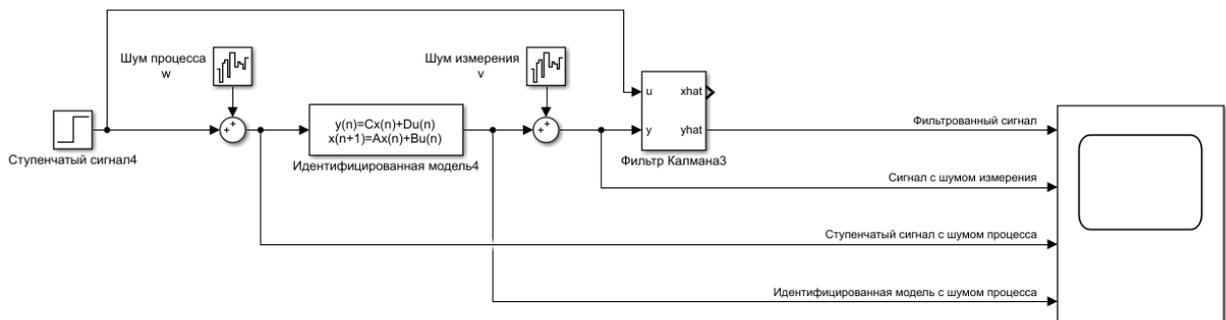


Рисунок 25 – Система с идентифицирующей моделью

При оценке были выполнены такие исследования влияния параметров как:

- Параметр белого шума процесса, ω .

В качестве модели был выбран Гауссовский случайный процесс с нулевым математическим ожиданием или другими словами белым шумом. Дисперсия белого шума процесса ω в первом случае будет равна 10, в другом – 0,1. Остальные параметры остаются неизменными: дисперсия белого шума измерения v – 0,0001; дисперсия шума процесса R – 1; дисперсия шума измерения Q – 0,05.

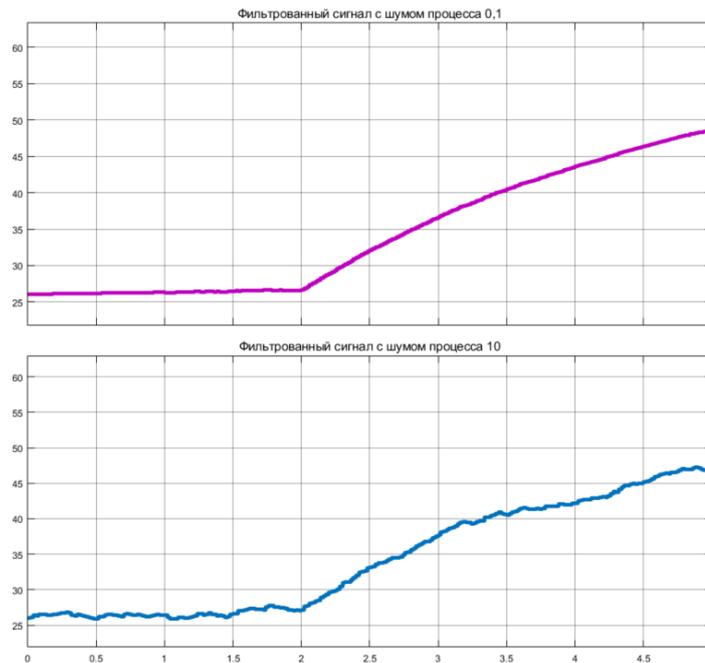


Рисунок 26 – Влияние параметра шума процесса на фильтрованный сигнал

Таким образом, судя по графику, можно сделать вывод: чем меньше дисперсия ω , тем «чище» и более сглаженными оказываются фильтрованные данные.

- Параметр белого шума измерения, v .

Шум измерения также является Гауссовским случайным процессом с нулевым математическим ожиданием или другими словами белым шумом. Дисперсия шума измерения v в первом случае будет равна 0,000000001, в другом – 0,1. Остальные параметры остаются неизменными: дисперсия белого шума

процесса $\omega - 0,001$; дисперсия шума измерения $R - 1$; дисперсия шума процесса $Q - 0,05$.

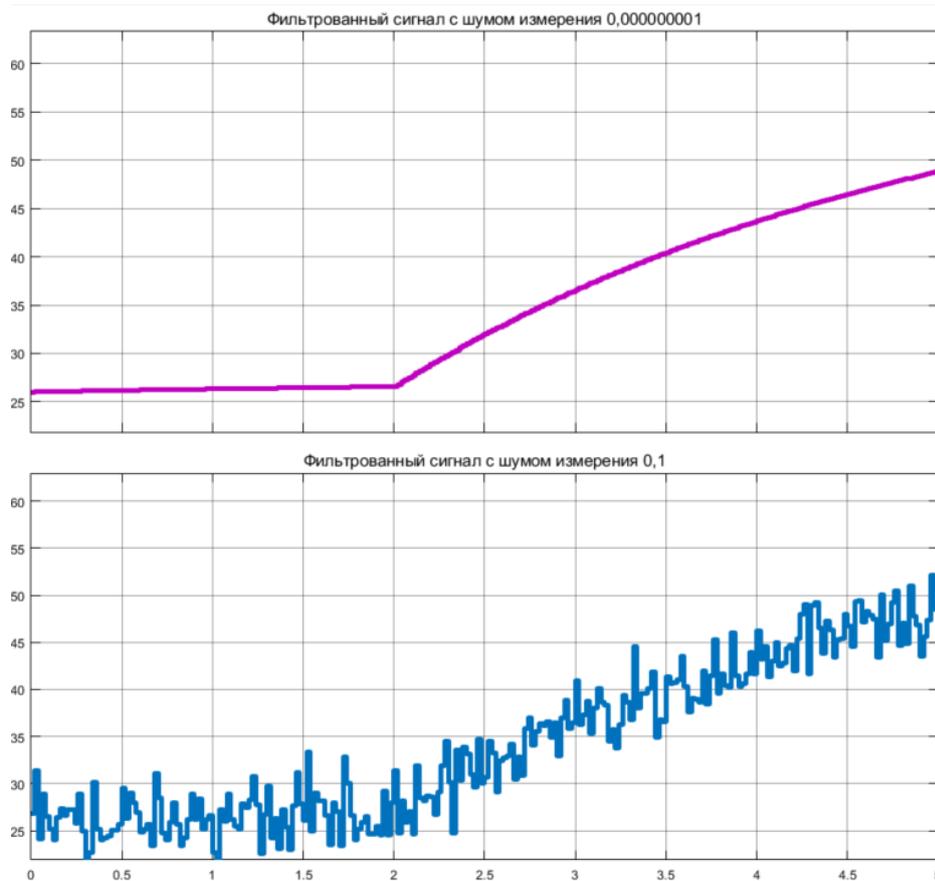


Рисунок 27 – Влияние параметра шума измерения на фильтрованный сигнал

Таким образом, судя по графику, можно сделать вывод, чем меньше дисперсия белого шума измерения, тем более сглаженными оказываются фильтрованные данные.

- Параметры белых шумов v, ω в больших и малых величинах одновременно.

В первом случае дисперсия белого шума процесса ω равна $0,000000001$, а дисперсия белого шума измерения $v - 0,000000001$. Во втором случае дисперсия белого шума процесса ω равна $0,1$, а дисперсия белого шум измерения $v - 0,1$. Остальные параметры имеют значения $R - 1$; $Q - 0,05$.

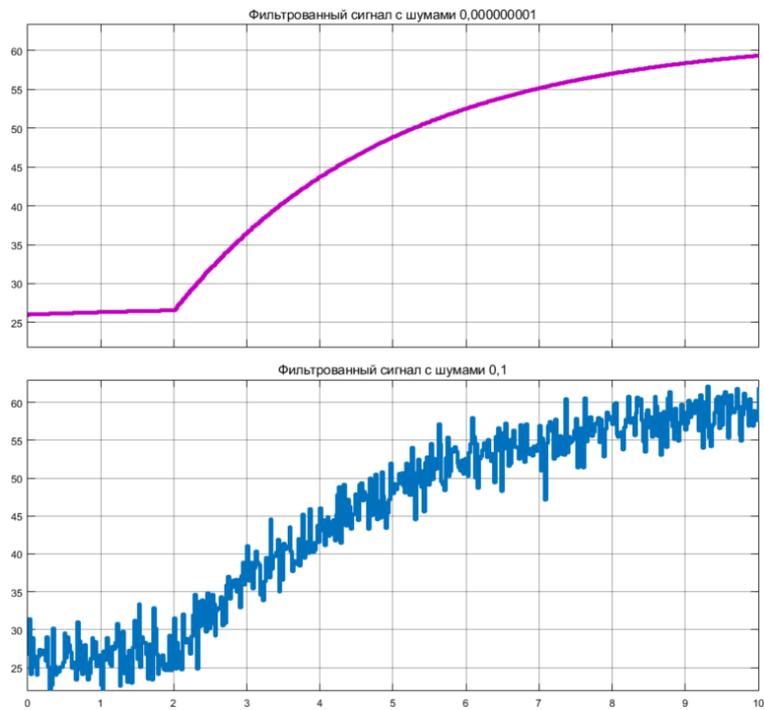


Рисунок 28 – Влияние параметров шумов на фильтрованный сигнал

Таким образом, судя по графику, можно сделать вывод, чем меньше дисперсия белых шумов, тем более сглаженными оказываются фильтрованные данные.

– Параметр ковариационной матрицы Q .

В первом случае дисперсия белого шума процесса ω равна 0,000000001, а дисперсия белого шума измерения v – 0,000000001. Q принимает значения 0,1, 1, и 0,000001. R равен 1.

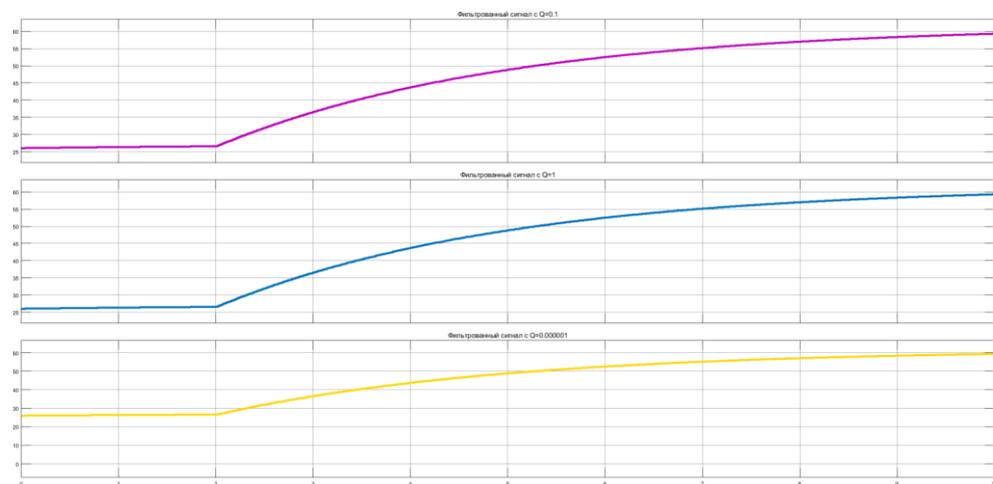


Рисунок 29 – Влияние Q на фильтрованный сигнал при малых шумах

Вывод: при малых влияниях белых шумов, изменение дисперсии шума процесса Q никак не влияет на фильтрацию значений. Сигнал всегда получается хорошо.

В другом случае дисперсия белых шумов соответствует значению 0,1. Q имеет значения 0,1, 1, и 0,000001. Параметр R равен 1.

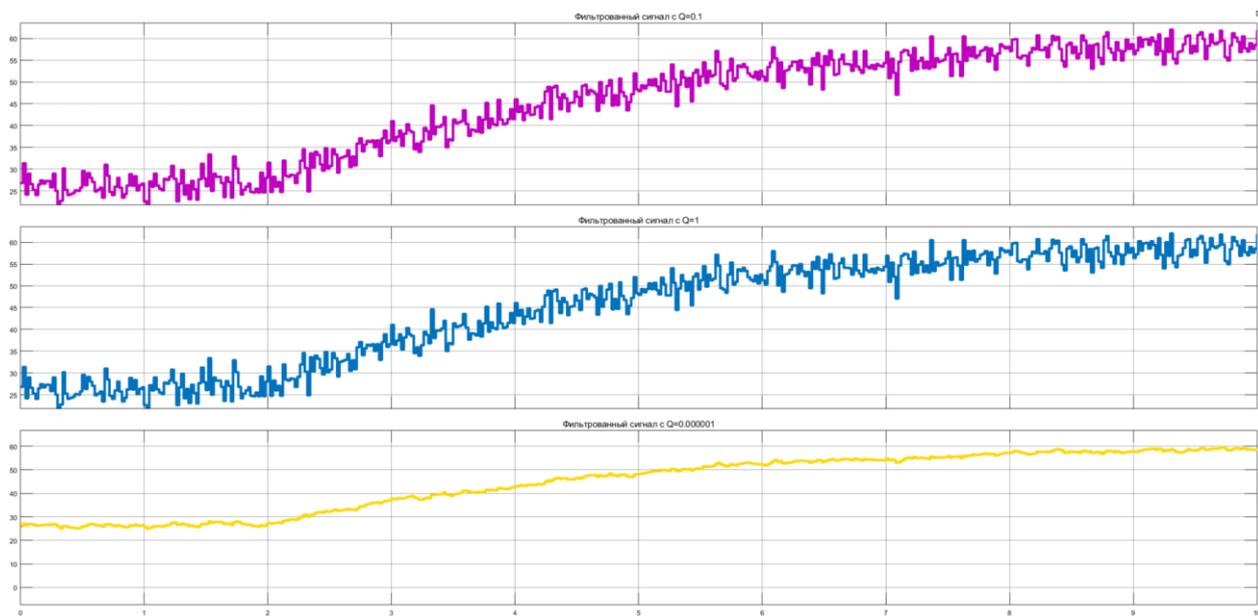


Рисунок 30 – Влияние Q на фильтрованный сигнал при больших шумах

Вывод: при больших дисперсиях белых шумов, малое значение дисперсии матрицы процесса Q дает наиболее хорошую фильтрацию, превращая сигнал в идеальный.

– Параметр ковариационной матрицы R .

В первом случае дисперсия белого шума процесса равна 0,000000001, а дисперсия белого шума измерения – 0,000000001. Дисперсия шума измерения R принимает значения 0,1, 100, и 0,00001. Q равна 0,05.

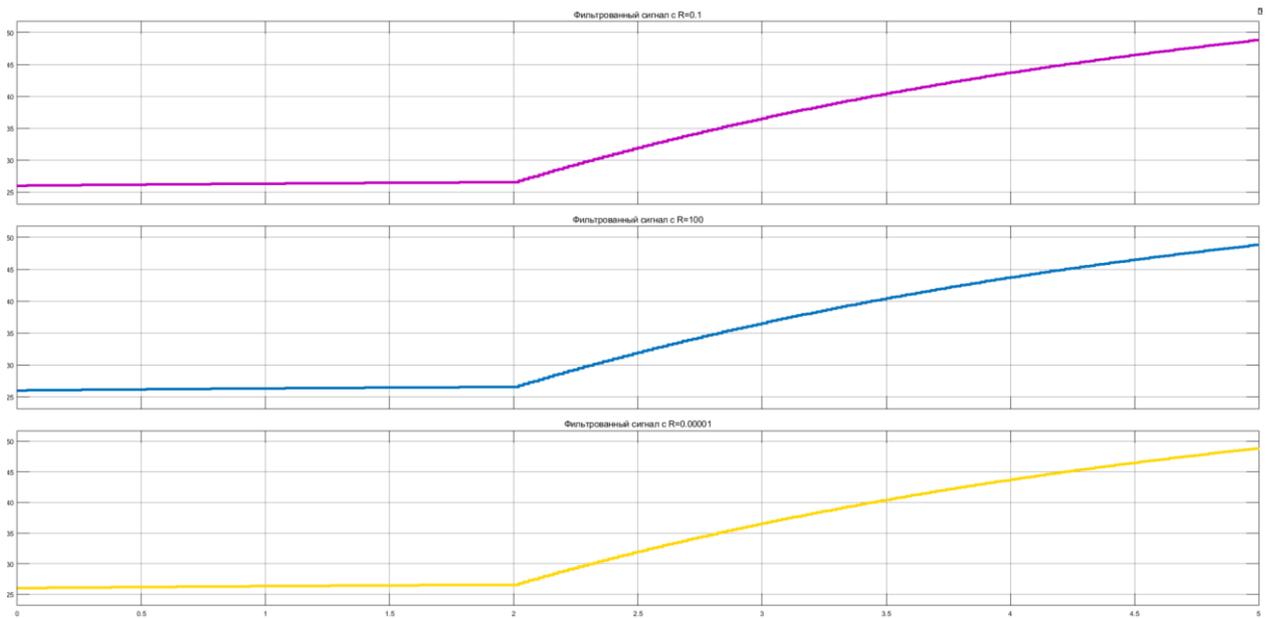


Рисунок 31 – Влияние R на фильтрованный сигнал при малых шумах

Вывод: при малых дисперсиях белых шумов, изменение дисперсии шума измерения R в меньшую сторону добавляет больше шумов в малой окрестности измерения сигнала.

В другом случае дисперсия белых шумов соответствует значению 0,1. R имеет значения 0,1, 100, и 0,00001. Q равен 0,05.

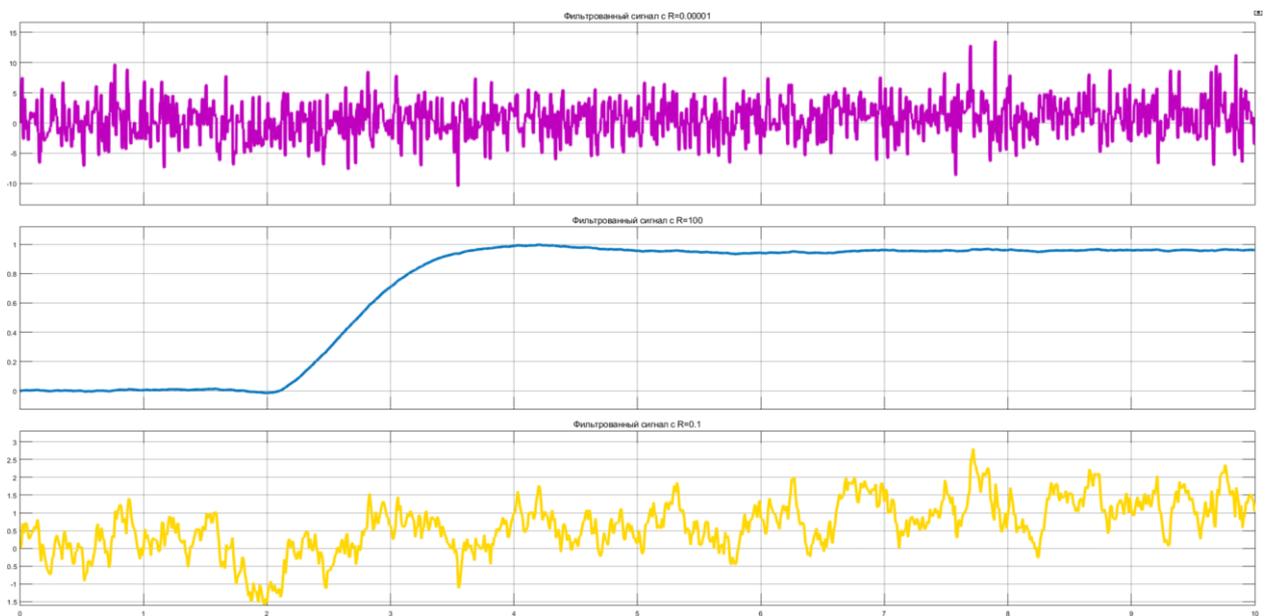


Рисунок 32 – Влияние R на фильтрованный сигнал при больших шумах

Вывод: при больших величинах R , сглаживание происходит намного лучше.

- Малая величина параметра Q , большая величина параметра R и большая дисперсия белых шумов.

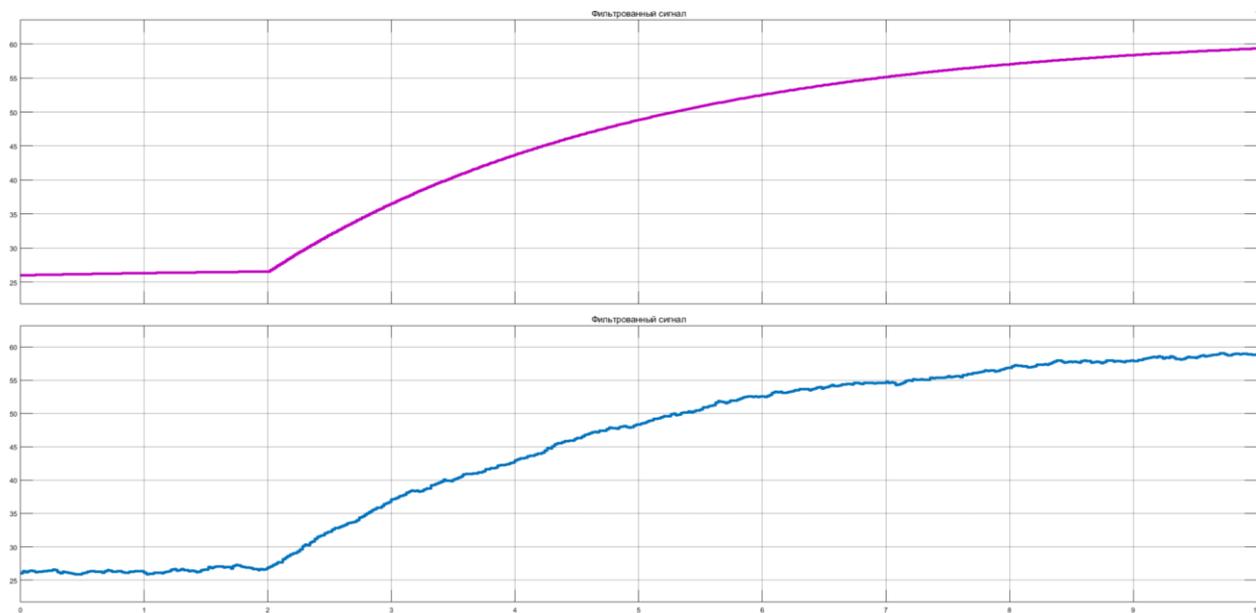


Рисунок 33 – Финальный эксперимент

Верхний график содержит дисперсию белых шумов равную 0,1, дисперсию шума процесса $R = 0,0001$, дисперсию шума измерения $Q = 1000$.

Нижний график содержит дисперсию белых шумов равную 1 при Q равной 0.000001 и R равной 1000000.

Исходя из графика, можно сделать вывод, что верхний график на рисунке 33 лучше описывает фильтрацию данных, полученных в результате эксперимента и описывается следующими параметрами:

- Дисперсия белого шума измерения $v = 0.1$;
- Дисперсия белого шума процесса $\omega = 0.1$;
- Дисперсия шума процесса $Q = 1000$;
- Дисперсия шума измерения $R = 0.0001$.

4.2.5 Обработка данных

Таким образом, были определены все матрицы фильтра Калмана, они перечислены выше. Следующим этапом была выполнена обработка результатов эксперимента.

Для этого в блок исходных данных был вписан массив данных, полученный в результате экспериментов на установке. Задающее воздействие было представлено ступенчатым сигналом, который определяет требуемый закон регулирования выходной величины.

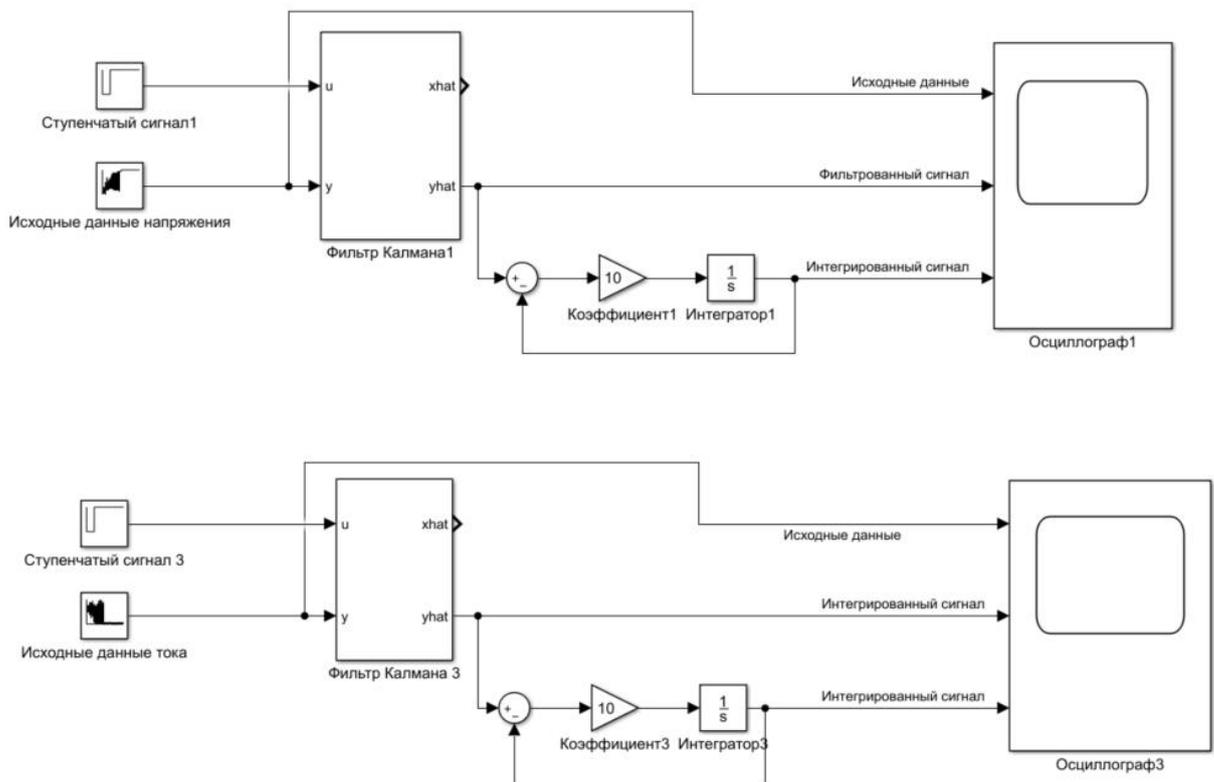


Рисунок 34 – Модели обработки результатов экспериментов

Коэффициент перед интегратором – это коэффициент сглаживания пульсаций. Чем меньше этот коэффициент, тем более он сглаживает фильтрованный сигнал.

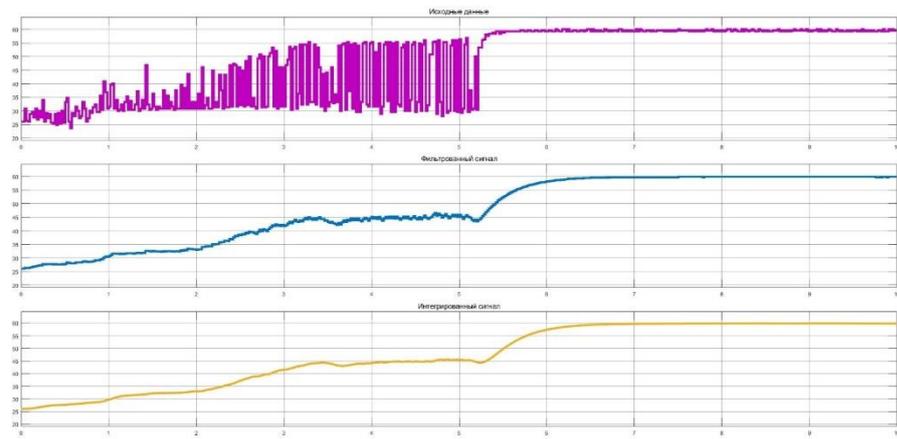


Рисунок 35 – Исходные данные, фильтрованный сигнал, интегрированный сигнал напряжения

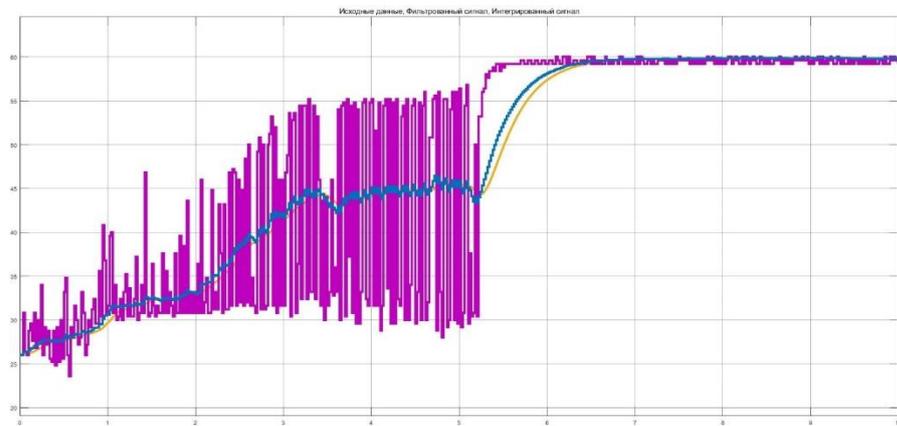


Рисунок 36 – Результаты на общем графике напряжения

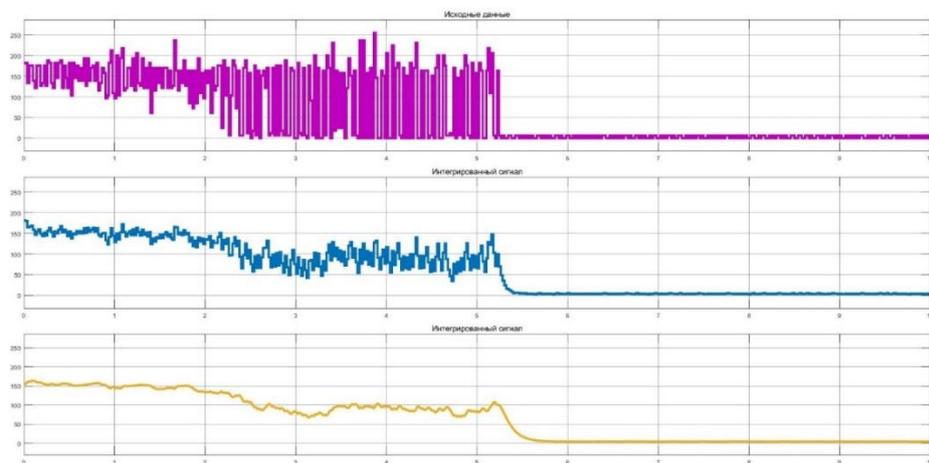


Рисунок 37 – Исходные данные, фильтрованный сигнал, интегрированный сигнал тока

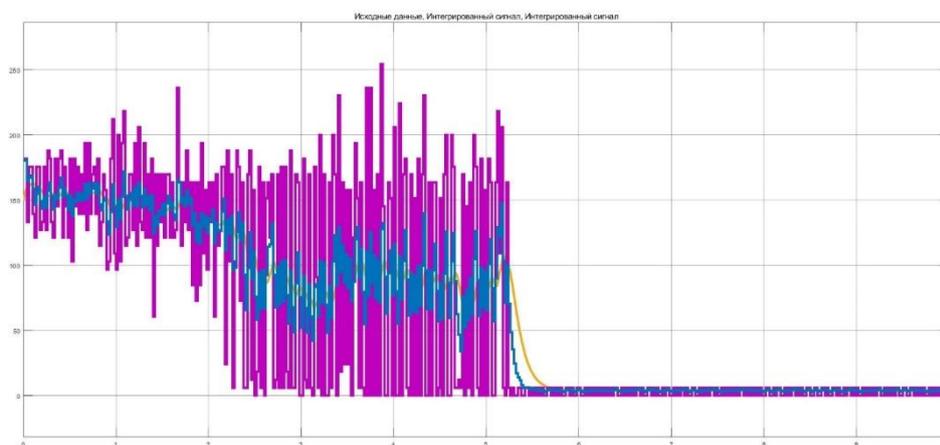


Рисунок 38 – Результаты на общем графике тока

Таким образом, видно, что фильтр Калмана выполняет свою задачу наилучшей обработки, и таким образом способен убирать лишние шумы и помехи, которые появляются на этапе получения результатов эксперимента. На данном этапе фильтр отразил все свойства идеальной математической модели, которую и следовало бы получить в ходе экспериментов на установке.

4.2.6 Робастность фильтра

Робастность – это то, на что надо проверить действующий фильтр, именно это докажет правильно ли он был установлен и использован, есть ли возможность его применять к серии экспериментов, а также в дальнейшем.

Робастность – свойство, характеризующее независимость влияния на результат исследования различного рода выбросов и устойчивости к помехам. Система является робастной, если она чувствительна к различным отклонениям и неоднородностям в выборке, связанных к какими-либо различными причинами.

Для это решено подобрать параметры фильтра на одном эксперименте из всей серии, а далее пропустить всю серию через идентичный фильтр и дать оценку результатам.

Серия состояла из 7 экспериментов с разной продолжительность горения разряда, были неудачные эксперименты, где разряд либо долго разгорался, либо

осциллограф записал ошибочные данные, но они все использованы и отфильтрованы.

Все данные обработаны такой же системой, представленной на рисунке 34. Графики до и после обработки фильтром Калмана представлены в приложении Г.

Основываясь на результатах, которые приведены в приложении Г, можно сделать вывод, что фильтр является робастным. Он хорошо обрабатывает не только самые удачные эксперименты, но и такие эксперименты, у которых электрический разряд гаснет в процессе эксперимента или долго разгорался в самом начале эксперимента. То есть он борется с данными, выделяющимися из всей выборки и устойчив к помехам.

4.3 Проектирование системы регулирования стабилизации напряжения

Система, способная обрабатывать зашумленный сигнал спроектирована. После этого было решено спроектировать систему автоматического регулирования напряжения, то есть систему, обеспечивающую стабилизацию значения регулируемой величины. Основной задачей этой системы является борьба с нежелательным влиянием возмущений, которые стремятся отклонить регулируемую величину от требуемого значения. Для этого создана система регулирования, работающая по замкнутому циклу, то есть с наличием обратной связи и операторно-структурной схеме.

Схема регулирования стабилизации напряжения выглядит следующим образом.

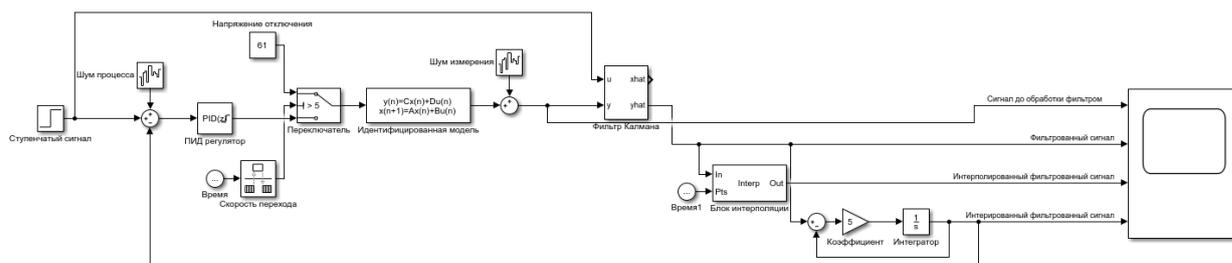


Рисунок 39 – Система регулирования стабилизации напряжения

В системе используется ПИД-регулятор в управляющем контуре с обратной связью. В системе он используется для поддержания технологического параметра (напряжения) с заданной точностью и качеством. Настройка ПИД-регулятора была произведена автоматически с помощью опции PID Tuner.

Кроме того, используется переключатель или коммутатор, который позволяет регулировать систему в зависимости от требуемого времени горения электрического разряда. То есть, система уходит в холостой ход сварочного трансформатора и отключается после достижения 5 секундного времени горения разряда. Время горения можно менять.

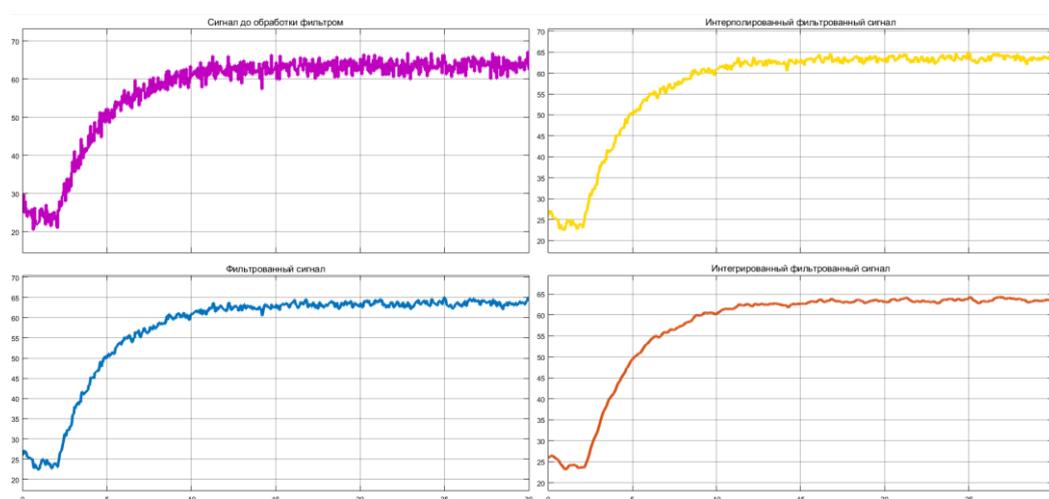


Рисунок 40 – Графики системы регулирования стабилизации напряжения

Для наглядности, выполнен анализ, суть которого заключалась создать системы: с ПИД-регулятором и фильтром Калмана, без ПИД-регулятора и без фильтра, без ПИД-регулятора, но с фильтром Калмана. На этой совокупности отражены результаты каждой системы.

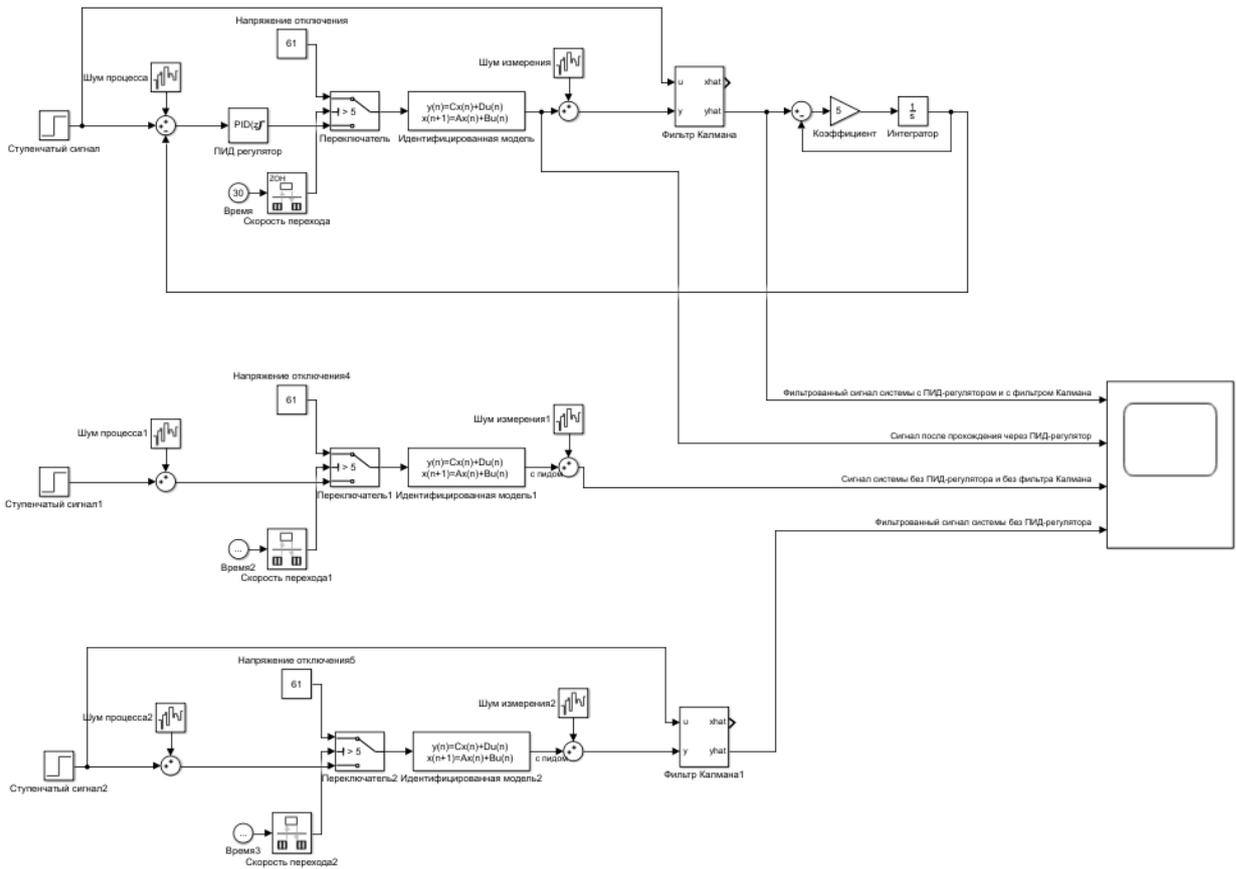


Рисунок 41 – Анализ систем

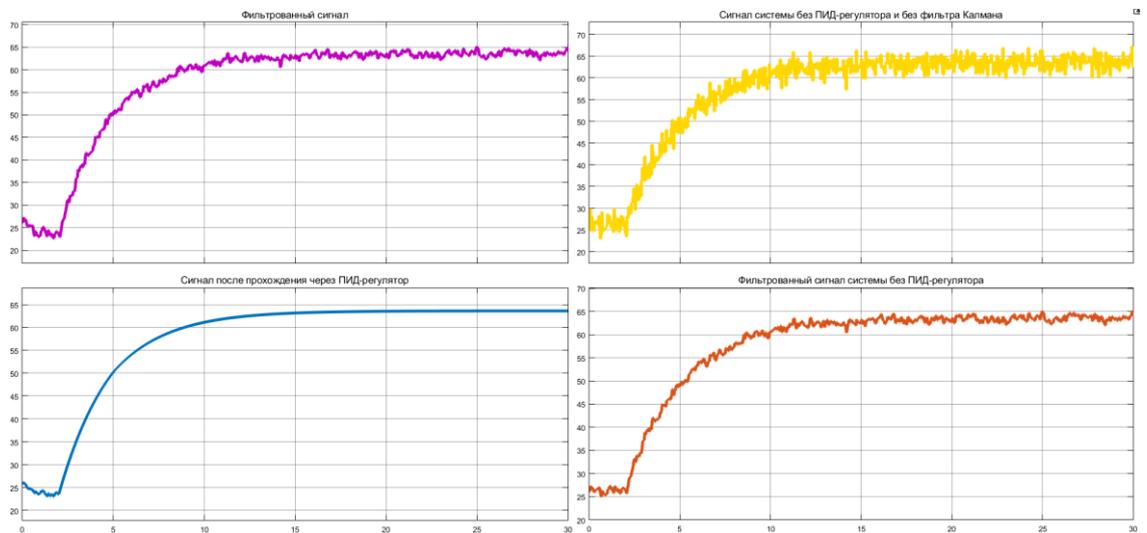


Рисунок 42 – Результаты анализа систем

На рисунке 42 представлены графики переходных процессов системы регулирования стабилизации.

Первый график с надписью «фильтрованный сигнал» описывает результат сигнала, прошедшего через фильтр Калмана и очищенный от шумов и помех.

График с надписью «сигнал после прохождения через ПИД-регулятор» непосредственно показывает целесообразность включения ПИД-регулятора в систему регулирования стабилизации. Видно, что сигнал получается гладким, стабильным без присутствия шумов.

График с надписью «сигнал системы без ПИД-регулятора и без фильтра Калмана» содержит сигнал со всеми шумами, которые накладываются на идеальную математическую модель. График без ПИД-регулятора и без фильтра Калмана не дает оценить действительные значения модели, изменяющейся во времени.

График с надписью «фильтрованный сигнал системы без ПИД-регулятора» очень схож с первым графиком «фильтрованный сигнал». Главное отличие состоит в том, что система без ПИД-регулятора не может стабилизировать технологический параметр в соответствии с заданной точностью и качеством, которые задаются в блоке регулятора.

Таким образом, модельные исследования позволяют заключить о целесообразности применения системы автоматического регулирования стабилизации напряжения с использованием фильтра Калмана.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Цуприянчик Анастасии Анатольевне

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Общая стоимость ресурсов научного исследования
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнерг. 5,8 кВт/ч Норма амортизации – 20%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налог во внебюджетные фонды – 27,1 Район. Коэф – 1,3 Наклад расходы – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа: выявление потенциальных клиентов, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоёмкости работ для НИИ, разработка графика проведения НИИ (диаграмма Ганта), составление бюджета НИИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИИ
4. График проведения и бюджет НИИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н		

Задание принял к исполнению студент:

Група	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Цуприянчик Анастасия Анатольевна		

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

В данном разделе представлено технико-экономическое обоснование разработки проекта. Кроме того, доказана экономическая эффективность данного проекта в сравнении с другими вариантами, а именно, конкурентными разработками.

Коммерческая ценность является важнейшим фактором, который способен определять перспективность и ценность научного исследования на различных этапах жизненного цикла исследования. Необходимо учесть, что коммерческая привлекательность отвечает на такие вопросы, как будет ли продукт востребован на рынке, какая цена этого продукта, в какие сроки сможет выйти проект на рынок и так далее.

Следовательно, целью написания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является создание и проектирование конкурентоспособного проекта, отвечающий всем современным требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения на рынке.

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть научно-образовательные учреждения, в которых отдельные физические лица или группа физических лиц занимаются научно-исследовательской деятельностью.

В таблице 9 приводятся основные сегменты рынка, разделенные по следующим критериям: индекс цитируемости, направление деятельности. Конкуренты обозначены буквами: А – Department of Environmental Engineering, Guangdong University of Technology; Б – Laser and Plasma Institute, Shahid Beheshti University; В – Institute for Electrophysics and Electric Power RAS; Г – Princeton University.

Таблица 9 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Утилизация полимерных отходов	Разработка и внедрение системы с плазменной струей	Получение важных материалов	Последующее использование результатов эксперимента
Индекс цитируемости	Низкий	Б			
	Средний	В		Б, В	
	Высокий	А	Б, Г	Г	В

Таким образом, на основе анализа карты сегментирования, можно сделать вывод, что разработка и внедрение системы с плазменной струей и последующее использование результатов эксперимента являются наиболее предпочтительными объектами для разработок среди статей средних и низких индексов цитируемости, тогда у данного разрабатываемого проекта есть шансы занять данную нишу цитируемости.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На данный момент существуют организации, которые занимаются или используют сварочные системы с электродуговым разрядом.

Оценка конкурентоспособности технических решений представлена в таблице, где Бф – разработанная система электродуговой обработки материала с фильтром обработки данных, а Бк (Princeton University) – система конкурентов с идентичным способом электродуговой обработки материалов.

Баллы расставляют в соответствии от 1 до 5, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная позиция. Веса всех критериев в сумме должны составить единицу. Критерии оценки конкурентных технических решений представлены в приложении Д.

Анализ конкурентных технических решений был определен по формуле:

$$K = \sum B_i * Б_i \quad (3)$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$ – балл i -го показателя.

Из оценочной карты можно сделать вывод, что данный проект является конкурентоспособным. Проект составляет конкуренцию в экономических критериях оценки ресурсоэффективности, а именно в цене и уровне проникновения на рынок, но проигрывает в технических критериях оценки ресурсоэффективности, а именно – удобство в эксплуатации, помехоустойчивость и качество интеллектуального интерфейса.

5.1.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ подразумевает выделение четырех аспектов, а именно Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Таким образом SWOT – это комплексный анализ всего научно-исследовательского проекта.

SWOT-анализ представлен в приложении Е.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Группа участников проекта состоит из руководителя и студента. Выполнение дипломной работы было разделено на этапы, представленные в приложении Ж.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость работ каждого участника исследования является важным моментом, т.к. трудовые затраты создают основную часть стоимости разработки.

Таким образом, среднее значение трудоемкости $t_{ожі}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3 * t_{mini} + 2 * t_{maxi}}{5} \quad (4)$$

где t_{mini} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

t_{maxi} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел/дн.

На основе ожидаемой трудоемкости работ, можно вычислить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

Таким образом продолжительность одной работы высчитывается по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5)$$

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

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

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

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта хорошо отражает работы, хоть и не большие по объему, в которых участвуют студенты при написании дипломных работ. Она представлена в форме ленточного графика, на котором отражены отрезки работ, произведенных во времени. Диаграмма характеризуется датами начала и окончания работ проекта.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по следующей формуле:

5.3 Бюджет научно-технического исследования

5.3.1 Расчет затрат на специальное оборудование НТИ

В данном разделе рассчитывается стоимость затрат на специальное оборудование, в расчет которых входят ПО, на котором производится проектирование и само средство, ПК. Они необходимы для создания проекта, для обеспечения нормального технологического процесса.

Таблица 10 – Затраты на специальное оборудование

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.	Затраты, руб.
ПК	Шт.	1	30 000 руб.	30 000
Matlab	Количество месяцев	4	61 100 руб./год	20 366,67

5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Необходимо рассчитать заработную плату работников, которые непосредственно заняты выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Она рассчитывается по формуле, представленной ниже:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (9)$$

Где $Z_{осн}$ – основная заработная плата (размер оклада, регламентированный ТПУ);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (10)$$

Где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

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

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	52	52
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени	48	48
– отпуск		
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле 11.

$$Z_{м} = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_{д}) * k_{р}, \quad (11)$$

Где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{тс}$);

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска) [19].

Расчет основной заработной платы приводится в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дни	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33 664	–	–	1,3	43 763,2	1 813,3	4	7 253,2
Бакалавр	12 663	–	–	1,3	16 461,9	682,1	86	58 660,6

5.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{доп} = Z_{осн} * k_{доп}, \quad (12)$$

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

Таким образом дополнительная заработная плата для руководителя будет составлять 725,3 рублей, а для бакалавра – 5 866,1 рублей (при $k_{доп} = 0,1$).

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Законодательством Российской Федерации было установлено, обязательные отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются по формуле 13.

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (13)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58

закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены ниже в таблице 13.

Таблица 13– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	Итого, руб.
Руководитель-проекта	7 253,2	725,3	27,1	2 162,2
Студент-дипломник	58 660,6	5 866,1	27,1	17 846,7

5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы заключаются в других затратах организации, в таких как затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием.

Для этого воспользуемся формулой:

$$P_H = M * t * C_T, \quad (13)$$

где P_H – мощность, кВт;

M – мощность оборудования, кВт;

t – количество часов работы оборудования, час;

C_T – ставка электроэнергии, руб.

Итак, источник питания имеет мощность 9,5 кВт, а периферийное оборудование до 0,05 кВт. Мощность ПК составляет 0,03 кВт. При 24-часовой рабочей недели рабочее время за I квартал составляет 271,6 часов, за II квартал – 280,2 часов.

Таким образом затраты на электроэнергию за первые два квартала составляют

$$P_H = 9,58 * 551,8 * 5,8 = 30 660,2 \text{ рублей.}$$

5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Затраты проекта формируются на основе рассчитанной величины затрат научно-исследовательской работы. Определение бюджета затрат на научно-исследовательскую деятельность представлено в следующей таблице:

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Затраты на специальное оборудование для научных/экспериментальных работ	50 366,67
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	Руководитель: 7 253,2 Бакалавр: 58 660,6
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	Руководитель: 725,3 Бакалавр: 5 866,1
Отчисления во внебюджетные фонды	Руководитель: 2 162,2 Бакалавр: 17 846,7
Накладные расходы	45 751,4
Бюджет затрат НТИ	188 632,2

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

Эффективность основана на расчете интегрального показателя эффективности научного исследования. Таким образом, интегральный показатель эффективности исследования определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

Где $I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Интегральный показатель отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах или соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Так как все данные берутся с результатов эксперимента установки, таким образом, представленная ниже таблица содержит в себе данные о цене составляющих установки.

Таблица 15 – Составляющие установки

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.
Condor Colt 200	Шт.	1	5 200
Компонент для синтеза	Гр.	1	Бесплатно (отходы)
Графитовый электрод	Шт.	8	100
Омический делитель напряжения	Шт.	1	250
Arduino nano	Шт.	2	150
Датчик тока	Шт.	1	5 500
Осциллограф	Шт.	1	23 000
ПК	Шт.	1	20 000
Датчик температуры	Шт.	1	13 590
Датчик влажности	Шт.	1	180
Датчик газа	Шт.	1	390
Микропереключатель	Шт.	4	57
Прочие расходные материалы (провода, изоляция и т.д.)	Комплект	5	150
Итого			70 188

Исполнение проекта бакалавра и руководителя стоит чуть больше 70 000 рублей. В то время, как стоимость исполнения конкурентной установки составляет 106 500 рублей (в их разработку входят дополнительно баллоны с инертным газом, вакуумный насос, вакуумная камера). Конкурентной организацией является Princeton University. Таким образом, стоимость установки бакалавра и руководителя оказалась на 30-40 % меньше, чем у конкурентов.

Тогда интегральный финансовый показатель разработки составляет у руководителя и у конкурентов:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{70\,000}{106\,500} = 0,66,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{106\,500}{106\,500} = 1.$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования		
	Весовой коэффициент параметра	Руководитель и студент (исп. 1)	Princeton University (исп. 2)
Способствует росту производительности труда	0,2	5	4
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	4

Помехоустойчивость	0,1	2	3
Энергосбережение	0,15	3	4
Надежность	0,25	4	4
Материалоемкость	0,15	5	4
Итого	1		

Интегральный показатель ресурсоэффективности может определяться следующим образом по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (16)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таким образом, интегральный показатель ресурсоэффективности составляет:

$$I_{p.исп.1} = 0,2 * 5 + 0,15 * 4 + 0,1 * 2 + 0,15 * 3 + 0,25 * 4 + 0,15 * 5 = 4,$$

$$I_{p.исп.2} = 0,2 * 4 + 0,15 * 4 + 0,1 * 3 + 0,15 * 4 + 0,25 * 4 + 0,15 * 4 = 3,9.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p.исп.1}}{I_{финр.1}}, \quad (17)$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p.исп.2}}{I_{финр.2}}, \quad (18)$$

Сравнительная эффективность вариантов исполнения рассчитывается по формуле, представленной ниже:

$$\mathcal{E}_{\text{cp}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}. \quad (19)$$

Таблица 17– Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,66	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4	3,9
Интегральный показатель эффективности	6,06	3,9
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,64

По результатам таблицы 17, можно сделать вывод, что разработанный проект является эффективным на фоне конкурентов. Разработанный проект превосходит конкурентов по интегральному показателю ресурсоэффективности разработки, по интегральному показателю эффективности и по сравнительной эффективности вариантов исполнения, но проигрывает в финансовом показателе разработки.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Цуприянчик Анастасии Анатольевне

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Проектирование автоматизированной системы управления установкой электродуговой обработки материалов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объектом исследования является установка электродуговой обработки материала.</i></p> <p><i>Система обеспечивает переработку полимерных материалов за счет инициирования между электродами (в одном из них находится полимер) электродугового разряда. В рамках ВКР проектируется математическая модель, способная обрабатывать результаты эксперимента для дальнейшей автоматизации процесса.</i></p> <p><i>В работе при проектировании системы используется ПЭВМ, а также периферийные устройства. Так как работа непосредственно учитывает эксплуатацию установки, значит в работе дополнительно используются электроприборы и другие составляющие установки.</i></p> <p><i>Таким образом, проектируемая система позволит выявить отклонение технологических параметров системы и регулировать их в процессе работы.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. 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"> – "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – Свод правил: СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. М.: Минздрав России, 2003. – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. М.: Изд-во стандартов, 1986.

<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><i>Вредными факторами производственной среды являются: повышенная температура рабочей зоны, поверхностей и обрабатываемых материалов, запыленность и загазованность воздуха рабочей среды, повышенная яркость рабочей зоны, повышенный уровень электромагнитного излучения.</i> <i>Опасным фактором является электрический ток.</i></p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Защита атмосферы при помощи датчиков загазованности.</i> – <i>Защита литосферы при помощи утилизации на полигоне твердых бытовых отходов.</i> – <i>Защита гидросферы отсутствует.</i>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p><i>Чрезвычайной ситуацией является возникновение пожара.</i></p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Винокурова Галина Федоровна	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Цуприяничик Анастасия Анатольевна		

Введение

Социальная ответственность является неотъемлемой частью производственного процесса. Она рассматривает соблюдение прав персонала на труд, выполнение требований к безопасности и гигиене труда, к охране окружающей среды, к ресурсосбережению, к промышленной безопасности. Таким образом, благодаря социальной ответственности на предприятии принимают проектные решения, способные исключить несчастные случаи и снизить вредное воздействия на окружающую среду.

В этом разделе ВКР рассмотрены вредные и опасные воздействия на работу персонала, а также на АРМ оператора, которое должно быть оборудовано требуемой техникой благодаря внедрению АСУ.

При работе с оборудованием установки электродуговой обработки материала, персонал подвергается таким воздействиям, как поражение током, недостаточная освещенность, повышенные уровни шума и вибрации и так далее.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Формы их реализации разнообразны:

- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;

- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей.

Целями трудового законодательства являются установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан, создание благоприятных условий труда, защита прав и интересов работников и работодателей [20].

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ каждый работник имеет право на [21]:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.
- повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя.

Порядок обеспечения работников спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты, стирки и дезинфекции устанавливается локальными нормативными актами работодателя.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рабочее место – основной объект в производственных условиях, который представлен в общем случае как пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса.

Так как, студент в рамках ВКР работает большую часть времени за ПЭВМ, следовательно, необходимо рассмотреть компоновку рабочей зоны за рабочим столом.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и углам наклона вперед до 15 град, и назад до 5 град.;
- высоту опорной поверхности спинки 300 ± 20 мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах ± 30 градусов;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260-400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной – 50-70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20° . Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм. Клавиатуру следует располагать на

поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.

Мероприятия, которые необходимо учесть при планировке рабочего места:

- Расположить стол так, чтобы рекомендуемый проход слева, справа и спереди от стола составлял 500 мм. Слева от стола допускается проход 300 мм;
- Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4-0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики;
- Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего

- стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ;
- Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию;
 - Стул не может располагаться непосредственно на границе площади рабочего места. Рекомендуемое расстояние от спинки стула до границы должно быть не менее 300 мм [22].

6.2 Профессиональная социальная безопасность

Для анализа вредных и опасных факторов пользуемся ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [25].

Рабочее место персонала – помещение, где располагается установка электродуговой обработки материалов. Технологический процесс заключается в автоматизированном управлении электрической дугой и контроль основных ее параметров, а именно напряжение и ток. Система, управляющая этой дугой состоит из сварочного трансформатора, шагового двигателя и электродов. Помимо этого, в системе присутствуют датчики контроля, такие как датчик тока, омический делитель напряжения, датчик влажности, датчик температуры и осциллограф, который регистрирует показатели электрической дуги, изменяющейся во времени.

Таким образом, наиболее существенными вредными факторами оказались: повышенная температура рабочей зоны, запыленность и загазованность воздуха рабочей среды, повышенная яркость рабочей зоны, повышенный уровень электромагнитного излучения.

К опасным факторам можно отнести в данной ситуации электрический ток, повышенная температура поверхностей и обрабатываемых материалов.

Источниками опасных и вредных факторов являются непосредственно объект управления и все части конструкции, содержащие проводники.

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования

6.2.1.1. Повышенная температура рабочей зоны, поверхностей и обрабатываемых материалов

Повышенная температура воздуха – одна из причин, почему у персонала наступает быстрая утомляемость, а, следовательно, и сокращение рабочего времени.

Повышенная температура рабочей зоны, поверхностей и обрабатываемых материалов возникает из-за экспериментов, когда запускается установки и начинается электродуговой разряд. Именно благодаря высокой мощности разряда, поверхность тел, непосредственно взаимодействующих с ним нагревается.

В соответствии с СанПиНом 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (1 октября 1996 г. N 21) [26] есть определенные нормативы, которым должно соответствовать помещение с установкой.

Работа с установкой относится к категории Ia, при которой работа производится либо сидя, либо с незначительной физической нагрузкой. Таким образом, допустимые величины показателей микроклимата должны соответствовать таблице 18.

Таблица 18 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по	Температура воздуха, градусы Цельсия	Температура поверхностей,
-------------	--------------------	--------------------------------------	---------------------------

	уровню энергозатрат	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин	градусы Цельсия
Холодный	Ia	20,0 – 21,9	24,1 – 25,0	19,0 – 26,0
Теплый	Ia	21,0 – 22,9	25,1 – 28,0	20,0 – 29,0

6.2.1.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Для минимизации воздействия повышенной температуры рабочей зоны, поверхностей и обрабатываемых материалов, в данном случае, рекомендовано делать большие перерывы в ряде экспериментов, проветривать помещение и устанавливать водяную или воздушную охлаждающую систему на элементы, контактирующие с объектом управления, а также использовать устройство общеобменной и местной вытяжки. На участках, где невозможно по тем или иным причинам применить подобные мероприятия, используют в тех же целях передвижные пропеллерные установки.

6.2.1.2.1 Запыленность и загазованность воздуха рабочей среды

Пыль является одним из самых популярных загрязнителей окружающей среды. Что касается пыли рабочей зоны, то это совокупность твердых частиц, которые находятся во взвешенном состоянии. Но пыль оказывает негативное влияние на организм человека.

Пыль возникает из-за эксперимента, проводимого с графитовыми электродами. Они при нагревании и пропуске через них электрической дуги создают пыль темно-серого или черного цвета, которая в последствии оседает.

Пылевая нагрузка на органы дыхания работника, а также сравнительная таблица содержания АПФД от класса условий труда представлены в ГОСТ Р 54578-2011 «Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия» [27].

Загазованность заключается в увеличении концентрации газов в составе воздуха против обычной нормы.

Концентрация при ежедневной работе в какой-либо продолжительности рассчитывается по предельно допустимой концентрации (ПДК). Существуют разновидности загазованности: разовая и среднесуточная.

Длительное воздействие запыленности и загазованности, превышающих допустимые значения, может привести к профессиональным заболеваниям, а значительное превышение допустимых значений приводит и к острым отравлениям.

6.2.1.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Для минимизации воздействия запыленности и загазованности воздуха рабочей среды необходимо использовать гравиметры, принцип которых заключается во взвешивании массы собранных на фильтре частиц. Либо можно использовать автоматические анализаторы, принцип действия которых основан на методах нефелометрии, бета-затухания, пьезобаланса и электроиндукции.

Для контроля уровня загазованности рабочей зоны ставятся газоанализаторы, которые способны фиксировать состав и концентрацию воздуха газа в воздушной среде.

Кроме того, снижение запыленности воздуха рабочей среды достигается герметизацией оборудования и самого технологического блока, с которого идет пыль во время технологического процесса.

6.2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

6.2.2.1. Повышенный уровень электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение возникает от любого устройства, которое способно создавать или потреблять электроэнергию. Воздействие электромагнитного излучения наносит вред организму человека.

СанПиН 2.2.4.3359-16 [29] устанавливает допустимые нормы электромагнитного излучения.

Проектирование АСУ предполагает, что рабочее помещение, к котором находится персонал, снабжено ПК, с помощью которых требуется контролировать и мониторить процесс. Кроме того, периферийные устройства и сварочный трансформатор тоже в ходе эксперимента создают электромагнитное поле. В результате продолжительной работы персонала в зоне электромагнитного излучения оборудования, у людей появляется усталость, снижение реакции, ухудшение зрения.

Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания персонала без средств защиты в электромагнитном поле представлены ниже в таблице 19.

Таблица 19 – Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, [А/м] при воздействии	
	Общее воздействие	Локальное воздействие
<=1	1600	6400
2	800	3200
4	400	1600
8	80	800

6.2.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Для минимизации уровня электромагнитных излучений необходимо следовать следующим мероприятиям:

- смена должна длиться менее 8 часов в день;
- уменьшить время нахождения человека в электромагнитном поле, а именно делать перерывы каждые 45-60 минут на 10-15 минут;

- увеличить расстояния от персонала до источника электромагнитных излучений, то есть отодвинуть оборудование на максимально возможное комфортное расстояние;
- поместить трансформатор в металлический шкаф, вместе с коммутационной аппаратурой.

6.2.3 Опасный фактор, который может возникнуть при эксплуатации объекта исследования и на рабочем месте при проведении исследований

6.2.3.1 Электробезопасность

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 электробезопасность относится к опасным производственным факторам. Электрический ток способен привести к острому поражению или мгновенному воздействию относительно высокоинтенсивного воздействия, приводящий к летальному исходу.

Главными причинами поражения электрическим током в данной системе могут быть:

- Случайное прикосновение к токоведущим частям установки;
- Повреждение изоляции как причина появления напряжения на оборудовании;
- Ошибочное действие персонала;
- Воздействие электрической дуги, возникающей между токоведущей частью и человеком в сетях напряжением выше 1000В, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей [23].

Сварочный трансформатор с инвертором питается от промышленной сети (220 В, 50 Гц) и преобразовывает выходное напряжение в 63 В. Именно питание от промышленной сети вызывает наибольшую опасность для персонала. ПК также питается от сети с преобразованием напряжения в 19 В, как и некоторые другие датчики на установке. Основное количество датчиков питаются от напряжения 5 В или 12 В.

6.2.3.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Для минимизации опасного воздействия электрического тока необходимо принять следующие меры.

Все электроприборы, питающиеся от промышленной сети необходимо сопроводить предупреждающими знаками, чтобы персонал не делал ошибочных действий и движений.

Все токоведущие части установки и ПК должны быть изолированы. Установка УЗО так же необходима для предотвращения поражения током персонала. Благодаря этому персонал можно буде обезопасить от случайного прикосновения к токоведущим частям установки.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [30] устанавливает параметры помещений с размещенными ПЭВМ. Такие помещения должны быть оборудованы защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации электроустановок и вычислительной техники [24].

6.3. Экологическая безопасность

Экологическая безопасность АСУ установкой электродуговой обработки материалов обеспечивается благодаря переработке полимеров. Благодаря этой переработке можно утилизировать пластик через данную систему и не засорять окружающую среду трудно разлагаемыми отходами.

В результате экспериментов из бытовых полимеров получается углеродный продукт, который можно использовать вторично.

Защита атмосферы. Для предотвращения выделяющихся газов в технологическом процесса используется датчик, регистрирующий газ в промилле.

Защита гидросферы. Воздействие на гидросферу отсутствует.

Защита литосферы. Оборудование, используемое в АСУ, в случае полной неработоспособности и неремонтопригодности должно быть утилизировано на полигоне твердых бытовых отходов.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Аварии технологического оборудования могут привести к чрезвычайным ситуациям. Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация – пожар и/или взрыв при проведении технологического процесса.

Причиной возгорания могут оказаться искры при проведении эксперимента и прочих пуско-наладочных работах.

Углекислотный огнетушитель, сухой песок и внутренние пожарные водопроводы должны находиться в здании. Они предназначены для своевременного тушения небольших локальных возгораний. Огнетушители типа ОУ особенно хороши, поскольку не только эффективны для тушения, но и не наносят вреда электрооборудованию.

Кроме того, помещение должно быть оборудовано датчиками пожарной сигнализации, а также планы эвакуации из помещений и памятки действий персонала при возгорании с указанием мест расположения огнетушителей, кнопок оповещения и внутренних пожарных водопроводов.

Чем больше оснащена установка автоматизированными элементами, тем более вероятен риск возникновения пожара, так как количество и функциональная сложность оборудования выше. Таким образом, система совершенствуется таким образом, чтобы исключить возникновение искры в токопроводящих цепях. Для этого при достижении критических параметров, то есть предельных значениях, включается аварийная сигнализация. Информация выводится на АРМ оператора, где принимаются действия по безопасной остановке технологического процесса.

Для предотвращения пожара, многие датчики были выбраны во взрывозащищенном исполнении.

Действия, которые можно предпринять для предотвращения пожара:

- организация обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- разработка мероприятий по действиям персонала на случай возникновения пожара и организация эвакуации людей;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц.

К эксплуатационным мероприятиям относятся:

- поддержание исправной изоляции проводников;
- поддержание свободного подхода к оборудованию;
- соблюдение противопожарных инструкций при прокладке электропроводок, эксплуатации оборудования, освещения.

При обнаружении пожара персоналом:

- немедленно сообщить в пожарную службу;
- оповестить работников о случившемся;
- оказать помощь в эвакуации людей и тушении пожара.

6.5 Заключение

В данном разделе были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, с которыми можно столкнуться при проведении экспериментов на установке.

Кроме того, приведены основные нормы, меры и способы устранения вредных и опасных производственных факторов, а именно:

- дополнительные средства защиты персонала;
- дополнительные датчики, которые способны регистрировать концентрацию вредных веществ в воздухе;
- рекомендательные действия персонала;

Также, были приведены требования к экологической безопасности, к пожарной безопасности. Необходима утилизация оборудования на полигоне твердых бытовых отходов и использование огнетушителей в случае пожара. Вредный выброс в атмосферу способны зарегистрировать датчики, закрепленные на оборудовании, а пожар – датчики пожарной сигнализации.

Таким образом, применяя вышеперечисленные меры устранения вредных и опасных производственных факторов, автоматизированная система управления будет модернизирована и не будет представлять угрозу персоналу.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана функциональная схема. Разработанные функциональные схемы автоматизации позволили определить состав и количество оборудования, необходимого для исполнения данной установки. Был выбран микроконтроллер, позволяющий осуществлять сбор информации и ее обработку. Спроектированная система внешних проводок определяет систему передачи ее сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить. Выбраны датчики, с которых идет сбор данных. Таким образом, спроектированная АСУ ТП не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была спроектирована автоматизированная система управления установкой электродуговой обработки материалов. Суть проектирования автоматизированной системы управления установкой электродуговой обработки материалов состоит в создании моделей в среде Matlab. Были созданы такие системы как система обработки экспериментальных технологических параметров и система регулирования стабилизации технологического параметра. Объект управления был идентифицирован с помощью специального пакета System Identification Toolbox, который позволил создать модели систем.

Для системы обработки данных был использован фильтр Калмана, позволяющий очищать исходный сигнал, в данном случае – сигнал напряжения, изменяющееся во времени от шумов, образовавшихся в процессе эксперимента и регистрирования данных. Фильтр позволил получить идеальную математическую модель, в соответствии с которой можно регулировать

необходимые технологические параметры. Был проведен анализ на робастность фильтра на серии экспериментов, полученных в результате работы установки.

Была спроектирована и исследована система автоматического регулирования с фильтром Калмана. Для системы регулирования стабилизации технологического параметра был использован ПИД-регулятор и коммутатор, которые позволили регулировать напряжение в ходе эксперимента и стабилизировать величину напряжения. ПИД-регулятор поддерживает технологический параметр с заданной точностью, а коммутатор позволил регулировать систему в зависимости от требуемого времени горения электрического разряда.

Разработанная автоматизированная система управления установкой электродуговой обработки материала удовлетворяет требованиям к системе автоматизации. Данная система имеет возможность модернизации и расширения, в соответствии с приведенными требованиями, техническими и технологическими возможностями.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 34602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 12 с.
2. МЭК 61131-3-2016. Контроллеры программируемые. Языки программирования. Москва: Изд-во стандартов, 2016.
3. ГОСТ Р 8.820-2013. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения. Москва: Изд-во стандартов, 2013.
4. ГОСТ 24.104-85 Автоматизированные системы управления. Общие требования. Москва: Изд-во стандартов, 2013.
5. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками). Москва: Изд-во стандартов, 2013.
6. ГОСТ 21.208-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. Москва: Изд-во стандартов, 2013.
7. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками). Москва: Изд-во стандартов, 2013.
8. ГОСТ 19.002-80. Схемы алгоритмов и программ. Правила выполнения. Москва: Изд-во стандартов, 2080.
9. Руководство по эксплуатации Rigol. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://masteram-online.ru/nfs/product/813435/file/RIGOL_DS1000DE.pdf, свободный.
10. Документация на серию CSLA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.compel.ru/item-df/140e94ef4a6953058419f4e41b6893b3/ps/honey~csla.pdf>, свободный.
11. Техническая спецификация DHT22. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino-diy.com/pictures/DHT22.pdf>, свободный.

12. Техническая спецификация mq-7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>, свободный.
13. Техническая спецификация Arduino Nano. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano>, свободный.
14. Основные технические решения газокompрессорной станции на Казанском нефтегазоконденсатном месторождении (нгкм) разработаны на основании следующих исходных. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.znate.ru/docs/index-261312.html?page=7>, свободный.
15. Федоров Ю.Н. Справочник инженера АСУ ТП: проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. -928 с.
16. Федоров Ю.Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. - 576 с. - ISBN: 978-5-9729-0039-8.
17. Силовая электроника: тематическое приложение к журналу "Компоненты и технологии" / ред. П. Правосудов - Санкт-Петербург : Медиа КиТ, 2014. - № 1(46). - 84 с.: ил. - ISSN 2079-9322.
18. Страковский Д.А., Симаков Е.Е. Анализатор воздуха на платформе ARDUINO. – Научная статья. Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство Молодой ученый" (Казань), 2017. – 49-56 с.
19. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
20. Радченко С.А., Петрова М.С., Сергеев А.Н., Радченко С.С., Лазарев И.В., Долгополов И.В., Медведев П.Н. Охрана труда. Учебное пособие. – Издательство: Тульский государственный университет (Тула), 2015 – 328 с.
21. Орловский Ю. П., Чиканова Л. А., Нуртдинова А. Ф., Белицкая И. Я. Комментарий к Трудовому кодексу Российской Федерации (краткий постатейный) / Отв. ред.: Ю. П. Орловский. М. : Юридическая фирма «КОНТРАКТ», 2017.
22. Гриванов И.Ю., Гриванова О.В., Гриванова С.М. Безопасность жизнедеятельности. Учебно-практическое пособие. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2010. – 92 с.

23. Мартынов И.С. Анализ производственного электротравматизма в сельскохозяйственной отрасли. Научная статья. – Издательство: Волгоградский государственный аграрный университет (Волгоград), 2015. 234-236 с.
24. Постановление Минздрава России от 03.06.2003 №118 о введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (в ред. От 25.04.2007). Статья в журнале. – Издательство: Издательский дом "Панорама" (Москва), 2008. 85-95 с.
25. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
26. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (1 октября 1996 г. N 21).
27. ГОСТ Р 54578-2011 «Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия».
28. МУ 2.2.4.706-981/МУ ОТ РМ 01-98 «Оценка освещенности рабочих мест и зон».
29. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
30. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (с изменениями на 21 июня 2016 года).

Приложение А

Сокращенный листинг программы

```
%% идентификация на эксперименте 05_02_04_5s
% время дискретизации 0,02 секунды, время эксперимента 5
секунд
Ts = 0.02;
%% время процесса (данные с осциллограммы)
t = [0.000
0.020
0.040
0.060
0.080
0.100
...
10.900
10.920
10.940
10.960
10.980];
%% напряжение (данные с осциллограммы)
U = [26
26.000
30.800
26.400
...
59.200
60.000
59.600
60.000
59.600
60.000
59.600
59.200];
%% ток (данные с осциллограммы)
I = [181
181.8182
133.3333
175.7576
175.7576
...
6.060606
0
6.060606
0
0
6.060606
0
```

```

6.060606];

%% уставка для напряжения (первые 2 секунды, величина
уставки - 30, остальное время - 60)
Uz = [30
30
...                специально сокращено для листинга
60.000
60.000
60.000
60];
%% уставка для тока (первые 2 секунды, величина уставки -
150, остальное время - 0)
Iz = [150
150
...                специально сокращено для листинга
0
0
0];
%% initial conditions
x_U = U(1)/ssU.C;
x_I = I(1)/ssI.C;

```

Приложение Б

Идентифицированная модель напряжения

```
ssU =  
Discrete-time identified state-space model:  
  x(t+Ts) = A x(t) + B u(t) + K e(t)  
  y(t) = C x(t) + D u(t) + e(t)  
  
A =  
      x1  
x1  0.9933  
  
B =  
      u1  
x1 -3.634e-05  
  
C =  
      x1  
y1 -191.6  
  
D =  
      u1  
y1  0  
  
K =  
      y1  
x1 -0.0005008  
  
Name: ssU  
Sample time: 0.02 seconds  
  
Parameterization:  
  FREE form (all coefficients in A, B, C free).  
  Feedthrough: none  
  Disturbance component: estimate  
  Number of free coefficients: 4
```

Use "idssdata", "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:

Estimated using N4SID on time domain data "U".

Fit to estimation data: 51.86% (prediction focus)

FPE: 39.65, MSE: 39.07

More information in model's "Report" property

Приложение В

Идентифицированная модель тока

ssI =

Discrete-time identified state-space model:

$$x(t+Ts) = A x(t) + B u(t) + K e(t)$$

$$y(t) = C x(t) + D u(t) + e(t)$$

A =

 x1
x1 0.9909

B =

 u1
x1 6.119e-06

C =

 x1
y1 1198

D =

 u1
y1 0

K =

 y1
x1 4.983e-05

Name: ssI

Sample time: 0.02 seconds

Parameterization:

FREE form (all coefficients in A, B, C free).

Feedthrough: none

Disturbance component: estimate

Number of free coefficients: 4

Use "idssdata", "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:

Estimated using N4SID on time domain data "I".

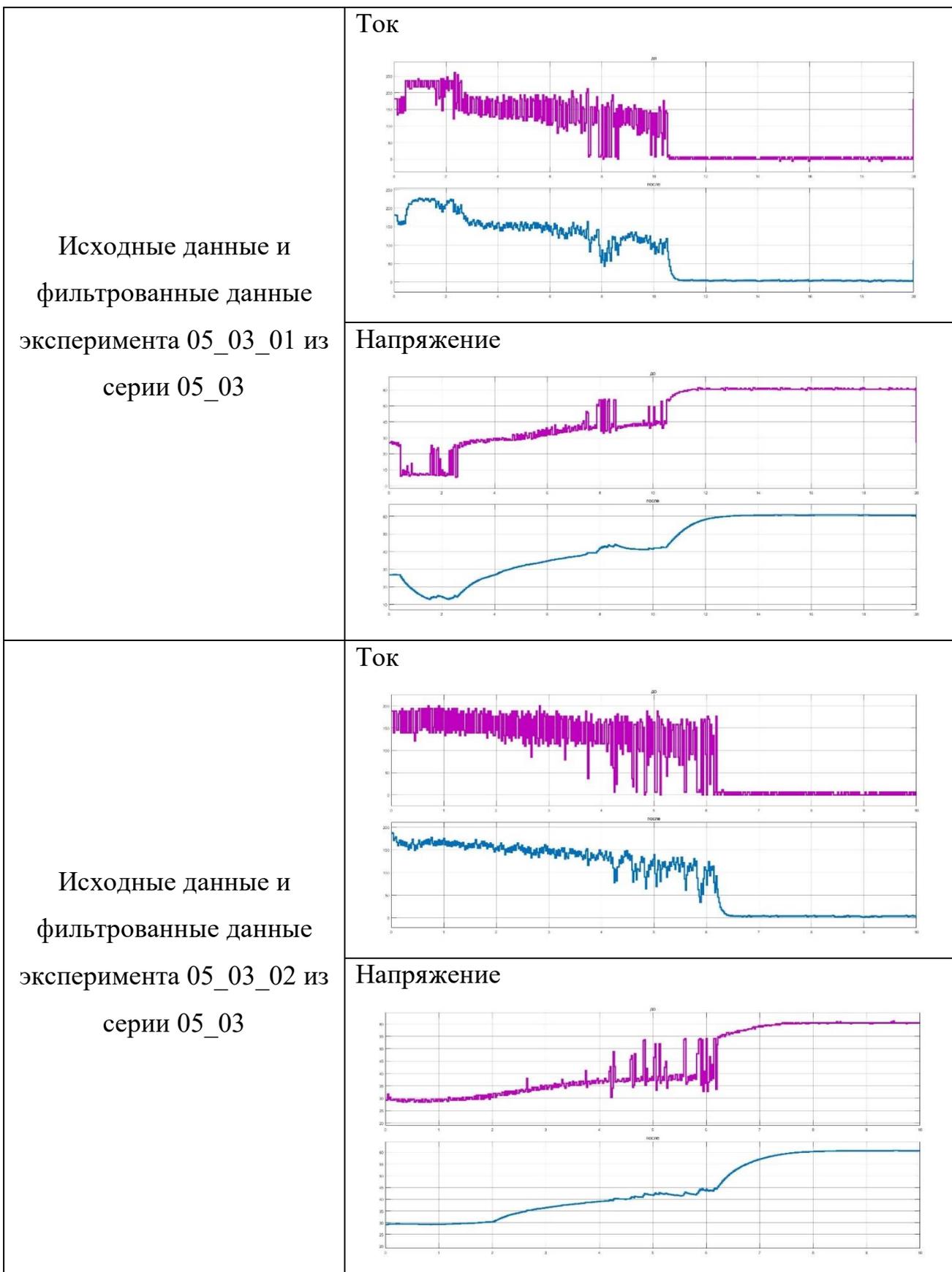
Fit to estimation data: 33.93% (prediction focus)

FPE: 2598, MSE: 2560

More information in model's "Report" property.

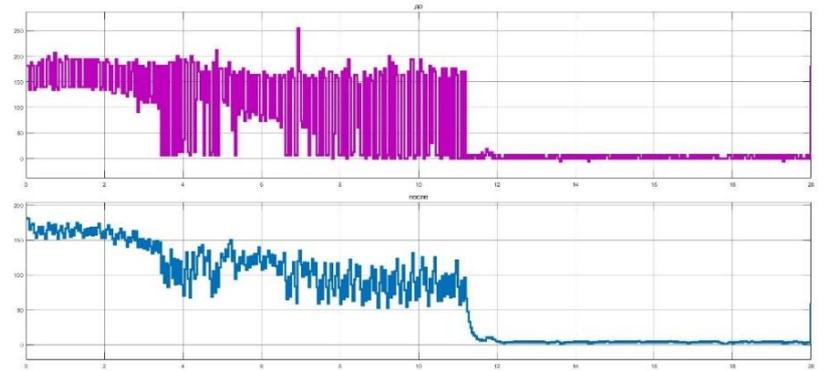
Приложение Г

Результаты серии экспериментов

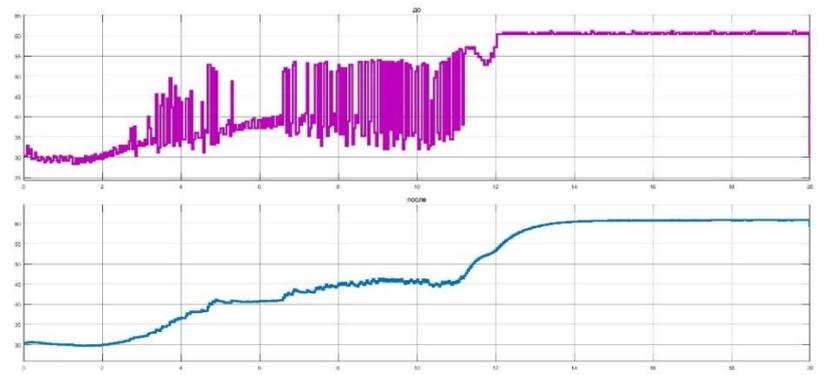


Исходные данные и
фильтрованные данные
эксперимента 05_03_03 из
серии 05_03

Ток

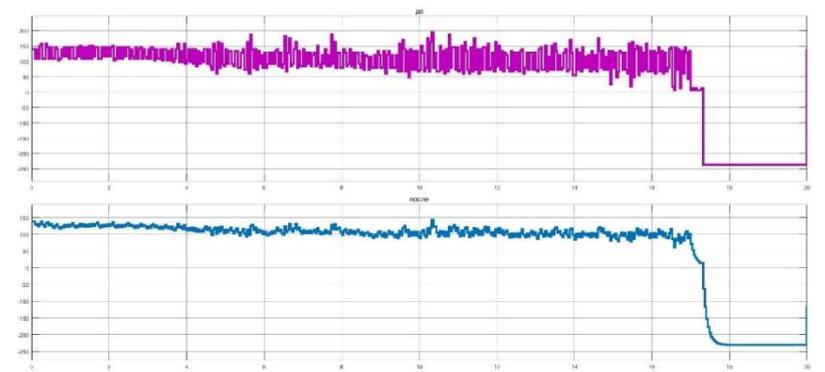


Напряжение

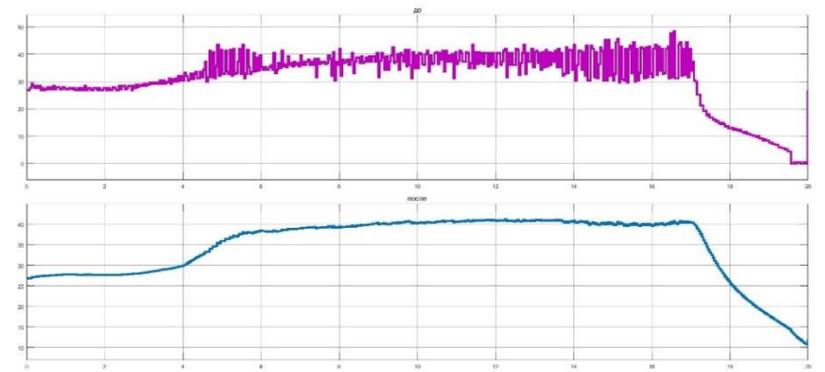


Исходные данные и
фильтрованные данные
эксперимента 05_03_04 из
серии 05_03

Ток

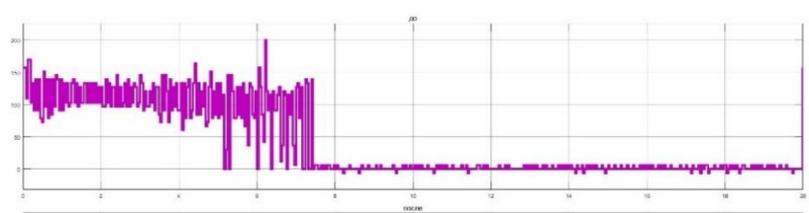


Напряжение

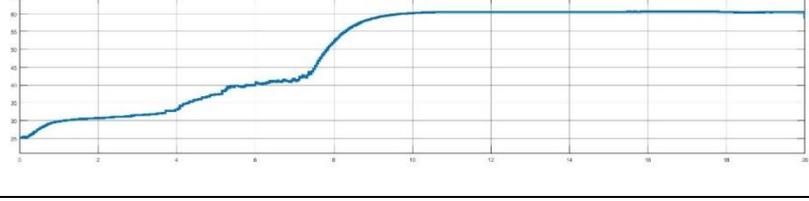
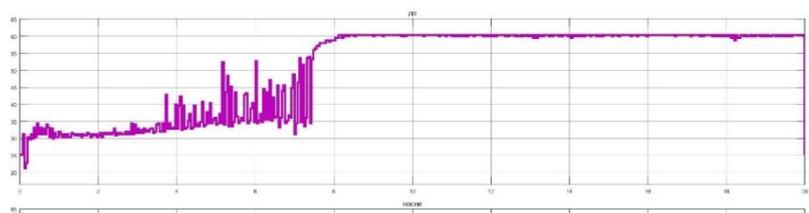


Исходные данные и
фильтрованные данные
эксперимента 05_03_05 из
серии 05_03

Ток

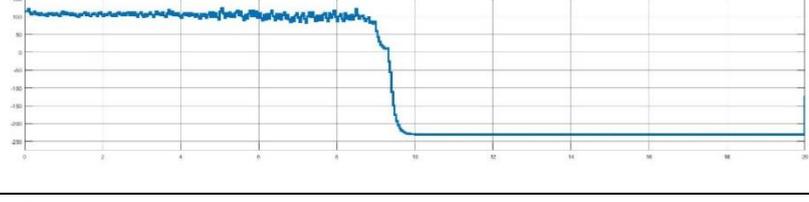
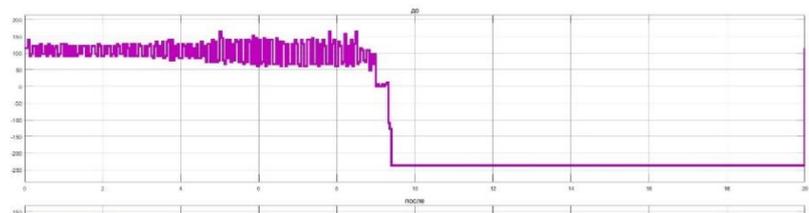


Напряжение

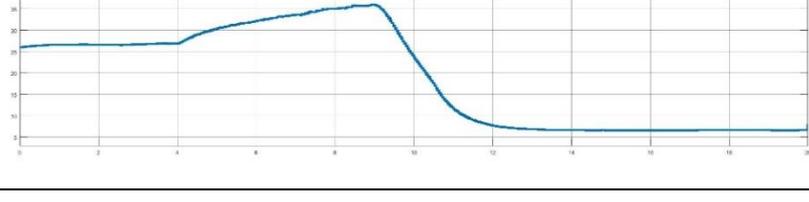
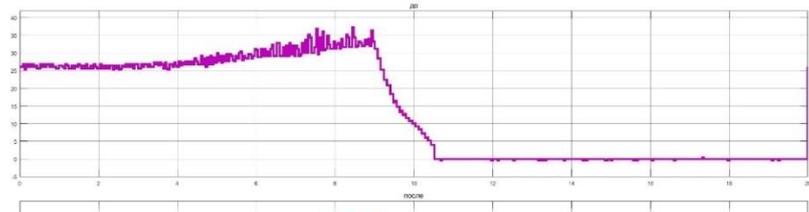


Исходные данные и
фильтрованные данные
эксперимента 05_03_06 из
серии 05_03

Ток

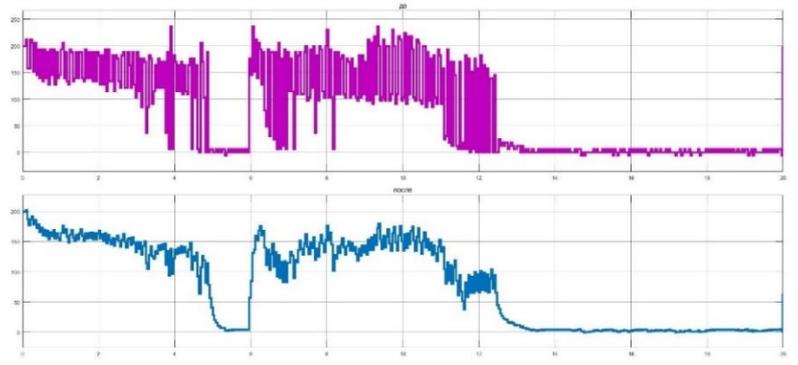


Напряжение

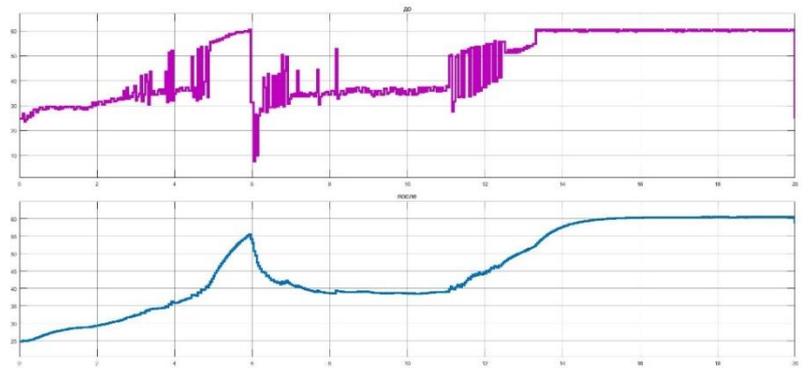


Исходные данные и
фильтрованные данные
эксперимента 05_03_07 из
серии 05_03

Ток



Напряжение



Приложение Д

Критерии оценки конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк	Кф	Кк
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Удобство в эксплуатации	0,06	4	5	0,24	0,3
Безопасность	0,06	4	4	0,24	0,24
Улучшение производительности	0,12	5	5	0,6	0,6
Помехоустойчивость	0,04	3	4	0,12	0,16
Энергоэкономичность	0,01	2	2	0,02	0,02
Уровень автоматизации	0,06	4	4	0,24	0,24
Качество интеллектуального интерфейса	0,04	3	4	0,12	0,16
Возможность подключения системы к ПК	0,12	5	5	0,6	0,6
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности					
Конкурентоспособность	0,12	5	5	0,6	0,6
Цена	0,06	4	2	0,24	0,12
Предполагаемый срок эксплуатации	0,12	5	5	0,6	0,6
Уровень проникновения на рынок	0,04	3	2	0,12	0,08
Срок выхода на рынок	0,04	3	3	0,12	0,12

Наличие сертификации разработки	0,12	5	5	0,6	0,6
Итого	1			4,46	4,44

Приложение Е

SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны</p> <p>научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Квалифицированный руководитель.</p> <p>С2. Не требуется труднодоступное/уникальное оборудование.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Актуальность разработки.</p> <p>С5. Возможность перестройки уровня автоматизации в соответствии с требованиями заказчика.</p> <p>С6. Существующий рабочий прототип установки.</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие полной автоматизации системы.</p> <p>Сл2. Сложности в пусконаладочных работах.</p> <p>Сл3. Медленный вывод на рынок данной системы.</p> <p>Сл4. Сложность получения однородного гомогенного продукта (присутствие примесей).</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>С2С3В1 – за счет отсутствия труднодоступного оборудования для</p>	<p>Сл1В3 – из-за отсутствия полной автоматизации может быть невозможность</p>

<p>В2. Усовершенствование системы в сфере автоматизации.</p> <p>В3. Создание уникальной установки.</p> <p>В4. Публикация статей.</p> <p>В5. Использование этапов автоматизации по отдельности для других проектов.</p> <p>В5. Увеличение клиентской базы.</p> <p>В6. Договоры с крупными предприятиями.</p> <p>В7. Договоры с различными фондами поддержки проектов НИ ОКР</p>	<p>установки, данный проект будет стоить меньше, чем проекты конкурентов, тем самым обеспечивая себе наибольший спрос в продажах.</p> <p>С1В2 – квалифицированный руководитель может обеспечить знаниями и помощью в сфере автоматизации проекта.</p> <p>С4В5В6В7 – актуальность разработки способна заинтересовать будущих потребителей, тем самым увеличится база и интерес среди крупных организаций.</p>	<p>создания уникального проекта, который невозможно будет повторить</p> <p>Сл2В5В6В7 – из-за сложностей в пусконаладочных работах крупные предприятия не захотят заключать договоры со столь сложным проектом, на предприятиях это должно быть произведено быстро и без проблем.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на проект.</p> <p>У2. Развивающаяся конкуренция альтернативных технологий производства.</p> <p>У3. Несвоевременная поставка оборудования.</p>	<p>С2С4У1 – актуальность разработки устранит отсутствие спроса на проект.</p> <p>С2У3 – при отсутствии необходимого оборудования, его всегда можно импортозаместить российским аналогом, тем самым избежать</p>	<p>Сл1У1У2 – из-за отсутствия полной автоматизации предприятиям не нужны неполноценные проекты, наибольшее внимание они будут уделять проектам, которые уже</p>

У4. Наличие в составе системы компонентов импортного производства.	несвоевременной поставки оборудования.	отлажены и готовы к эксплуатации.
--	--	-----------------------------------

Приложение Ж

Этапы, работы и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследования	1	Выбор направления научного исследования	Бакалавр
Разработка технического задания	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Бакалавр
Анализ предметной области	3	Календарное планирование работ	Бакалавр
	4	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель Бакалавр
Разработка АСУ ТП	5	Описание технологического процесса	Бакалавр
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	Бакалавр
	7	Разработка структурной схемы автоматизации	Бакалавр
	8	Разработка схемы информационных потоков	Бакалавр
	9	Подбор датчиков и ПЛК	Бакалавр
	10	Разработка схемы соединения внешних проводок	Бакалавр
	11	Разработка экранных форм	Бакалавр
	12	Разработка алгоритмов управления системы	Бакалавр
	13	Проведение теоретических расчетов	Бакалавр

Теоретические и экспериментальные исследования	14	Построение математической модели обработки данных и проведение экспериментов	Бакалавр
	15	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр
	16	Проведение экспериментов на установке	Руководитель Бакалавр
	17	Сопоставление результатов математической модели с реальной установкой	Бакалавр
Проверка результатов	18	Проверка работы с руководителем	Руководитель Бакалавр
Оформление отчета	19	Составление пояснительной записки	Бакалавр

Приложение 3

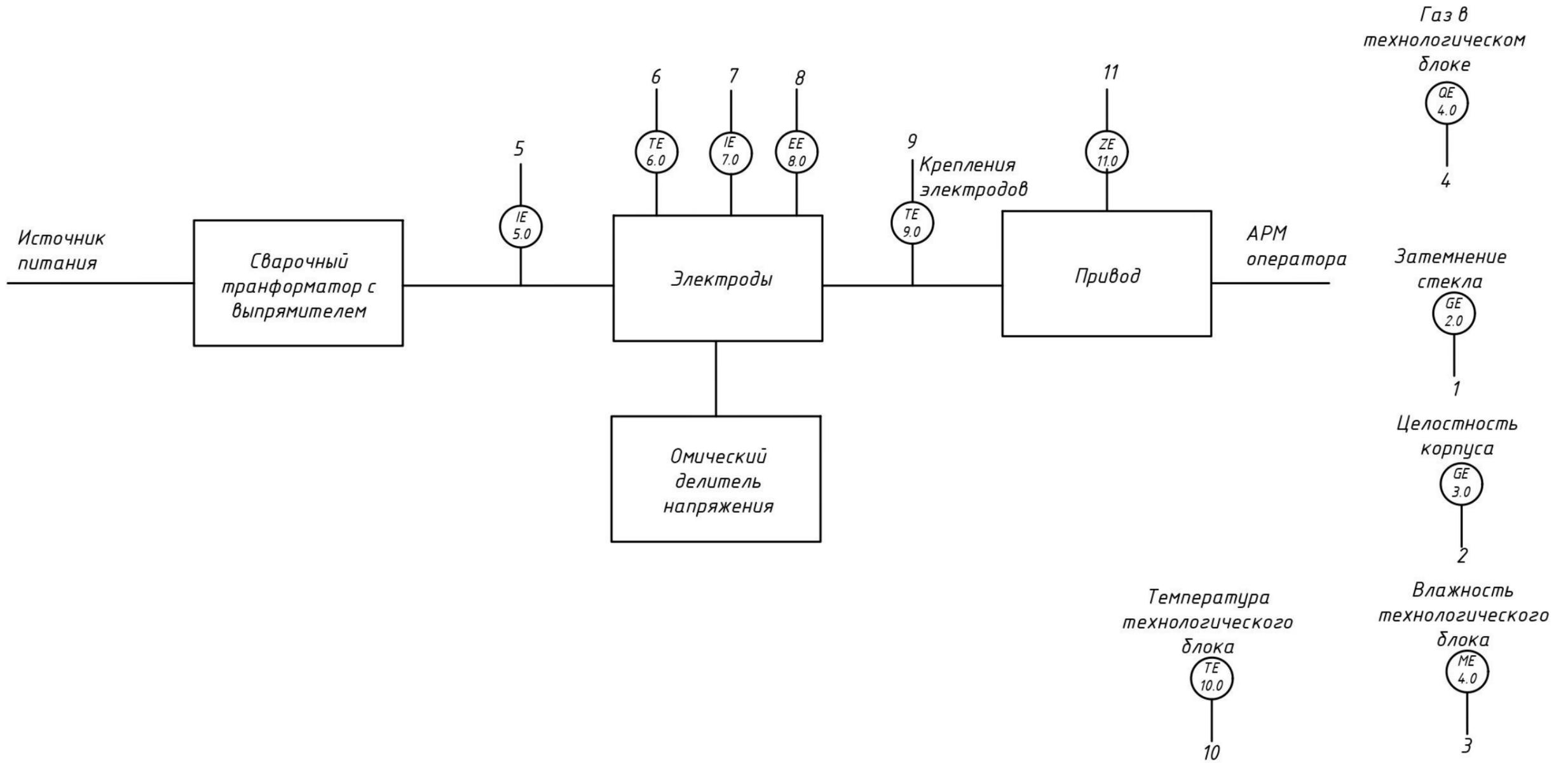
Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожи}$, чел-дни					
	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель
Выбор направления научного исследования	1	0	5	0	2,6	0	3	0	7	0
Составление и утверждение технического задания	5	2	10	3	7	2,4	4	1	5	1
Календарное планирование работ	1	0	3	0	1,8	0	2	0	2	0
Подбор и изучение материалов по теме	15	3	35	7	23	4,6	12	2	15	2
Описание технологического процесса	1	0	7	0	3,4	0	3	0	4	0

Разработка функциональной схемы автоматизации	1	0	5	0	2,6	0	3	0	4	0
Разработка структурной схемы автоматизации	1	0	5	0	2,6	0	3	0	4	0
Разработка схемы информационных потоков	1	0	5	0	2,6	0	3	0	4	0
Подбор датчиков и ПЛК	3	0	7	0	4,6	0	5	0	6	0
Разработка схемы соединения внешних проводов	1	0	5	0	2,6	0	3	0	4	0
Разработка экранных форм	1	0	5	0	2,6	0	3	0	4	0
Разработка алгоритмов управления системы	1	0	5	0	2,6	0	3	0	4	0
Проведение теоретических расчетов	5	0	7	0	5,8	0	6	0	7	0
Построение математической модели обработки данных и	7	0	10	0	8,2	0	8	0	10	0

проведение экспериментов										
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	1	0	5	0	2,6	0	3	0	4	0
Проведение экспериментов на установке	8	0	13	0	10	0	10	0	10	0
Сопоставление результатов математической модели с реальной установкой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Проверка работы с руководителем	2	1	6	1	3,6	1	4	1	4	1
Составление пояснительной записки	2	0	6	0	3,6	0	4	0	4	0
Итого							86	4	103	4

ФЮРА.425280.001.ЭС.01



Перв. примен.
Справ. №
А
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

					ФЮРА.425280.001.ЭС.01			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Модернизация автоматизированной системы электродуговой обработки материалов	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Цуприяничк А.А.				У		
Пров.		Громаков Е.И.						
Т. контр.						Лист		Листов 1
Нач. отд.						ИШИТР, ОАР гр. 8Т5А		
Н. контр.								
Утв.								

ФЮРА.45280.001.ЭС.02

QT
100

QT
100

Перв. примен.

Справ. №

A

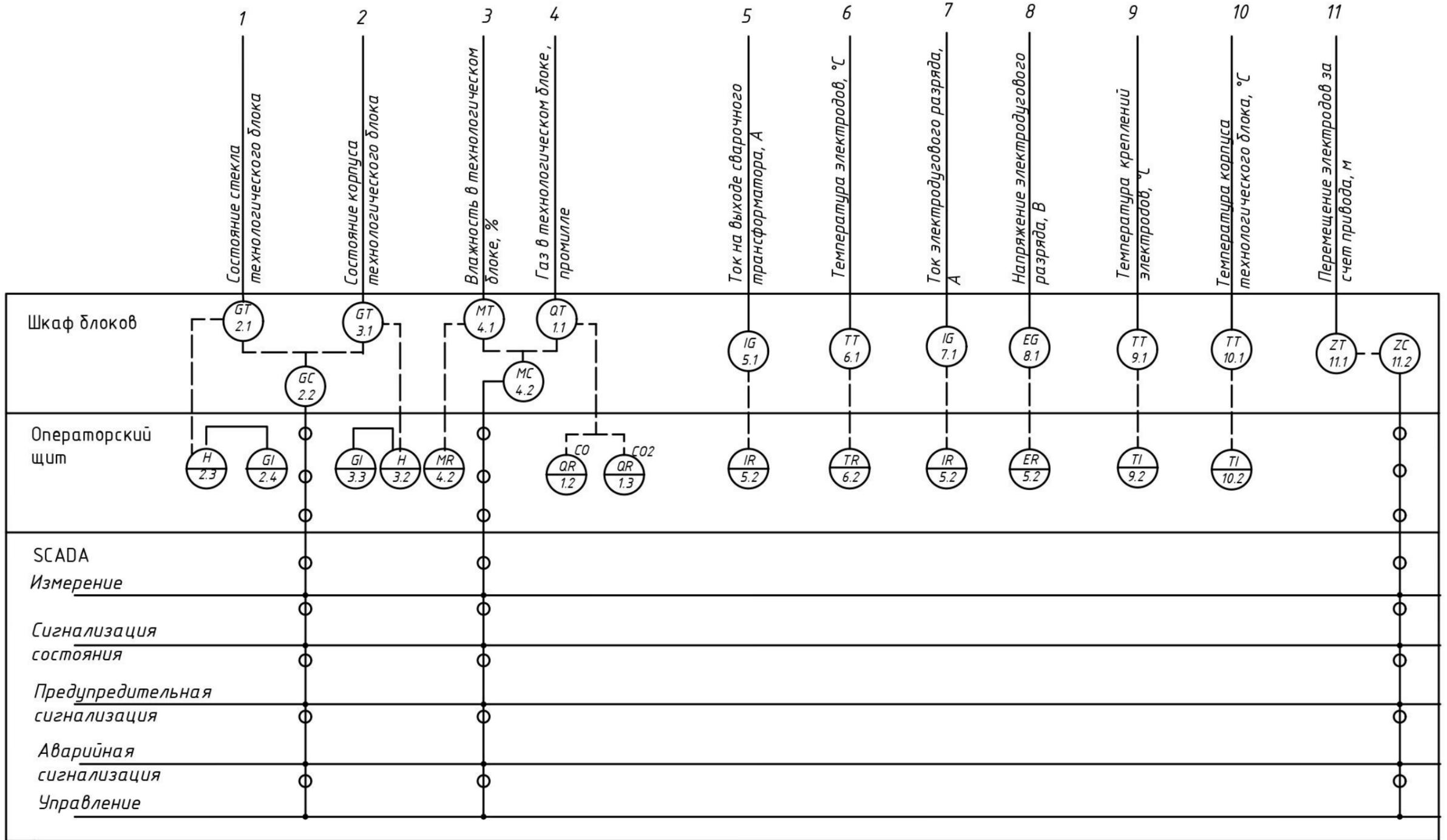
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



ФЮРА.45280.001.ЭС.02

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Цурьянич А.А.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

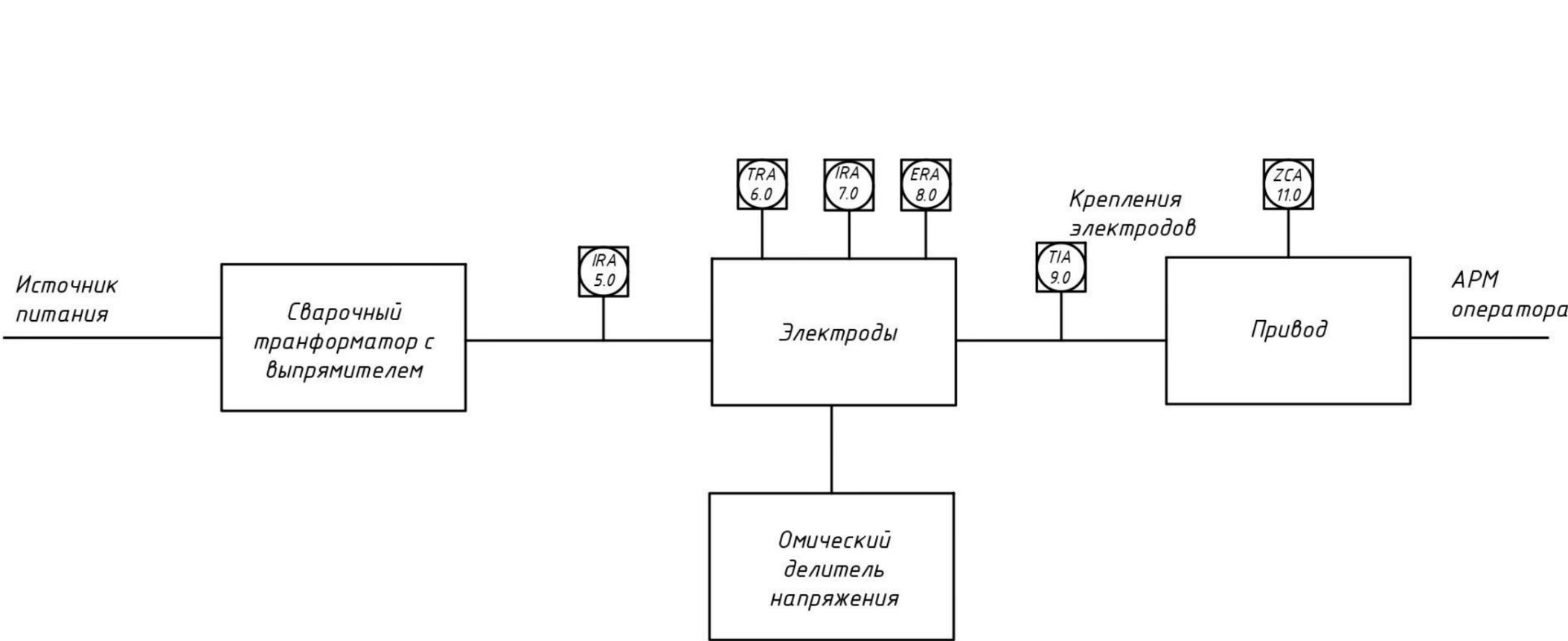
Модернизация
автоматизированной
системы электродуговой
обработки материалов
Функциональная схема
автоматизации (подвал)

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов	1
ИШИТР, ОАР гр. 8Т5А		

1 Копировал

Формат А3

ФЮРА.425280.001.ЭС.03



Газ в технологическом блоке



Затемнение стекла



Целостность корпуса



Температура технологического блока

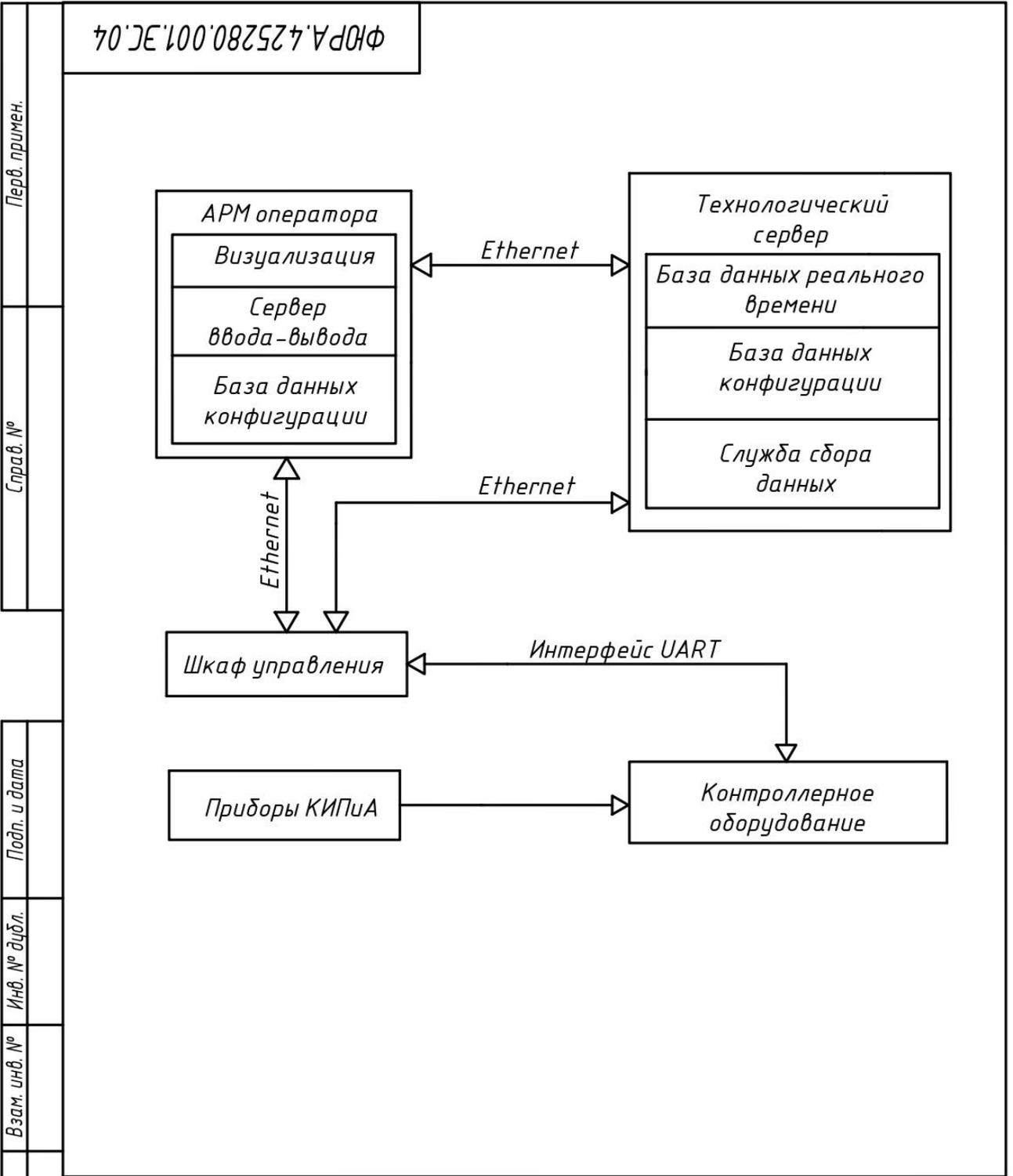


Влажность технологического блока



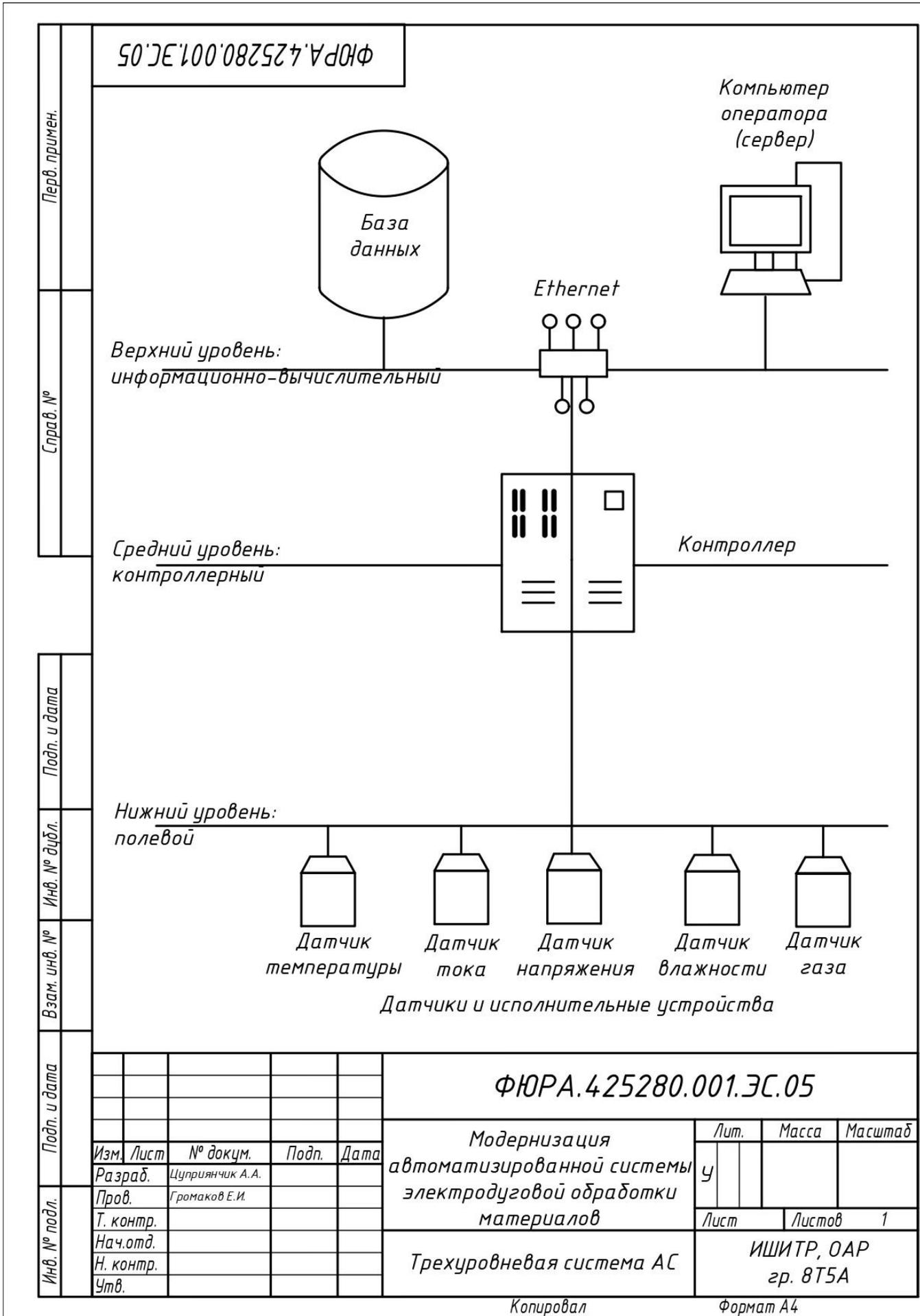
Перв. примен.	
Справ. №	
А	
Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № посл.	

					ФЮРА.425280.001.ЭС.03			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Модернизация автоматизированной системы электродуговой обработки материалов	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Цуррияничик А.А.				У		
Пров.		Громаков Е.И.						
Т. контр.						Лист		Листов 1
Нач.отд.								
Н. контр.					Функциональная схема автоматизации по ANSI			
Утв.					ИШИТР, ОАР гр. 8Т5А			

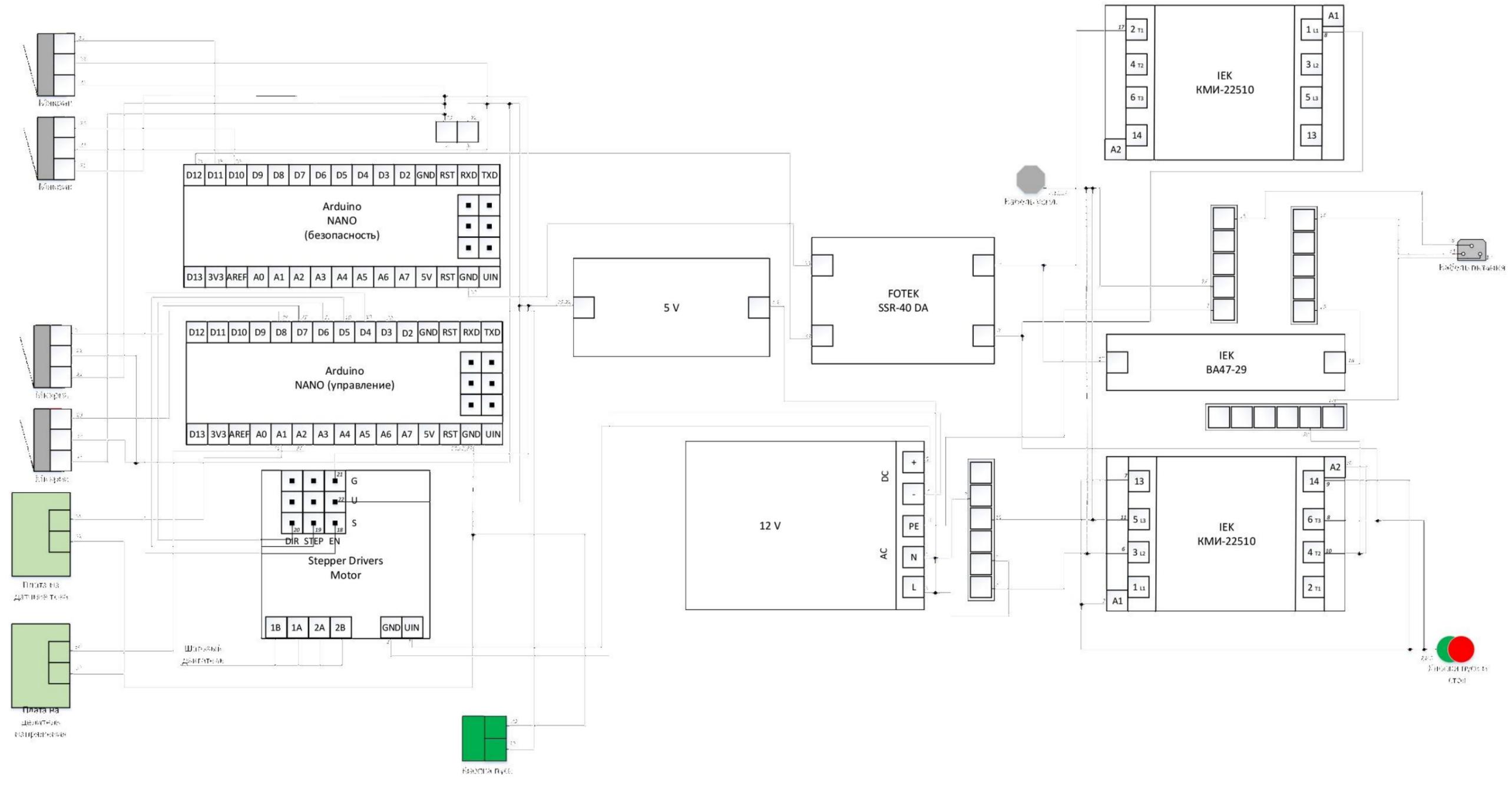


Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

ФЮРА.425280.001.ЭС.04				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Цурпянич А.А.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				
Модернизация автоматизированной системы электродуговой обработки материалов			Лит.	Масса
Схема информационных потоков			У	
			Лист	Листов 1
			ИШИТР, ОАР гр. 8Т5А	



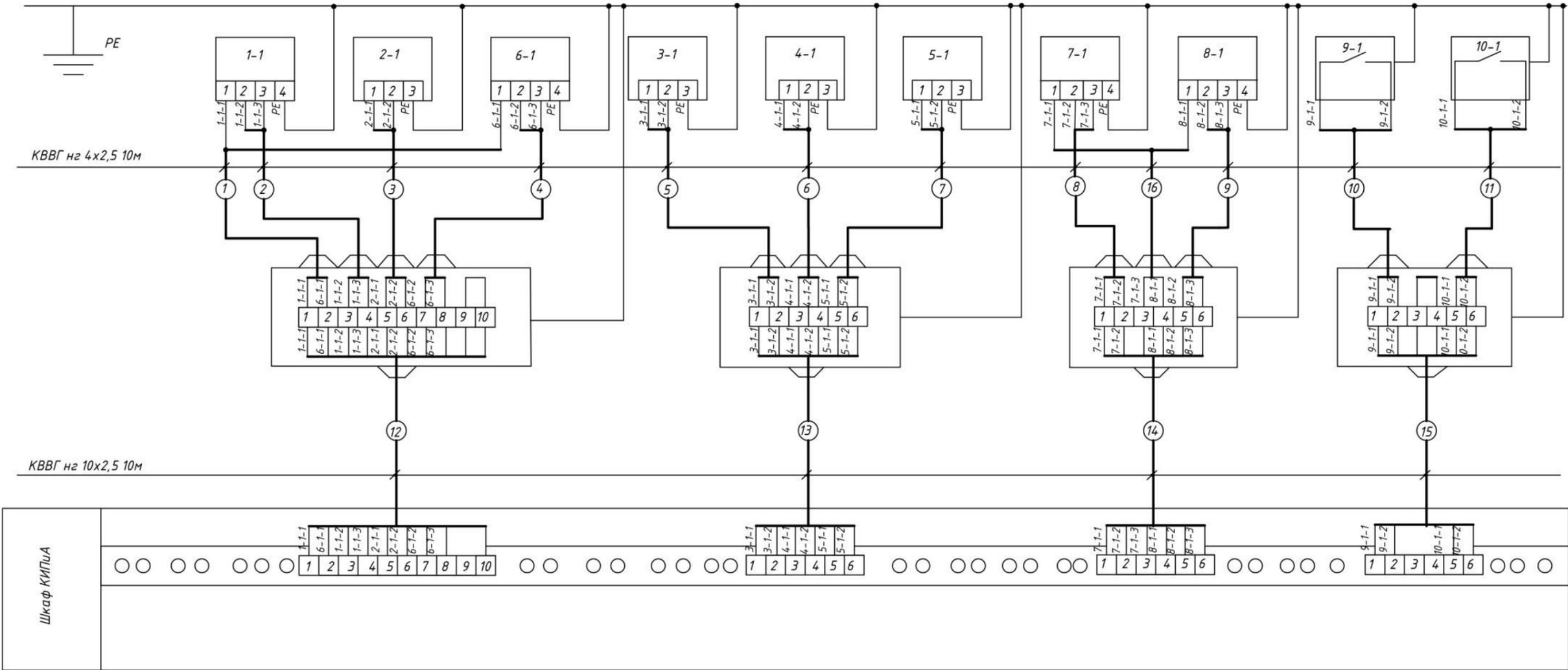
Перв. примен.
 Серий. №
 Подп. и дата
 Инв. № дубл.
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № лодж.



ФЮРА.425280.001.ЭС.06				
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
Разраб.	Цирковитов А.А.	Грамоткин В.И.		
Пров.				
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				
Модернизация автоматизированной системы электродуговой обработки материалов				Лит. у
Схема электрических соединений				Лист 1
ИШИТР, ОАР гр. 8Т5А				Листов 1

ФЮРА.425280.001.ЭС.07

Наименование параметра	Ток		Напряжение	Температура			Влажность	Загазованность	Целостность корпуса	Затемнение стекла
	Место отбора импульса	Сварочный трансформатор	Дуговой разряд	Электроды	Крепление электродов	Электроды	Шкаф (внутри)	Шкаф (внутри)	Корпус шкафа	Корпус шкафа
Тип датчика	Rigol DS1052E	CSLA2DJ Honeywell	Rigol DS1052E	Benetech GM1850	TBP-0687	TBP-0687	DHT22	MQ-7	Микро переключатель	Микро переключатель
Позиция	1-1	2-1	6-1	3-1	4-1	5-1	7-1	8-1	9-1	10-1



Перв. примен.

Справ. №

A

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

				ФЮРА.425280.001.ЭС.07				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Модернизация автоматизированной системы электродуговой обработки материалов	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Цуприянчик А.А.				У		
Пров.		Громаков Е.И.						
Т. контр.						Лист	Листов	1
Нач.отд.						ИШИТР, ОАР гр. 8Т5А		
Н. контр.								
Утв.								

1 Копировал

Формат А3

2

