



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
ООП/ОПОП Интеллектуальные системы автоматизации и управления
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Программно-методическое обеспечение лабораторной работы "Система автоматического регулирования температуры на базе контроллера КРОСС"

УДК 681.5:62-533.65

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Арьян Эдвард Варданович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Владимир Николаевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОАР ИШИТР	Кучман Алёна Владимировна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Цавнин Алексей Владимирович	к.т.н.		13.06.2023

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

по направлению 15.03.04. «Автоматизация технологических процессов и производств»

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

Код компетенции	Наименование компетенции
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и

Код компетенции	Наименование компетенции
	систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливая оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с

Код компетенции	Наименование компетенции
	использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Цавнин А.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т92	Арьян Эдвард Варданович

Тема работы:

Программно-методическое обеспечение лабораторной работы "Система автоматического регулирования температуры на базе контроллера КРОСС"

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-90/с от 03.02.2023
---	------------------------

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

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>Промышленный контроллер КРОСС. Программный пакет MasterScada. Лабораторный тепловой объект управления.</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</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</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание состава модульного контроллера КРОСС 500. 2. Разработка структурной и функциональной схемы лабораторного стенда. 3. Разработка схемы внешних соединений. 4. Создание программы импульсного ПИД-регулятора в среде ISaGRAF. 5. Создание программы визуализации в MasterSCADA. 6. Разработка методических указаний по

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	выполнению лабораторной работы. 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 8. Социальная ответственность.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Функциональная схема системы контроля и регулирования. 2. Структурная схема лабораторного стенда. 3. Схема внешних соединений. 4. Программа реализации импульсного ПИД-регулятора в ISaGRAF. 5. Дерево системы и .дерево объекта управления. 6. Мнемосхема системы в MasterSCADA. 7. Методические указания по выполнению лабораторной работы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Профессор ОСГН ШБИП, Гасанов Магеррам Али оглы
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД, Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Скороспешкин Владимир Николаевич	К.Т.Н.		03.02.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Ароян Эдвард Варданович		03.02.2023



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень образования Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т92	Арьян Эдвард Варданович

Тема работы:

Программно-методическое обеспечение лабораторной работы "Система автоматического регулирования температуры на базе контроллера КРОСС"

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

06.06.2023

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2023 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Скороспешкин Владимир Николаевич	к.т.н.		03.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Цавнин Алексей Владимирович	к.т.н.		03.02.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Ароян Эдвард Варданович		03.02.2023

Реферат

Пояснительная записка содержит 137 страниц (с учётом приложений), 31 рисунок 23 таблиц и 21 источник.

Данная квалификационная работа посвящена разработке программно-методического обеспечения лабораторной работы «Система автоматического регулирования температуры на базе контроллера КРОСС».

Ключевые слова: контроллер КРОСС, система автоматического регулирования, температура, импульсный ПИД-регулятор.

Объектом исследования является лабораторный стенд «Система автоматического регулирования температуры».

Цель работы – разработка методических указаний для лабораторных работ для обучения студентов основам автоматизации.

В процессе работы был подготовлен лабораторный стенд к эксплуатации, разработаны программа регулирования температуры в ISaGRAF и программа визуализации процесса регулирования температуры в MasterSCADA.

Область применения: лабораторный стенд предназначен для изучения и практического освоения принципов и процессов автоматического регулирования температуры.

Результаты работы планируется внедрить в образовательную программу специальности 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Содержание

Введение.....	14
Определения, обозначения, сокращения	15
1 Основной раздел.....	16
1.1 Описание состава модульного контроллера КРОСС 500	16
1.1.1 Назначение и область применения контроллера КРОСС.....	16
1.1.2 Состав контроллера КРОСС	17
1.1.3 Параметры питания	18
1.2. Разработка структурной и функциональной схемы лабораторного стенда.....	19
1.2.1 Описание технологического процесса.....	19
1.2.2 Структурная схема лабораторного стенда	20
1.2.3 Функциональная схема автоматизации	22
1.3 Разработка схемы внешних соединений.....	23
1.4 Создание программы импульсного ПИД-регулятора в среде ISaGRAF ...	25
1.4.1 Описание программного пакета Isagraf.....	25
1.4.2 Программа регулирования температуры.....	27
1.4.3 Определение параметров настройки регулятора.....	32
1.5 Создание программы визуализации в MasterSCADA	35
1.5.1 SCADA-системы и их функции.....	35
1.5.2 Описание программного пакета MasteSCADA.....	36
1.5.3 OPC-сервер, его предназначение и настройка.....	37
1.5.4 Программа визуализации процесса регулирования температуры.....	38
1.6 Разработка методических указаний по выполнению лабораторной работы	44
1.6.1 Методические указания «САР температуры на базе контроллера КРОСС».....	44
1.6.2 Методические указания «Визуализация работы САР температуры в пакете MasterSCADA»	48

2	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
2.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	52
2.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	52
2.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	53
2.1.3	Анализ по технологии QuaD.....	55
2.1.4	SWOT-анализ	57
2.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	59
2.3	Планирование научно-исследовательских работ.....	60
2.3.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	60
2.3.2	Определение трудоёмкости выполнения работ.....	61
2.3.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	63
2.3.3.1	Расчёт материальных затрат НТИ.....	63
2.3.3.2	Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ..	65
2.3.3.3	Основная заработная плата исполнителя темы	65
2.3.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителя темы	67
2.3.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды.....	68
2.3.3.6	Накладные расходы	69
2.3.3.7	Формирование бюджета научно-исследовательского проекта.....	69
2.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	70
2.5	Выводы по разделу.....	73
3	Социальная ответственность	77
3.1	Введение.....	77
3.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте	78
3.2.1	Производственная безопасность	79

3.2.2 Производственный фактор, связанный с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды	81
3.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений	82
3.2.4 Повышенный уровень общей вибрации	83
3.2.5 Повышенный уровень шума	84
3.3 Экологическая безопасность	84
3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	85
3. 5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»	88
Заключение	90
Список литературы	91
Приложение А (обязательное) Схема внешних соединений	93
Приложение Б (обязательное) Методические указания «САР температуры на базе контроллера КРОСС»	94
Приложение В (обязательное) Методические указания «Визуализация работы САР температуры в пакете MasterSCADA»	110
Приложение Г (обязательное) Определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям	132
Приложение Д (обязательное) Линейный график осуществления проекта	135

Введение

В современном мире автоматизация охватывает все сферы человеческой жизни. Сегодня на большинстве предприятий происходит передача контроля технологических процессов от человека к системам автоматического управления, что помогает повысить эффективность производства.

Использование автоматизации на предприятиях позволяет повысить производительность, обеспечить контроль над технологическим процессом, а также улучшить качество продукции и обеспечить безопасность производства.

Автоматизация упрощает все основные производственные функции предприятия, совершенствует существующие технологии производства, переработки, хранения и реализации продукции. Внедрение АСУ ТП положительно влияет на экономическую составляющую производства, поскольку за счет этого значительно сокращаются затраты.

Для внедрения автоматизации на современные предприятия необходимо обеспечивать подготовку квалифицированных сотрудников, имеющих опыт работы с объектами автоматизации и получивших навыки, полезные в данной сфере. Такой персонал обязан уметь применять и обслуживать средства автоматизации на всех уровнях технологического процесса.

Настоящая работа посвящена разработке программно-методического обеспечения лабораторного стенда системы автоматического регулирования температуры на базе промышленного контроллера КРОСС-500 и учебного лабораторного стенда с тепловым объектом. В качестве операторской станции используется персональный компьютер. Визуализация процесса регулирования температуры выполнена с использованием человеко-машинного интерфейса в программном пакете MasterSCADA.

Цель работы: разработка системы автоматического регулирования температуры и ее программно-методического обеспечения для дальнейшего использования в целях обучения студентов, обучающихся по специальности 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Определения, обозначения, сокращения

контроллер: Устройство, используемое для управления и контроля различными аспектами технологического процесса.

термопара: Устройство, состоящее из двух различных металлических проводников, соединенных в одном конце для образования точки измерения температуры.

импульсный ПИД-регулятор: Устройство или алгоритм управления, используемый для автоматической регулировки и поддержания заданного значения процесса путем управления величиной и длительностью импульсных сигналов.

система автоматического регулирования: Комплекс технических устройств, программных алгоритмов и методов, предназначенных для автоматического контроля и поддержания заданного значения параметра в процессе.

1 Основной раздел

1.1 Описание состава модульного контроллера КРОСС 500

1.1.1 Назначение и область применения контроллера КРОСС

Контроллер КРОСС-500 представляет собой устройство, созданное для разработки и реализации высокоэффективных систем автоматизации в различных областях промышленности. Его основное назначение заключается в построении и управлении интеллектуальными системами, которые способны автоматизировать разнообразные технологические процессы.

Контроллер КРОСС-500 применяется в широком спектре отраслей. Он используется для автоматизации различных технологических объектов, таких как производственные линии, электростанции, заводы, химические установки, системы связи и другие комплексы.

Независимо от конкретной отрасли, контроллер КРОСС-500 предлагает широкий спектр функций, которые обеспечивают контроль, управление и оптимизацию технологических процессов. Он может осуществлять регулирование параметров, сбор и анализ данных, координацию работы оборудования, а также интеграцию с другими системами для обеспечения эффективной и автоматизированной работы.

Контроллер КРОСС-500 отличается высокой производительностью и надежностью. Он оснащен мощным процессором, который позволяет обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени. Кроме того, он обладает гибкими возможностями настройки, что позволяет адаптировать его к специфическим требованиям каждого технологического объекта.

Область применения контроллера КРОСС-500 охватывает различные типы производственных и технических систем. Благодаря его универсальности и функциональности, контроллер КРОСС-500 является востребованным инструментом для создания эффективных систем автоматизации, способных

улучшить производительность, точность и безопасность работы технологических объектов.

1.1.2 Состав контроллера КРОСС

Контроллер КРОСС-500 представляет собой гибкое и настраиваемое устройство, которое позволяет пользователям выбирать и комбинировать компоненты в соответствии с их конкретными потребностями. Он состоит из различных блоков, модулей и других устройств, которые могут быть собраны вместе для создания индивидуальной конфигурации контроллера [1].

Контроллер КРОСС-500 состоит из различных компонентов, которые вместе обеспечивают его функциональность и возможности. Основные элементы, которые могут входить в состав контроллера, включают следующее.

1. Центральный процессор (БЦП), который выполняет алгоритмы управления и координации работы контроллера.

2. Модули ввода-вывода (I/O), который обеспечивают взаимодействие контроллера с внешними устройствами и датчиками. Модули ввода получают данные от различных источников, таких как датчики, а модули вывода передают сигналы управления исполнительным механизмам и другим устройствам.

3. Память. Контроллер имеет различные виды памяти, включая оперативную память для временного хранения данных и программ, а также постоянную память (например, флэш-память) для хранения программного обеспечения и конфигурационных данных.

4. Коммуникационные интерфейсы, которые позволяют контроллеру взаимодействовать с другими устройствами и системами. Возможны различные интерфейсы, такие как Ethernet, USB, RS-232, RS-485, и другие.

5. Программное обеспечение. Контроллер использует специальное программное обеспечение, такое как операционная система встроенного типа, средства разработки и библиотеки функций. Оно позволяет программировать и настраивать контроллер для конкретных задач автоматизации.

6. Дополнительные модули: В зависимости от потребностей и требований проекта, контроллер может быть дополнен различными модулями, такими как модули связи, модули памяти, модули защиты и т. д., чтобы расширить его функциональность и возможности.

Все эти компоненты собираются вместе и конфигурируются в рамках контроллера КРОСС-500, чтобы создать систему автоматизации, способную управлять и контролировать различные технологические объекты. На рисунке 1 представлен пример конструкции контроллера КРОСС.



Рисунок 1 – Пример конструкции контроллера КРОСС

1.1.3 Параметры питания

Контроллер КРОСС-500 имеет два варианта подключения питания, которые описаны ниже.

1. Питание от сети переменного однофазного тока: контроллер может быть подключен к сети переменного тока с напряжением в диапазоне от 85 до 264 В и частотой 50 Гц. Это означает, что он может работать с электрической сетью, в которой широко используется однофазное переменное напряжение. При этом важно, чтобы коэффициент высших гармоник в сети не превышал 5%.

Это требование может быть важным, чтобы гарантировать стабильное и надежное питание контроллера.

2. Питание от источника постоянного тока: контроллер также может питаться от источника постоянного тока с напряжением в диапазоне от 18 до 36 В. Наиболее распространенным напряжением для таких источников является 24 В. Это означает, что контроллер может работать с источниками постоянного тока, которые обычно применяются в различных промышленных и автоматизированных системах.

1.2. Разработка структурной и функциональной схемы лабораторного стенда.

1.2.1 Описание технологического процесса

Лабораторный стенд «Система автоматического регулирования температуры» обеспечивает контроль и регулирование температуры внутри тепловой камеры, используя способ изменения яркости лампы накаливания.

На стенде реализована импульсная система регулирования температуры. Яркость лампы накаливания меняется регулятором тока, который управляется электрическим однооборотным механизмом.

Эти функции осуществляются различными средствами автоматизации (контроллер КРОСС-500, механизм электрический однооборотный, реле), которые позволяют системе управлять яркостью лампы в зависимости от требуемой температуры.

Схема технологического процесса представлена на рисунке 2.

Технологический процесс включает использование лампы накаливания и термопары для регулирования и измерения температуры внутри тепловой камеры. Лампа накаливания служит источником тепла, нагревая воздух внутри камеры. В результате повышается температура воздуха. Термопара, размещенная внутри камеры, измеряет текущую температуру. Путем измерения разности термоэлектрических напряжений между металлами термопары, контроллер получает данные о температуре. Контроллер использует

измеренное значение температуры для принятия решения о необходимости регулирования. Он может изменять яркость лампы накаливания, чтобы достичь и поддерживать заданную температуру внутри камеры. Процесс регулирования продолжается до достижения желаемого теплового режима. Контроллер непрерывно отслеживает температуру и корректирует выходную мощность лампы накаливания для обеспечения стабильности.

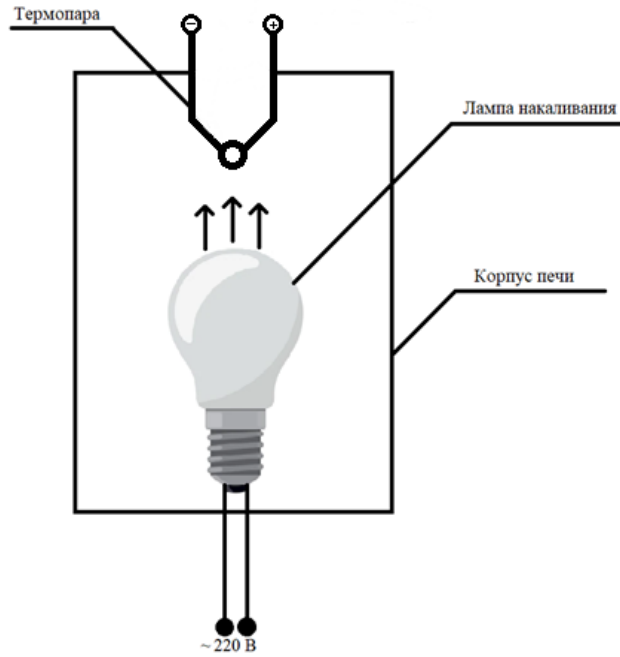


Рисунок 2 – Схема технологического процесса

1.2.2 Структурная схема лабораторного стенда

Структурная схема лабораторного стенда представлена на рисунке 3

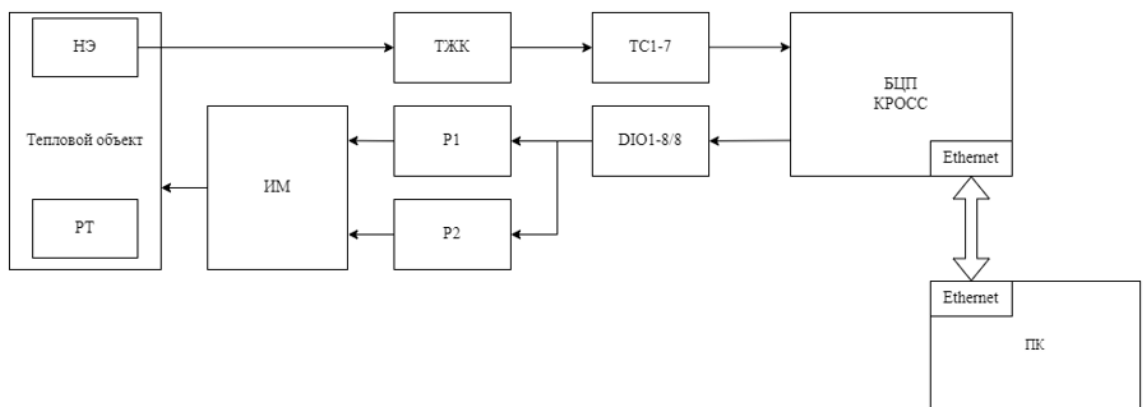


Рисунок 3 – Структурная схема лабораторного стенда

Структурная схема лабораторного стенда представляет собой графическое изображение всех элементов, устройств и систем, которые входят в его состав и связываются друг с другом. Она отображает логическую структуру стенда и показывает, как все его компоненты взаимодействуют между собой.

Рисунок 3 включает в себя следующие условные обозначения.

- НЭ – нагревательный элемент;
- РТ – регулятор тока;
- ИМ – исполнительный механизм;
- ТЖК – термопара железо-константан;
- Р1, Р2 – электромагнитные реле;
- Т1-ТС – терминальный блок модуля ТС1-7;
- ТС1-7 – аналоговый модуль ввода сигналов от термопар;
- Т1-ДИО – терминальный блок модуля ДИО1-8/8;
- ДИО1-8/8 – дискретный модуль ввода/вывода;
- БЦП – блок центрального процессора;
- ПК – персональный компьютер.

Для связи контроллера КРОСС-500 с персональным компьютером используется протокол Ethernet. Этот протокол обеспечивает быструю передачу данных между устройствами, используя стандартный сетевой интерфейс и способствует надежной связи между устройствами. При подключении контроллера КРОСС-500 к ПК посредством протокола Ethernet, пользователь может легко управлять контроллером и получать информацию о состоянии системы в режиме реального времени. Благодаря использованию этого протокола, возможно осуществление удаленного управления контроллером и передача данных между несколькими устройствами на разных концах сети. Это делает контроллер КРОСС-500 удобным инструментом для автоматизации

различных технологических процессов и управления системами, где необходима быстрая передача данных и надежная связь между устройствами.

Лабораторный стенд обеспечивает контроль и регулирование температуры в тепловом объекте. В качестве теплового объекта используется тепловая камера, внутри которой размещен нагревательный элемент и термопара. В качестве нагревательного элемента используется лампа накаливания. Изменение температуры осуществляется регулятором тока, который управляется однооборотным исполнительным механизмом.

Температура внутри камеры измеряется с помощью термопары ТЖК, сигнал которой поступает в терминальный блок Т1-ТС, затем на блок ввода/вывода сигналов с термопар и поступает в БЦП контроллера. В контроллере на основании функционального блока импульсного ПИД-регулятора и импульсного вывода формируется управляющее воздействие, которое представляет собой два дискретных сигнала («больше» и «меньше»). Данные сигналы обеспечивают управление исполнительным механизмом, который в зависимости от знака ошибки обеспечивает увеличение или уменьшение тока, протекающего через нагревательный элемент.

1.2.3 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации – это графическое представление системы автоматизации, которое демонстрирует функциональные связи между различными компонентами и устройствами в системе. Она позволяет визуально представить логику работы и взаимодействие между различными элементами системы автоматизации. ФСА позволяет детально описать процессы, выполняемые системой автоматизации, а также взаимодействие между отдельными элементами системы. ФСА является важным инструментом для планирования и проектирования автоматизированных систем, позволяющим определить необходимое оборудование, программное обеспечение и кабельную инфраструктуру, а также учесть особенности процесса производства и требования к качеству выпускаемой продукции. Кроме того, ФСА позволяет

определить функциональные требования к системе автоматизации и создать ее более эффективной, надежной и безопасной.

Функциональная схема автоматизации для разработанного лабораторного стенда представлена на рисунке 4.

Первичный преобразователь температуры ТЕ 1.1, в качестве которого выступает термопара типа J (железо-константан), установлен непосредственно на тепловом объекте. Сигнал с термопары поступает на модуль аналогового ввода. На основании данного сигнала формируется импульсное управляющее воздействие, которое поступает на пусковую аппаратуру, имеющую обозначение NS и позицию 1.2.

Пусковая аппаратура обеспечивает управление исполнительным механизмом, в результате работы которого меняется ток, протекающий по нагревательному элементу, а, следовательно, и температура в тепловой камере.

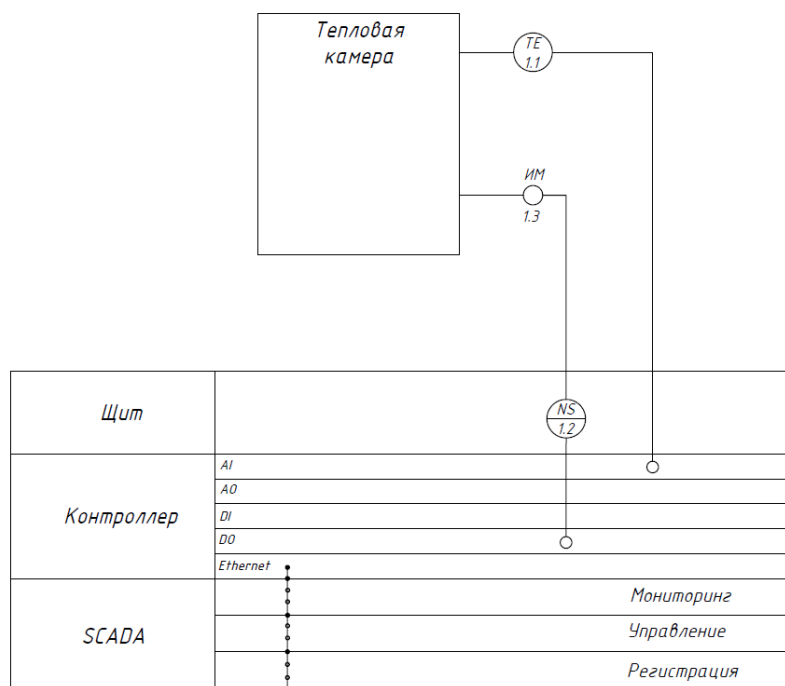


Рисунок 4 – Функциональная схема автоматизации

1.3 Разработка схемы внешних соединений

Схема внешних соединений лабораторного стенда представляет собой диаграмму, которая отображает все входные и выходные сигналы, соединения

и разъемы, используемые в системе. Она играет важную роль в планировании и проектировании лабораторных экспериментов, поскольку позволяет определить необходимые компоненты и оборудование, а также оптимизировать конфигурацию системы для максимальной эффективности и точности экспериментов. Кроме того, схема внешних соединений является основным инструментом для отладки и тестирования лабораторных установок, позволяя идентифицировать и устранять проблемы в соединениях и обнаруживать неисправности в компонентах системы.

Помимо вышеупомянутых условных обозначений на схеме внешних соединений используются также следующие сокращения.

- БП – блок питания;
- SPI – последовательный периферийный интерфейс;
- С1-А – соединение гибкое для модуля DIO1-8/8;
- МЭО – механизм электрический однооборотный;
- ЕУ – электрический преобразователь;
- ДП – датчик положения.

Схема внешних соединений для данных устройств представляет собой следующую конфигурацию. Блок питания (БП) соединяется с устройствами для обеспечения необходимого питания. Последовательный периферийный интерфейс (SPI) используется для связи между различными устройствами и микроконтроллером или контроллером. Соединение С1-А представляет гибкую связь для модуля DIO1-8/8, который может иметь 8 входов и 8 выходов для подключения внешних устройств. Механизм электрический однооборотный (МЭО) подключается к контроллеру или микроконтроллеру через соответствующие сигнальные линии для обеспечения управления и контроля единичного поворота. Электрический преобразователь (ЕУ) соединяется с контроллером или микроконтроллером для обмена сигналами и преобразования электрических параметров в соответствии с требованиями системы. Датчик

положения (ДП) подключается к контроллеру или для обнаружения и передачи информации о текущем положении исполнительного механизма.

Схема внешних соединений представлена в приложении А.

1.4 Создание программы импульсного ПИД-регулятора в среде ISaGRAF

1.4.1 Описание программного пакета Isagraf

Программный пакет Isagraf – инструментальная система, соответствующая стандарту МЭК. Данный пакет используется для программирования промышленных контроллеров. Его применение широко распространено как в России, так и в других странах.

Программирование в Isagraf осуществляется на следующих языках.

- SFC – графический язык последовательных функциональных схем;
- IL – язык инструкций;
- FBD - графический язык функциональных блочных диаграмм;
- LD – графический язык диаграмм релейной логики;
- ST – язык структурированного текста.

Пакет ISaGRAF включает в себя инструменты для создания, отладки и развертывания программного обеспечения, которое может быть загружено и выполнено на промышленных контроллерах различных производителей, включая КРОСС.

Среда ISaGRAF предоставляет мощный и гибкий язык программирования, который основан на концепции "сетей функций". Сеть функций состоит из функциональных блоков, которые выполняют определенные операции, и соединений между ними, которые определяют поток данных между блоками.

ISaGRAF также включает в себя набор готовых функциональных блоков для обработки сигналов, ввода-вывода, математических операций, обеспечения для промышленных контроллеров, который позволяет создавать

надежные и эффективные системы автоматизации и управления производственными процессами. ISaGRAF также обладает хорошей масштабируемостью, что означает, что она может быть использована для разработки программного обеспечения для контроллеров различных мощностей и производительности.

Основные функции и инструменты ISaGRAF для программирования с помощью FBD приведены далее.

1. Библиотека функциональных блоков. ISaGRAF поставляется со встроенной библиотекой функциональных блоков, которые предоставляют готовые функциональные блоки для реализации различных операций, таких как математические вычисления, логические операции, обработка сигналов и другие.

2. Создание пользовательских функциональных блоков. ISaGRAF позволяет создавать пользовательские функциональные блоки, которые могут быть использованы в различных проектах. Это позволяет повторно использовать уже написанный код и ускоряет процесс разработки новых проектов.

3. Графический интерфейс. Графический интерфейс ISaGRAF позволяет удобно создавать, отлаживать и тестировать функциональные блоки. Интерфейс включает в себя различные инструменты, такие как визуальный редактор функциональных блоков, таблицы привязок ввода-вывода, редактор функций и другие.

4. Поддержка различных платформ. ISaGRAF поддерживает различные платформы и операционные системы, включая Windows и Linux. Это делает ее удобным инструментом.

В данной работе программирование контроллера осуществлялось на языке FBD.

1.4.2 Программа регулирования температуры

Реализация программы для поддержания температуры выполнена на контроллере КРОСС-500 с помощью программного пакета Isagraf. Программа регулирования температуры представлена на рисунке 5:

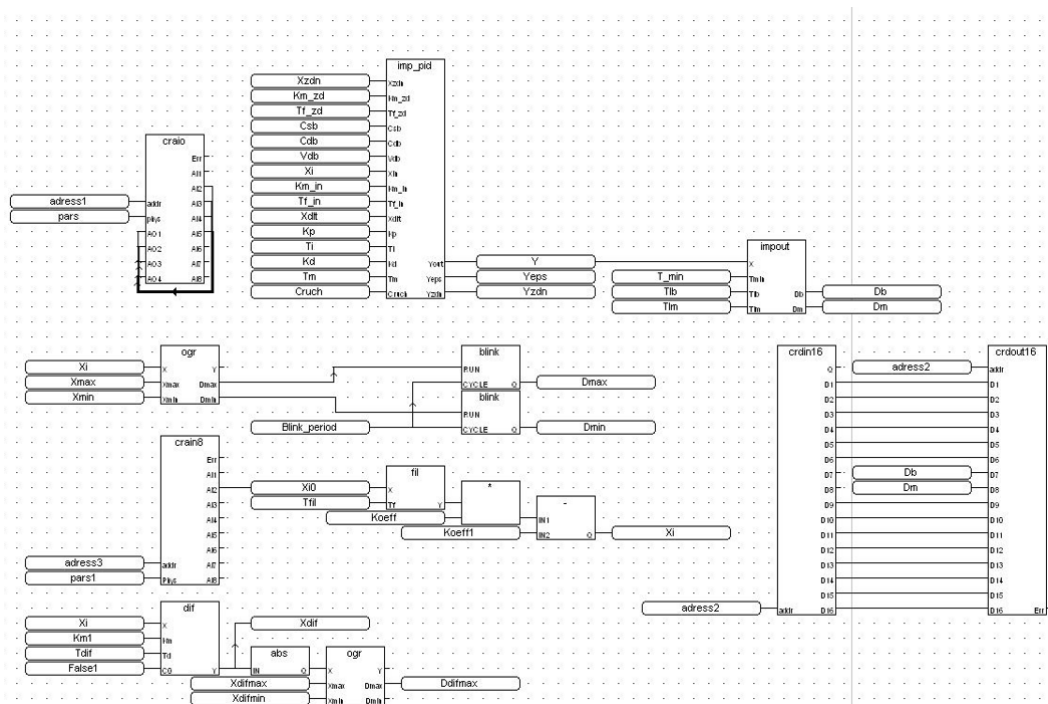


Рисунок 5 – Программа регулирования температуры в среде Isagraf

Сигнал с термопары поступает на терминальный блок T1-ТС, после чего подается на модуль ввода сигналов от термопар. Далее, попадая в контроллер, данный сигнал масштабируется, и текущее значение температуры подается на вход импульсного ПИД-регулятора. ПИД-регулятор вычисляет сигнал рассогласования и создает управляющее воздействие, которое подается на функциональный блок импульсного управления *input*. С данного блока выходят дискретные сигналы на увеличение или уменьшение яркости лампочки, которые подаются на модуль дискретного вывода.

Для реализации данной программы необходимы следующие функциональные блоки:

Crain8 – блок аналогового ввода сигналов

Данный блок является функциональным блоком аналогового ввода сигнала в пакете программ IsaGRAF. Он представляет собой устройство, которое позволяет считывать аналоговый сигнал с определенного устройства (например, датчика температуры) и преобразовывать его в цифровой формат, который может быть обработан контроллером или другими блоками программы. "Crain8" может обрабатывать до 8 аналоговых сигналов одновременно, что позволяет считывать данные с нескольких устройств одновременно и использовать их для управления процессами автоматизации.

Crdin16 – блок дискретного ввода сигналов

Данный блок является функциональным блоком дискретного ввода сигналов в пакете программ IsaGRAF. Он используется для считывания цифровых сигналов, которые могут принимать только два значения: "True" и "False". Эти сигналы могут поступать от различных датчиков и переключателей.

Crkout16 – блок дискретного вывода сигналов

Данный блок является функциональным блоком дискретного вывода сигналов в пакете программ IsaGRAF. Он используется для управления внешними устройствами, которые могут принимать цифровые сигналы, например, светодиодные индикаторы, реле, электромагнитные клапаны и другие устройства.

Блок "CRDOUT16" может управлять до 16 выходами одновременно, что позволяет контролировать работу нескольких устройств.

Imp_pid – импульсный ПИД-регулятор

Импульсный ПИД-регулятор применяется в системах автоматического регулирования, в которых используется исполнительный механизм постоянной скорости. В среде ISagraf совместно с данным блоком используется функциональный блок импульсного вывода, который преобразует аналоговый сигнал импульсного ПИД-регулятора в дискретные сигналы в зависимости от величины и знака сигнала.

Impout – импульсный вывод

Данный функциональный блок используется при построении систем автоматического регулирования с импульсным ПИД-регулятором.

Функциональный блок импульсного вывода преобразует выходной сигнал, сформированный алгоритмами контроллера (включая алгоритм импульсного регулирования), в последовательность импульсов с переменной шириной импульсов. Затем он генерирует дискретные сигналы на двух выходах: выходе "больше" (Db) и выходе "меньше" (Dm).

Словарь в ISaGRAF – это инструмент, который позволяет редактировать внутренние переменные, переменные ввода/вывода, функциональные блоки. В словаре переменных прописываются их имена, типы данных, размеры и другие свойства.

Примеры переменных, которые могут быть определены в словаре ISaGRAF, приведены ниже.

1. Булева переменная (BOOL): переменная, которая может принимать значения "Истина" или "Ложь".

2. Целочисленная переменная (INT): переменная, которая может хранить целочисленные значения.

3. Вещественная переменная (REAL): переменная, которая может хранить десятичные значения с плавающей точкой.

4. Строковая переменная (STRING): переменная, которая может хранить текстовые значения.

5. Массивы: словарь переменных может также содержать определения массивов, которые представляют собой наборы элементов одного типа.

Кроме того, в словаре переменных можно определить и другие свойства, такие как пределы значений, единицы измерения, комментарии и т.д. Все определения переменных в словаре используются в программе для обмена данными и выполнения нужных операций.

На рисунке 6 представлены переменные типа BOOL, используемые в программе.

Имя	Атриб.	Адр.	Комментарий
False1	[внутренняя]	0000	
Ddifmax	[внутренняя]	0000	
Ddifmin	[внутренняя]	0000	
pars1	[константа]	0000	
True2	[внутренняя]	0000	
True1	[внутренняя]	0000	
Czb	[константа]	0000	
Czm	[константа]	0000	
Cruch	[внутренняя]	0000	
Dmax	[внутренняя]	0000	
Dmin	[внутренняя]	0000	
Csb	[константа]	0000	
Cdb	[константа]	0000	
Dogrmax	[внутренняя]	0000	
Dogrmin	[внутренняя]	0000	
pars	[константа]	0000	
Db	[внутренняя]	0000	
Dm	[внутренняя]	0000	

Рисунок 6 – Список переменных типа BOOL

На рисунке 7 представлены переменные целые и действительные переменные, используемые в программе.

Имя	Атриб.	Адр.	Комментарий
pid_MAX	[внутренняя,вещественная]	0000	
pid_MIN	[внутренняя,вещественная]	0000	
Tdif	[внутренняя,вещественная]	0000	
Xdif	[внутренняя,вещественная]	0000	
Xdifmax	[внутренняя,вещественная]	0000	
Xdifmin	[внутренняя,вещественная]	0000	
Koeff1	[внутренняя,вещественная]	0000	
Xi0	[внутренняя,вещественная]	0000	
Koeff	[внутренняя,вещественная]	0000	
Xzdn	[внутренняя,вещественная]	0000	
Vdb	[константа,вещественная]	0000	
Xin	[внутренняя,вещественная]	0000	
Km1	[внутренняя,вещественная]	0000	
Xdit	[внутренняя,вещественная]	0000	
Kp	[внутренняя,вещественная]	0000	
Ti	[внутренняя,вещественная]	0000	
Kd	[внутренняя,вещественная]	0000	
Xmax	[константа,вещественная]	0000	
Xmin	[константа,вещественная]	0000	
Xruch	[константа,вещественная]	0000	
Y	[внутренняя,вещественная]	0000	
Yeps	[внутренняя,вещественная]	0000	
Yzdn	[внутренняя,вещественная]	0000	
adress3	[внутренняя,целая]	0000	
adress1	[константа,целая]	0000	
adress2	[константа,целая]	0000	
Tfil	[внутренняя,вещественная]	0000	
Xi	[внутренняя,вещественная]	0000	
Tf_zd	[внутренняя,вещественная]	0000	
Km	[внутренняя,вещественная]	0000	
Td	[внутренняя,вещественная]	0000	
difmax	[внутренняя,вещественная]	0000	
Km_zd	[внутренняя,вещественная]	0000	
Km_in	[внутренняя,вещественная]	0000	
Tf_in	[внутренняя,вещественная]	0000	
Tf	[внутренняя,вещественная]	0000	
Kdf	[внутренняя,вещественная]	0000	
Tm	[внутренняя,вещественная]	0000	
T_min	[внутренняя,вещественная]	0000	
Tlb	[внутренняя,вещественная]	0000	
Tlm	[внутренняя,вещественная]	0000	

Рисунок 7 – Список целых и действительных переменных

На рисунке 8 представлены переменные типа Таймер, используемые в программе.

Имя	Атриб.	Адр.	Комментарий
Blink_period	[внутренняя]	0000	

Рисунок 8 – Список переменных типа Таймер

На рисунке 9 изображена программа регулирования температуры в режиме отладки.

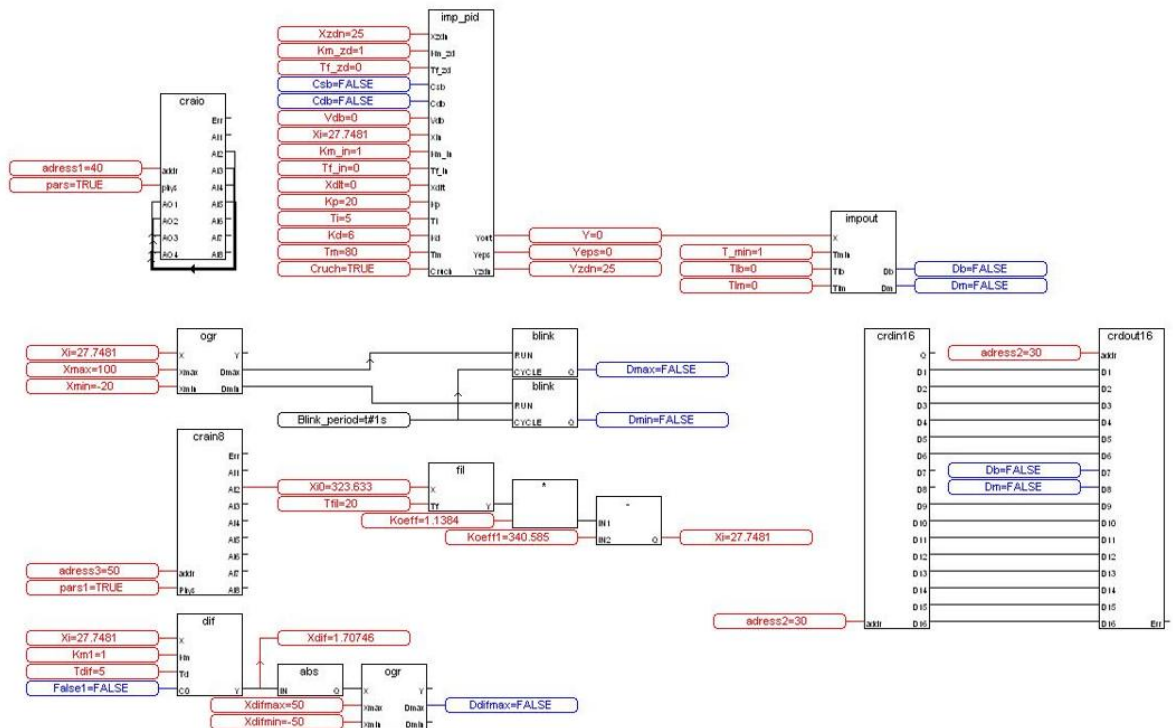


Рисунок 9 – Программа регулирования температуры в режиме отладки

После ввода сигнала с термопары с функционального блока craio8 текущее значение фильтруется, масштабируется и записывается в переменную Xi. Затем это значение подается на вход функционального блока импульсного ПИД-регулятора imp_pid в качестве текущего значения температуры. В зависимости от коэффициентов настройки импульсного ПИД-регулятора и других входных параметров, данный блок формирует управляющее воздействие, которое подается на импульсный вывод impout. В зависимости от величины и знака управляющего воздействия импульсный вывод формирует на выходе дискретные сигналы скважностью Q, пропорциональной входному сигналу: $Q=Xi/100$. Далее эти дискретные сигналы Db и Dm подаются на вход блока дискретного вывода сигналов.

Также в программе реализована проверка достоверности информации с помощью функциональных блоков dif и ogr.

1.4.3 Определение параметров настройки регулятора

Настройка ПИД-регуляторов является важным шагом в оптимизации и стабилизации системы управления. ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальный) регулятор используется для автоматического регулирования параметров процесса на основе обратной связи. В процессе настройки ПИД-регуляторов, основной целью является достижение стабильной и точной работы системы управления.

Пропорциональная составляющая отвечает за реакцию регулятора на текущее отклонение между желаемым значением и фактическим значением параметра процесса. Настройка коэффициента пропорциональности определяет, насколько быстро и сильно регулятор реагирует на отклонения.

Интегральная составляющая используется для коррекции постоянной ошибки между желаемым и фактическим значением параметра процесса. Настройка коэффициента интегральности определяет, как быстро регулятор устраняет постоянные отклонения.

Дифференциальная составляющая отслеживает скорость изменения параметра процесса и помогает предотвратить резкие колебания и перерегулирования. Настройка коэффициента дифференцирования определяет, насколько чувствительно регулирование будет реагировать на изменения скорости.

Настройка ПИД-регуляторов обычно включает в себя проведение испытаний и анализ реакции системы на различные входные сигналы. Оптимальные значения коэффициентов ПИД-регулятора могут быть определены с помощью методов настройки, таких как пробное и ошибочное (trial and error), ручная настройка или использование специализированных алгоритмов оптимизации.

Правильная настройка ПИД-регуляторов позволяет достичь стабильного и точного управления процессом, улучшить качество продукции, уменьшить время отклика системы и минимизировать перерегулирования и колебания. Это важный этап в достижении оптимальной производительности и эффективности системы управления.

В лабораторном стенде "система автоматического регулирования температуры" применяется импульсный ПИД-регулятор, который отличается от классического ПИД-регулятора своими особенностями и требует специального подхода к настройке.

Импульсный ПИД-регулятор использует широтно-импульсную модуляцию для изменения выходной мощности и регулирования параметров процесса. Это означает, что управляющий сигнал передается в виде последовательности импульсов, что позволяет более гибко и точно управлять исполнительным механизмом, а именно электродвигателем.

Однако, такой подход требует специального метода настройки ПИД-регулятора, поскольку классические методы настройки могут быть неэффективными или даже неприменимыми. Вместо этого, для настройки импульсного ПИД-регулятора используется метод, основанный на экспериментальном подборе коэффициентов на основе кривой разгона.

Этот метод заключается в том, что изначально снимается кривая разгона (характеристика объекта, заключающаяся в реакции объекта на ступенчатое изменение управляющего воздействия) и на основе анализа ее параметров, таких как коэффициент передачи k , постоянная времени T и время запаздывания τ подбираются оптимальные значения коэффициентов ПИД-регулятора. Этот подход позволяет настроить регулятор таким образом, чтобы система достигла желаемой стабильности, быстродействия и минимальной ошибки. Такой подход позволяет адаптировать настройку ПИД-регулятора к конкретным особенностям импульсного регулирования и обеспечивает оптимальную работу системы. Результатом успешной

настройки будет эффективное управление температурой в лабораторном стенде, что позволит достичь желаемых целей и обеспечить надежную и точную работу системы автоматического регулирования.

Вышеописанный подход применяется в одном из вариантов метода Циглера-Никольса используется анализ реакции объекта управления на ступенчатое изменение входного сигнала. Эта реакция называется кривой разгона. Объекты управления с апериодической кривой разгона могут быть представлены в виде последовательного соединения апериодических и запаздывающего звеньев (Рисунок 10).

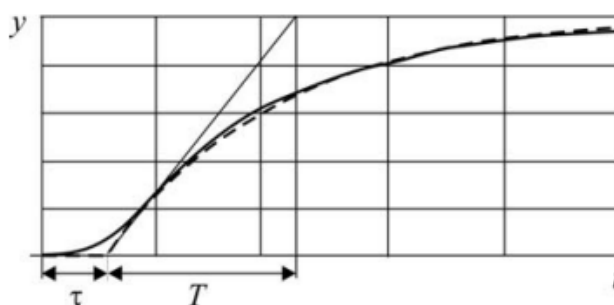


Рисунок 10 – Реакция объекта управления на ступенчатое воздействие
В таком случае передаточная функция объекта управления будет иметь вид

$$W(s) = \frac{k}{Ts + 1} e^{-\tau s},$$

где k – коэффициент передачи, T – постоянная времени, τ – время запаздывания.

Когда найдена передаточная функция объекта управления, коэффициенты ПИД-регулятора могут быть определены по формулам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 – Настройка регулятора по второму варианту метода Циглера-Никольса

	k_p	k_i	k_d
П-регулятор	$T/k\tau$		

Продолжение таблицы 1 – Настройка регулятора по второму варианту метода Циглера-Никольса

	k_p	k_i	k_d
ПИ-регулятор	0,9 T/k τ	0,3T/k τ^2	
ПИД-регулятор	1,2T/k τ	0,6T/k τ^2	0,6T/k

Необходимо отметить, что данный метод будет эффективным, если выполняется соотношение $0,15 < \tau/T < 0,6$. Данный метод настройки ПИД-регулятора предлагается использовать в рамках выполнения лабораторной работы «САР температуры на базе контроллера КРОСС».

1.5 Создание программы визуализации в MasterSCADA

1.5.1 SCADA-системы и их функции

SCADA-система — это инструментальная программа, обеспечивающая создание программного обеспечения для автоматизации контроля и управления технологическим процессом в режиме реального времени. Основная цель создаваемой с помощью SCADA программы — дать оператору, управляющему технологическим процессом, полную информацию об этом процессе и необходимые средства для воздействия на него [3].

Далее перечислены основные задачи SCADA-системы.

– **Мониторинг процессов.** SCADA-система предоставляет возможность наблюдать за работой промышленных процессов в реальном времени. Она отображает информацию о текущем состоянии системы, параметрах процесса, работе оборудования и других релевантных данных. Мониторинг позволяет операторам оперативно реагировать на любые изменения или проблемы. Основные задачи SCADA-системы включают:

– **Сбор данных.** SCADA-система собирает данные с различных источников, таких как датчики, приборы измерения, контроллеры и другие

устройства. Она записывает и хранит данные для дальнейшего анализа, отчетности и принятия решений.

– **Управление и контроль.** SCADA-система позволяет операторам осуществлять удаленное управление и контроль над промышленными процессами. Они могут взаимодействовать с оборудованием, регулировать параметры системы, управлять работой устройств, выполнять команды и настраивать параметры работы.

– **Автоматизация.** SCADA-система обеспечивает возможность автоматизации промышленных процессов. Операторы могут настраивать автоматические сценарии и алгоритмы, чтобы система самостоятельно контролировала и управляла процессами в соответствии с определенными правилами и заданными параметрами.

– **Анализ и отчетность.** SCADA-система предоставляет инструменты для анализа данных и создания отчетов. Операторы и инженеры могут изучать и анализировать данные, выявлять тренды, прогнозировать отклонения и принимать информированные решения на основе полученной информации.

– **Аварийное уведомление и управление событиями.** SCADA-система способна обнаруживать аварийные ситуации и предупреждать операторов об этом. Она также может активировать аварийные процедуры и предоставлять инструменты для управления событиями, включая регистрацию инцидентов, распределение задач и контроль.

1.5.2 Описание программного пакета MasteSCADA

MasterSCADA — программный пакет для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных (SCADA). Основными свойствами является модульность, масштабируемость и объектный подход к разработке. Система предназначена для сбора, архивирования, отображения данных, а также для управления различными технологическими процессами. Помимо создания т. н. верхнего уровня, система позволяет программировать

контроллеры с открытой архитектурой. Таким образом MasterSCADA позволяет создавать единый комплексный проект автоматизации (SCADA система + ПЛК). Вся система, включая все компьютеры и все контроллеры, конфигурируется в едином проекте, за счет этого не требуется конфигурировать внутренние связи в системе [4].

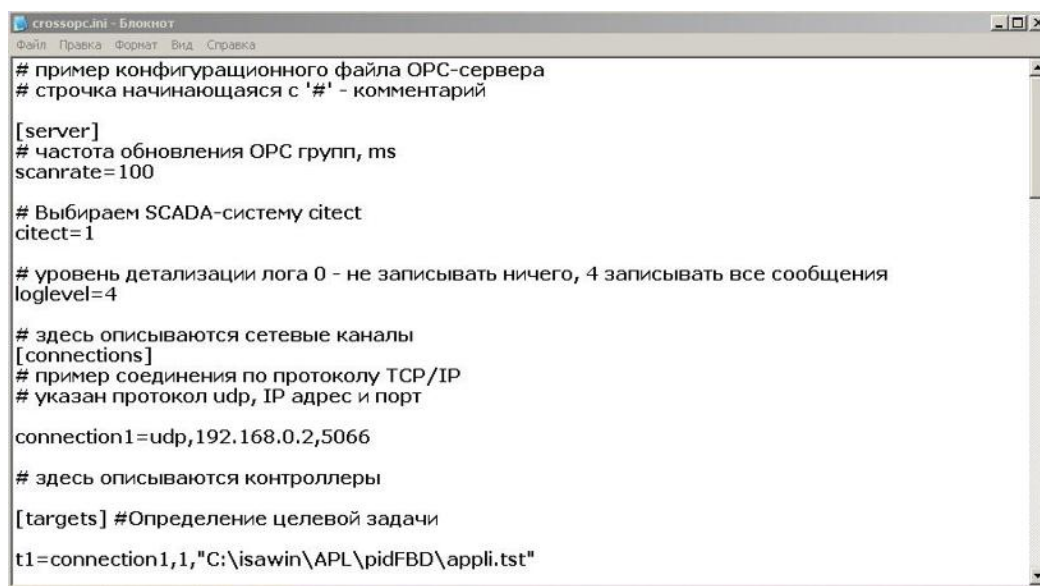
1.5.3 OPC-сервер, его предназначение и настройка

OPC-сервер (OPC Server) - это специальная программа, которая играет роль посредника между устройствами или системами и другими программами, такими как SCADA-системы. Его основная задача - получать данные от устройств или систем в их внутреннем формате и преобразовывать их в стандартный формат OPC (OLE for Process Control). Этот стандартный формат позволяет другим программам, называемым OPC-клиентами, получать доступ к данным и использовать их для мониторинга и управления процессами [5].

OPC-сервер, предназначенный для работы с контроллерами, включая контроллер КРОСС-500, позволяет обмениваться данными между программой, которую использует пользователь для работы с контроллером, и SCADA-системами. Это обеспечивает передачу информации о состоянии контроллера и его параметрах между различными программами для эффективного контроля и управления процессами в автоматизированной системе.

Для настройки OPC-сервера используется файл `crossopc.ini`, который находится в каталоге установки сервера. В этом файле можно задать различные параметры и настройки, которые определяют поведение OPC-сервера и способ взаимодействия с контроллером КРОСС-500 и SCADA-системами. Редактирование этого файла позволяет пользователю настроить работу OPC-сервера согласно своим потребностям и требованиям системы.

Основными информативными элементами являются канал связи и указание места нахождения программы, по которой работает контроллер. На рисунке 11 представлен пример настройки OPC-сервера.



```
crossopc.ini - Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка

# пример конфигурационного файла OPC-сервера
# строка начинающаяся с '#' - комментарий

[server]
# частота обновления OPC групп, ms
scanrate=100

# Выбираем SCADA-систему citect
citect=1

# уровень детализации лога 0 - не записывать ничего, 4 записывать все сообщения
loglevel=4

# здесь описываются сетевые каналы
[connections]
# пример соединения по протоколу TCP/IP
# указан протокол udp, IP адрес и порт
connection1=udp,192.168.0.2,5066

# здесь описываются контроллеры

[targets] #Определение целевой задачи
t1=connection1,1,"C:\isawin\APL\pidFBD\appli.tst"
```

Рисунок 11 – Настройка OPC-сервера

1.5.4 Программа визуализации процесса регулирования температуры

Для создания программы в среде MasterSCADA необходимо связаться с программой регулирования температуры в Isagraf через OPC-сервер и добавить отображение переменных в дереве системы.

Дерево системы в Masterscada представляет собой графическое представление организационной структуры системы SCADA. Оно служит для управления и контроля различными аспектами системы, такими как коммуникация, графический интерфейс и логика системы.

Дерево системы включает в себя различные уровни и подуровни, которые отображают иерархическую структуру компонентов системы. Каждый уровень может содержать подуровни и элементы, которые представляют собой конкретные компоненты или функции системы. На рисунке 12 представлено дерево системы.

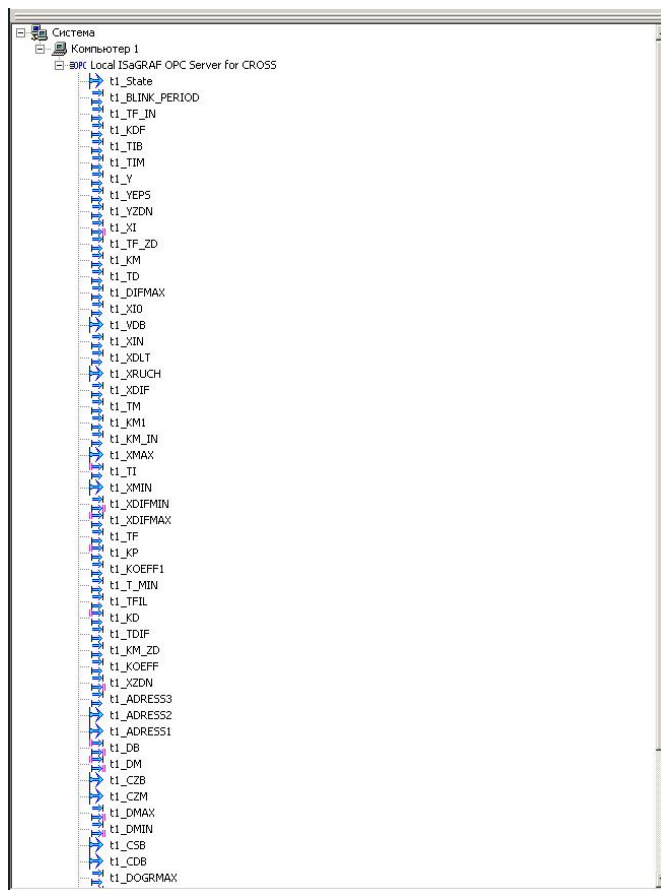


Рисунок 12 – Дерево системы

Необходимо также добавить команды, кнопки, переменные и график в дерево объекта (рисунок 13).

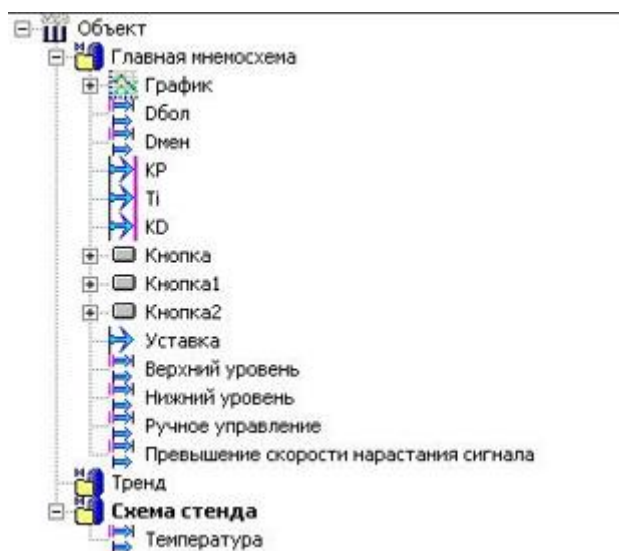


Рисунок 13 – Дерево объекта

Мнемосхема для контроля и управления лабораторным комплексом представлена на рисунке 14.



Рисунок 14 – Мнемосхема для контроля и управления лабораторным комплексом

На данном рисунке изображена главная мнемосхема программы визуализации процесса регулирования температуры в MasterSCADA для отображения необходимой информации на экране оператора, а также для управления технологическим процессом. Функционал программы включает в себя следующие пункты.

- Настройка ПИД-регулятора путем изменения его коэффициентов с панели оператора.
- Включение/отключение ручного управления процессом регулирования температуры.
- Ручное управление исполнительным механизмом, направленное на уменьшение или увеличение яркости лампочки.
- Задание уставки температуры.
- Отображение графика изменения температуры.

– Индикация необходимых параметров системы (Ручное управление, сигнал «больше», сигнал «меньше», сигнализация нарушений проверки достоверности информации).

Работа программы с экранной формой «Главная мнемосхема» представлена на рисунке 15.



Рисунок 15 – Программа визуализации процесса регулирования температуры с экранной формой «Главная мнемосхема» в процессе работы.

В программе визуализации процесса регулирования температуры реализовано две дополнительные экранные формы (Окно тренда и окно со схемой объекта управления). Экранная форма тренда представлена на рисунке 16.

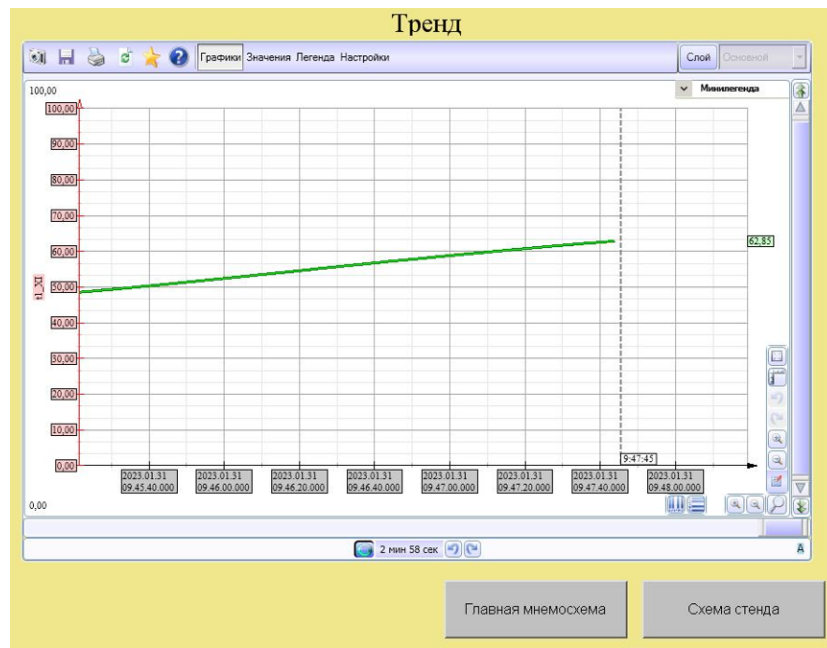


Рисунок 16 – Окно тренда

Тренд является графической формой представления динамики значений в процессе на протяжении определенного периода времени. В контексте системы автоматизации MasterSCADA, пользователь имеет возможность просмотреть тренд как текущих данных в режиме реального времени, так и архивных данных за прошедшие периоды. Это позволяет более эффективно анализировать изменения значений в технологическом процессе и выявлять потенциальные проблемы или улучшения, основываясь на их динамике во времени. Графическое представление также облегчает визуализацию тенденций, аномалий и корреляций между различными показателями.

Тренд показывает изменение температуры внутри тепловой камеры в течение времени.

Экранная форма со схемой объекта управления представлена на рисунке 17.

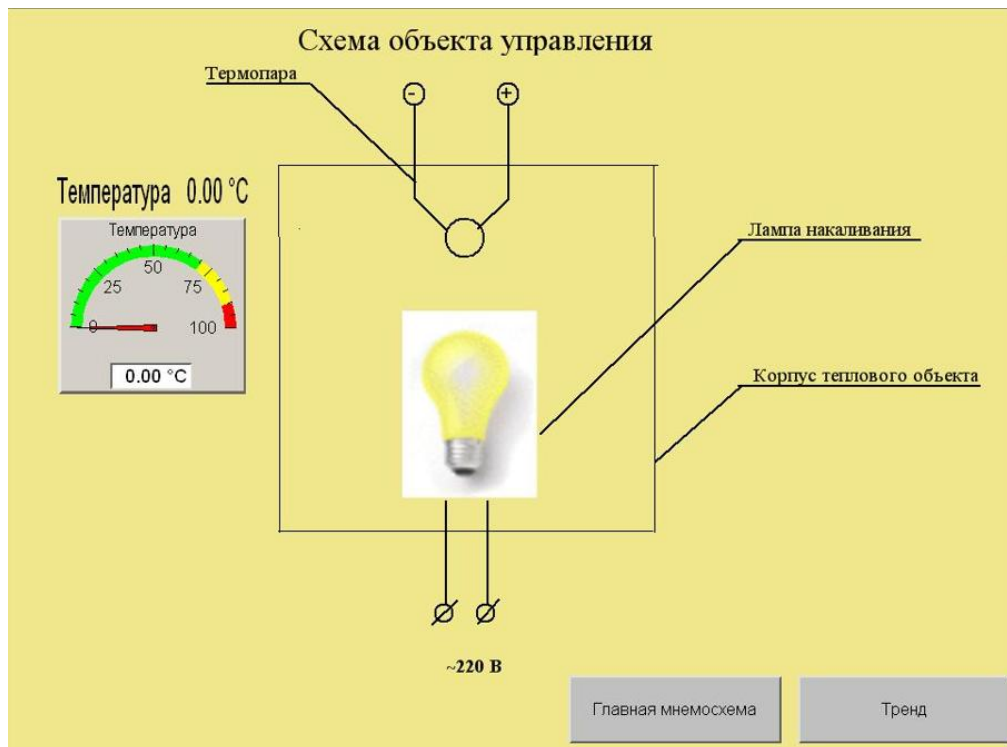


Рисунок 17 – Окно со схемой объекта управления

На такой экранной форме оператор может быстро получить общее представление об установке, ее компонентах и их соединениях, что позволит ему более эффективно контролировать работу оборудования и быстро реагировать на любые неполадки. Это может быть особенно важно при решении задач по управлению технологическими процессами, где необходимо иметь полное представление о всех составляющих системы и их взаимосвязи для эффективного управления. Кроме того, такая экранная форма может служить важным инструментом для обучения студентов работе на лабораторном стенде.

Работа программы с экранной формой «Схема объекта управления» представлена на рисунке 18.



Рисунок 18 – Программа визуализации процесса регулирования температуры с экранной формой «Схема объекта управления» в процессе работы.

1.6 Разработка методических указаний по выполнению лабораторной работы

По результатам выполнения ВКР подготовлены методические указания по выполнению двух лабораторных работ. Методические указания «САР температуры на базе контроллера КРОСС» предназначены для выполнения лабораторной работы по курсу «Локальные системы управления». Методические указания «Визуализация работы САР температуры в пакете MasterSCADA» предназначены для выполнения лабораторной работы по курсу «Автоматизированные информационно-управляющие системы».

1.6.1 Методические указания «САР температуры на базе контроллера КРОСС»

Целью данной лабораторной работы является знакомство с составом и принципом работы импульсной системы регулирования и получение практических навыков по реализации импульсных систем на примере

системы автоматического регулирования температуры на базе контроллера КРОСС в среде ISaGRAF.

При выполнении лабораторной работы решаются следующие задачи.

1. Изучение состава и принципа работы импульсной системы регулирования: В рамках этой задачи студент знакомится с основными компонентами и принципами функционирования импульсной системы регулирования, а также понимает их роль в контексте автоматического регулирования температуры.

2. Знакомство с лабораторным стендом и его структурной схемой: В данной задаче студент знакомится с лабораторным стендом, его составом и элементами, которые входят в его структурную схему. Это позволяет понять, какие устройства и компоненты используются в системе автоматического регулирования температуры.

3. Изучение программного пакета ISaGRAF: В рамках этой задачи студент знакомится с программным пакетом ISaGRAF, его основными возможностями и принципами работы. Это включает в себя описание основных функций и инструментов ISaGRAF, которые позволяют разрабатывать и реализовывать программы для автоматического регулирования температуры.

4. Составление программы регулирования температуры в ISaGRAF: Требуется разработать программу в среде ISaGRAF, которая будет обеспечивать ввод сигнала с термопары, фильтрацию, масштабирование и импульсное регулирование температуры. Это позволит осуществить контроль и регулирование температурного процесса на лабораторном стенде.

5. Настройка регулятора: В этой задаче студенту необходимо настроить импульсный ПИД-регулятор на основе снятой кривой разгона объекта управления. Настройка регулятора позволит обеспечить регулирование температуры в системе с заданными показателями качества.

Методические указания по выполнению данной лабораторной работы представлены в приложении А.

Методические указания по выполнению данной лабораторной работы содержат следующие разделы.

1. Цель работы.
2. Структурная схема лабораторного стенда.
3. Описание программного пакета IsaGRAF.
4. Программа регулирования температуры в среде IsaGRAF.
5. Настройка регулятора.
6. Задание на лабораторную работу.
7. Методические указания по выполнению отдельных пунктов задания.
8. Контрольные вопросы.
9. Содержание отчета.

В ходе данной лабораторной работы студенту необходимо составить программу в ISaGRAF, обеспечивающую ввод сигнала с термопары, фильтрацию, масштабирование и импульсное регулирование. Также необходимо снять кривую разгона объекта управления и на ее основании произвести настройку импульсного ПИД-регулятора. После настройки регулятора требуется произвести дополнительную подстройку параметров регулятора в случае необходимости и проверить работу системы.

Задание к лабораторной работе выглядит следующим образом.

1. Изучить методические указания по выполнению лабораторной работы.
2. На основании программы, приведенной в разделе 3, составить программу, обеспечивающую ввод сигнала с термопары, фильтрацию, масштабирование и импульсное регулирование.
3. Добавить в программу проверку достоверности информации.

Необходимо учесть следующие пункты:

3.1. Проверка достоверности информации по возможному верхнему и нижнему пределу температуры.

3.2. Проверка достоверности информации по скорости изменения сигнала.

4. Загрузить программу в контроллер и снять кривую разгона объекта управления. Для этого необходимо перевести систему в режим ручного регулирования.

5. Построить график кривой разгона и определить по нему коэффициент передачи k , постоянную времени T и время запаздывания τ .

6. Рассчитать оптимальные параметры настройки регулятора на основании метода, приведенного в разделе 4. В случае необходимости произвести дополнительную подстройку параметров регулятора.

7. Проанализировать работу системы с использованием регулятора с оптимальными параметрами настройки.

8. Оформить отчет по лабораторной работе.

Для закрепления полученных знаний и оценки уровня понимания материала при составлении отчета к лабораторной работе необходимо ответить на следующие контрольные вопросы.

1. Какие параметры объекта управления могут быть определены из кривой разгона, и как они могут быть использованы при настройке регулятора?

2. Какие основные преимущества и недостатки имеет использование ПИД-регулятора для автоматического регулирования температуры?

3. Какие компоненты входят в систему автоматического регулирования температуры?

4. Как оценить качество управления в системе автоматического регулирования температуры?

5. Какие типы датчиков температуры могут быть использованы для измерения температуры, и как они отличаются по принципу действия.

1.6.2 Методические указания «Визуализация работы САР температуры в пакете MasterSCADA»

Целью данной лабораторной работы является получение навыков использования пакета Master SCADA для разработки программ визуализации процессов контроля, регулирования и сигнализации.

Далее приведены основные задачи работы.

1. Настройка OPC сервера. В данной задаче требуется выполнить настройку сервера, чтобы обеспечить связь и обмен данными между программой и устройствами в системе автоматического регулирования температуры.

2. Запуск и проверка программы. Данная задача заключается в запуске программы, описанной в методической инструкции, и проверке ее работоспособности. Это позволит убедиться, что программное обеспечение функционирует корректно и взаимодействует с устройствами стенда.

3. Составление программы визуализации и управления. В этой задаче необходимо разработать программу визуализации, которая будет обеспечивать отображение и управление тепловым объектом. Программа должна включать тренд изменения температуры, график изменения температуры, команды для настройки параметров регулятора, команду изменения уставки регулятора и мнемонические индикаторы для отображения предупредительной сигнализации.

4. Проверка работоспособности программы. Требуется проверить работоспособность разработанной программы на лабораторном комплексе. С помощью программы необходимо задать параметры для правильного функционирования лабораторного стенда "Система автоматического регулирования температуры", включая настройку коэффициентов ПИД-регулятора и задание значений порогов срабатывания сигнализации.

5. Добавление мнемонических индикаторов. Задача состоит в добавлении на основную мнемосхему мнемонических индикаторов, которые

будут отображать предупредительную сигнализацию по превышению или понижению температуры в тепловой камере. Это обеспечит визуальное отображение информации о состоянии системы.

Методические указания по выполнению данной лабораторной работы представлены в приложении В.

Методические указания по выполнению данной лабораторной работы содержат следующие пункты.

1. Назначение SCADA-систем, виды SCADA-систем.
2. Отличительные особенности пакета программ MasterScada.
3. Лабораторный комплекс управления тепловым объектом.
4. Настройка OPC – сервера.
5. Методика создания программы визуализации САР температуры в пакете MasterScada.
 - 5.1. Создание проекта.
 - 5.2. Создание мнемосхемы.
6. Создание Тренда.
7. Создание главного окна «Главная мнемосхема».
8. Задание на лабораторную работу.
9. Методические указания по выполнению отдельных пунктов задания.
10. Контрольные вопросы.
11. Содержание отчета.

В ходе выполнения данной работы необходимо выполнить настройку OPC-сервера в соответствии с методическими указаниями, создать программу визуализации и управления тепловым объектом с необходимыми элементами, описанными в методических указаниях. Также необходимо запустить созданную программу и проверить ее работоспособность.

Задание к лабораторной работе выглядит следующим образом.

1. Настройте OPC сервер и запустите его в работу.

2. Запустите программу, описанную выше, и проверьте ее работоспособность. Загрузите в контроллер программу, обеспечивающую регулирование температуры. Имя программы – PID_FBD.

3. Запустите MasterSCADA и загрузите программу визуализации процесса регулирования температуры. Ознакомьтесь с основными формами визуализации процесса регулирования, сигнализации и архивирования информации.

4. Составьте программу визуализации и управления тепловым объектом. Для этого необходимо на основании раздела 7 данных методических указаний создать 3 экранные формы и реализовать переход между ними.

5. Проверьте работоспособность составленной программы визуализации процесса регулирования температуры. Для этого задайте значение уставки 60 °С, отключите ручное управление и задайте коэффициенты ПИД-регулятора.

6. Подготовьте отчет о работе.

Для вышеупомянутых целей также необходимо ответить на следующие контрольные вопросы при составлении отчета к лабораторной работе.

1. Какие параметры объекта управления могут быть определены из кривой разгона, и как они могут быть использованы при настройке регулятора?

2. Какие основные преимущества и недостатки имеет использование ПИД-регулятора для автоматического регулирования температуры?

3. Какие компоненты входят в систему автоматического регулирования температуры?

4. Как оценить качество управления в системе автоматического регулирования температуры?

5. Какие типы датчиков температуры могут быть использованы для измерения температуры, и как они отличаются по принципу действия?

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8Т92	Арояну Эдварду Вардановичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	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	Бюджет проекта – не более 360000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 230000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Минимальный размер оплаты труда в 2023 году составляет 16242 рублей без учёта районных коэффициентов и процентных надбавок.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30,2%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциальных потребителей результата исследования. Анализ конкурентных технических решений. Проведение SWOT-анализа.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование плана и графика разработки; Создание диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат на разработку.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчёт показателя финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2023 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	д.т.н.		27.02.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Ароян Эдвард Варданович		27.02.2023 г.

2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Данная выпускная квалификационная работа заключается в разработке программно-методического обеспечения лабораторной работы «Система автоматического регулирования температуры на базе контроллера КРОСС».

Целью данного раздела является оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с учетом ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и формирование бюджета этих исследований, анализ ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проводимых исследований.

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

2.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями лабораторного стенда "Система автоматического регулирования температуры", являются студенты, обучающиеся по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», поскольку основной целью программно-методическое обеспечение стенда является использование их студентами в рамках выполнения лабораторных работ. Лабораторный стенд предоставляет им возможность проводить эксперименты, тестировать алгоритмы регулирования и изучать влияние различных параметров на процессы теплового регулирования.

Также потенциальными потребителями могут выступать преподаватели и научные работники вуза, которые занимаются проведением лабораторных работ по теме регулирования температуры. для проведения исследований, разработки новых методов и алгоритмов регулирования температуры, а

также для проверки и валидации своих научных гипотез. Он предоставляет им удобную платформу для изучения и тестирования различных технических решений, а также возможность проводить практические занятия и демонстрации в рамках учебного процесса.

2.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений является важным шагом для оценки эффективности проекта на рынке. Он позволяет изучить и сравнить существующие аналоги или альтернативные продукты, которые уже представлены на рынке или разрабатываются другими компаниями.

Проведение такого анализа позволяет выявить преимущества и недостатки существующих решений, их функциональные возможности, технические характеристики, стоимость, уровень инноваций и другие важные аспекты. Это позволяет лучше понять потенциал и конкурентоспособность проекта на рынке.

Анализ конкурентных технических решений также помогает в определении уникальных особенностей и преимуществ вашего продукта или услуги, которые можно предложить рынку.

При анализе технического решения и его позиции на рынке, а также сравнении с конкурентами, было принято решение использовать шкалу от 1 до 5 для оценки каждого показателя. Чем выше оценка, тем сильнее позиция. Важно, чтобы вес каждого показателя был определен правильно, и их сумма составляла 1. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В таблице 2 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных решений. В качестве конкурента 1 был выбран учебный лабораторный стенд

"Промышленные датчики температуры" (ПДТ-СК) компании ДЕНАР, конкурент 2 - DLGK-WD101 (Стенд для обучения управлению температурой технологического процесса) компании Профкабинет. Данные лабораторные стенды также предназначены для обучения студентов методам и средствам измерения и регулирования температуры.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических Решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
2. Точность регулирования	0,07	3	4	4	0,21	0,28	0,28
3. Надёжность	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
4. Ремонтпригодность	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
5. Безопасность	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
6. Масштабируемость	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,2
7. Энергоэффективность	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
8. Документация и поддержка	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
9. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
10. Конкурентоспособность продукта	0,06	3	5	5	0,18	0,3	0,3
11. Уровень проникновения на рынок	0,04	1	5	4	0,08	0,2	0,16
12. Перспективность рынка	0,04	2	5	4	0,04	0,2	0,16
13. Цена	0,07	5	2	2	0,35	0,14	0,14
14. Послепродажное обслуживание	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
15. Финансовая эффективность научной разработки	0,03	2	4	4	0,06	0,12	0,12
16. Срок выхода на рынок	0,07	2	4	5	0,14	0,28	0,35
17. Наличие сертификации разработки	0,04	3	5	5	0,12	0,2	0,2
Итого	1	62	74	74	3,82	4,32	4,35

Из таблицы видно, что на данном этапе проект может быть рассмотрен как потенциально конкурентоспособный. Важно отметить, что проект находится в стадии разработки, что предоставляет возможность внести

необходимые изменения и адаптировать его под рыночные условия. Это означает, что есть потенциал для улучшения и оптимизации проекта, чтобы сделать его более привлекательным для клиентов и конкурентоспособным на рынке.

Таким образом, на основании проведения анализа конкурентоспособности можем сделать вывод, что важно продолжать работу по развитию и улучшению проекта, проводить исследования рынка, анализировать потребности клиентов и отзывы, чтобы определить оптимальные стратегии и доработки. Располагая достаточными ресурсами и умениями для успешного завершения проекта, можно достичь его конкурентоспособности и превратить его в успешное предложение на рынке.

2.1.3 Анализ по технологии QuaD

Для оценки качественных характеристик используется технология QuaD. Каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где значение 1 соответствует наименее сильной позиции, а 100 – наиболее сильной. Веса показателей должны в сумме составлять 1.

Технология QuaD (Quality and Decision) является методом оценки качественных характеристик и принятия решений. Она предоставляет инструментарий для систематической и объективной оценки различных показателей, связанных с качеством продукта, процесса или услуги.

В таблице 3 представлена оценка конкурентных технических решений. Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений по технологии QuaD

Критерии оценки	Вес критерия				Средневзвешенное значение
		Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Удобство в эксплуатации	0,1	80	100	0,8	0,08
2. Точность регулирования	0,07	65	100	0,65	0,0455
3. Надёжность	0,07	75	100	0,75	0,0525
4. Ремонтпригодность	0,06	80	100	0,8	0,048
5. Безопасность	0,07	80	100	0,8	0,056
6. Масштабируемость	0,04	60	100	0,6	0,024
7. Энергоэффективность	0,04	80	100	0,8	0,032
8. Документация и поддержка	0,1	85	100	0,85	0,085
9. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	80	100	0,8	0,04
Экономические критерии оценки эффективности					
10. Конкурентоспособность продукта	0,06	65	100	0,65	0,039
11. Уровень проникновения на рынок	0,04	10	100	0,1	0,004
12. Перспективность рынка	0,04	20	100	0,2	0,008
13. Цена	0,07	80	100	0,8	0,056
14. Послепродажное обслуживание	0,05	75	100	0,75	0,0375
15. Финансовая эффективность научной разработки	0,03	25	100	0,25	0,0075
16. Срок выхода на рынок	0,07	20	100	0,2	0,014
17. Наличие сертификации разработки	0,04	0	100	0	0
Итого	1		100		0,629

Распределение степеней перспективности проекта представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Шкала измерения перспективности проекта

Значение P_{cp}	Перспективность проекта
80-100	крайне перспективная разработка
60-79	перспективность выше среднего
40-59	средняя перспективность
20-39	перспективность ниже среднего
0-19	крайне низкая перспективность

Таким образом, показатель перспективности проекта составляет 0,629 из 1, или же 62,9 из 100. На основании этих данных и таблицы 3 можем сделать вывод, что перспективность проекта находится на уровне выше среднего.

2.1.4 SWOT-анализ

SWOT-анализ - это стратегический инструмент, который помогает оценить текущую позицию организации, выявить ее сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Этот анализ используется для разработки стратегий, направленных на достижение поставленных целей. Процесс проведения SWOT-анализа включает следующие этапы:

1. Идентификация сильных сторон (Strengths): Анализируются внутренние факторы, которые делают организацию успешной и конкурентоспособной. Определяются преимущества, такие как уникальные продукты или услуги, качество, инновации, навыки и компетенции сотрудников, репутация и т.д.

2. Выявление слабых сторон (Weaknesses): Анализируются внутренние факторы, которые могут ограничивать успех организации. Определяются недостатки, такие как отсутствие ресурсов, низкая эффективность процессов,

ограничения в продукции или услугах, слабая управленческая поддержка и т.д.

3. Оценка возможностей (Opportunities): Анализируются внешние факторы, которые могут создать перспективы для роста и развития организации. Идентифицируются возможности, такие как изменения в рыночных трендах, новые технологии, расширение рынков, изменение законодательства и другие внешние факторы, которые могут быть использованы в свою пользу.

4. Определение угроз (Threats): Анализируются внешние факторы, которые могут негативно повлиять на организацию. Выявляются угрозы, такие как конкуренция, изменение потребительского спроса, экономические или политические факторы, изменение регулятивной среды и т.д.

5. Анализ и интерпретация результатов: Полученные данные и информация анализируются для определения взаимосвязей между сильными и слабыми сторонами организации, а также возможностями и угрозами. На основе этого анализа разрабатываются стратегии и планы действий для улучшения конкурентоспособности.

SWOT-анализ проекта представлен в таблице 5:

Таблица 5 – SWOT-анализ проекта

Сильные стороны(Strengths):	Слабые стороны(Weaknesses):
<p>1. Высокая точность и надежность: стенд обеспечивает высокую точность и надежность регулирования температуры, что является критическим фактором для многих приложений, где требуется точный контроль параметров окружающей среды.</p> <p>2. Гибкость и адаптивность: система автоматического регулирования температуры позволяет гибко настраивать и контролировать тепловой режим внутри камеры, что может быть полезным для различных лабораторных и технических процессов.</p>	<p>1. Ограниченный функционал: стенд может предлагать ограниченный набор функций и возможностей по сравнению с другими решениями на рынке, что может ограничить его привлекательность для некоторых клиентов.</p> <p>2. Ограниченная масштабируемость: при работе с большими объемами или в крупномасштабных проектах возможны ограничения в масштабируемости стенда, что может создать ограничения для его применения в некоторых ситуациях.</p>

Продолжение таблицы 5 – SWOT-анализ проекта

Возможности(Opportunities):	Угрозы(Threats):
<p>1. Внедрение новых технологий: стенд может быть обновлен и модернизирован с использованием новых технологий, таких как датчики высокой точности, алгоритмы искусственного интеллекта или интерфейсы управления на основе IoT (интернет вещей). Это позволит улучшить функциональность и производительность стенда.</p> <p>2. Обучение практическим навыкам: студенты могут использовать стенд для приобретения практических навыков в области автоматического регулирования температуры. Они могут изучать принципы работы стенда, настраивать параметры регулирования и анализировать результаты. Это поможет им развить практическую экспертизу в этой области.</p>	<p>1. Конкуренция от существующих компаний: на рынке уже существуют компании, предлагающие аналогичные решения или конкурирующие технологии, что может создавать конкурентное давление и ограничивать проникновение на рынок.</p> <p>2. Технические проблемы: Возможны непредвиденные технические проблемы с компонентами стенда, такие как отказы лампы накаливания, неисправности датчиков или проблемы с электрическими соединениями. Это может привести к сбоям в работе стенда и снижению его эффективности.</p>

2.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения альтернативных путей проведения научного исследования и вариантов реализации работы использована морфологическая матрица, представленная в таблице 6.

Таблица 6 – Морфологическая матрица для лабораторного стенда

	1	2	3
А. Датчик измерения температуры	Термопара	Термометр сопротивления	Пирометр
Б. Источник тепла	Электрический обогреватель	Лампа накаливания	Нагревательный кабель
В. Способ соединения модулей проекта	Проводной	Беспроводной (через радиомодули)	Шина данных
Г. Тип объекта управления	Холодильник или морозильная камера	Водяная циркуляционная система	Тепловая камера

Продолжение таблицы 6 – Морфологическая матрица для лабораторного стенда

Д. Среда, в которой работает система	Воздух	Вода	Пар
Е. Управляющее устройство	Контроллер КРОСС-500	Микроконтроллер Arduino	ОВЕН ПЛК200
Ж. Способ управления исполнительным механизмом	Аналоговая модуляция яркости	Широтно-импульсная модуляция (ШИМ)	Частотно-импульсная модуляция (ЧИМ)
З. Материал корпуса	Металл	Стекло	Пластик

Существуют следующие решения, которые могут быть рассмотрены как желательные варианты для решения поставленной проблемы с учетом ее функционального содержания и эффективного использования ресурсов.: А2-Б1-В2-Г2-Д2-Е3-Ж1, А3-Б2-В3-Г1-Д1-Е1-Ж3, А1-Б1-В2-Г2-Д3-Е2-Ж2.

В рамках создания данного проекта использована конфигурация А1-Б2-В1-Г3-Д1-Е1-Ж1, которая будет рассматриваться далее.

2.3 Планирование научно-исследовательских работ

2.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Важным этапом проведения научно-исследовательских работ является необходимость планирования комплекса предполагаемых работ: определение структуры, участников, продолжительности. Исполнителями проекта являются студент и научный руководитель. В таблице 7 представлен перечень этапов и работ, а также распределение исполнителей по данным видам работ в рамках проводимого научно-исследовательского проекта.

Таблица 7 – Перечень этапов, содержания работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, исполнитель
	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исполнитель
Аналитический обзор	3	Подбор и изучение литературы по теме	Исполнитель
	4	Выбор инструментов разработки	Руководитель, исполнитель
Реализация и тестирование	5	Разработка программного аппаратного решения	Исполнитель
	6	Тестирование решения	Исполнитель
Оценка результатов и оформление отчётности	7	Согласование выполненной работы	Руководитель, исполнитель
	8	Оценка результатов	Руководитель
	9	Оформление пояснительной записки и необходимой документации	Исполнитель

2.3.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы на человеко-дней;

t_{mini} – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дней;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дней.

Определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочих дней;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человекодней;

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

Разработка графика проведения научного исследования

Для наглядности и удобства восприятия проведенной работы построим горизонтальный ленточный график в форме диаграммы Ганта. Перевод длительности каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни ведется по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

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

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

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

Согласно производственному календарю для шестидневной рабочей недели в 2023 году 365 календарных дней, 66 дней – выходные и праздничные. Согласно формуле выше коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22.$$

Определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям представлены в приложении Г (где руководитель обозначен как «Р», исполнитель – «И»).

Линейный график осуществления проекта представлен в приложении Д.

2.3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Для расчета стоимости выполнения проекта используются следующие статьи затрат.

- материальные затраты НТИ;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные расходы;
- накладные расходы.

2.3.3.1 Расчёт материальных затрат НТИ

Материальные затраты включают в себя: сырье и материалы, покупные материалы для производственных и хозяйственных нужд, затраты на канцелярию.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$З_{\text{М}} = (1 + k_{\text{T}}) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i},$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. В расчётах ниже данный коэффициент не учитывался (равен нулю), поскольку все транспортно-заготовительные расходы уже включены в итоговую стоимость продукта.

В процессе выполнения ВКР было приобретено следующее оборудование, представленное в таблице 8:

Таблица 8 – список материальных затрат НТИ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
Контроллер КРОСС-500	шт.	1	48000	48000
Термопара	шт.	1	1050	1050
Крепёжные приспособления	шт.	1	200	200
Лампа накаливания	шт.	2	45	90
Корпус тепловой камеры	шт.	1	2000	2000
Набор соединительных проводов	шт.	1	300	300
Итого			51640 рублей	

В рамках исследовательского проекта общие материальные затраты составили 51640 рублей.

2.3.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Расчет затрат на специальное оборудование для данного проекта представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет затрат на специальное оборудование

№ п/п	Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб	Общая стоимость, руб
1	MasterSCADA 3.x	1	12 000	12 000
2	ISaGRAF 6	1	15 000	15 000
Итого	27 000 рублей			

2.3.3.3 Основная заработная плата исполнителя темы

Данная статья расходов включает основную заработную плату с учетом премий и доплат для исполнителей проекта: студента (исполнителя), консультанта и научного руководителя. Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, исполнителя) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p,$$

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, рабочих дней;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочих дней (таблица 10).

Таблица 10 – Расчет действительного годового фонда рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по следующей формуле:

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

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок равный 0,3;

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

Результаты расчетов основной заработной платы представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Затраты на заработную плату

Исполнители	Оклад, руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Науч. руководитель	30000	0,3	0,3	0,3	62400	2400	26	62400
Инженер	15000	0,3	0,3	0,3	31200	1200	76	91200
Итого	153 600 рублей							

2.3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителя темы

Данная статья расходов включает заработную плату, начисленную рабочим и служащим не за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей. Зная основную заработную плату, можно рассчитать дополнительную заработную плату в размере 13% от основной по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата.

Результаты расчетов дополнительной заработной платы представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	З _{осн} , руб.	к _{доп}	З _{доп} , руб.
Науч. руководитель	62400	0,15	9360
Инженер	91200	0,15	13680
Итого	23 040 рублей		

2.3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Сумма отчисления определяет по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, в соответствии с Федеральным законом для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, используется пониженная ставка – 30%. Для ТПУ размер отчислений составляет 30,2% - 0,2% уходят на отчисления за травматизм;

$З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Результаты расчетов отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет отчисление во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Науч. руководитель	62400	9360
Инженер	91200	13680
Отчисления во внебюджетные фонды	30,2%	
Итого		
Руководитель	21671,52	
Инженер	31673,76	
Итого	53345,28	

2.3.3.6 Накладные расходы

Данная статья расходов включает прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется согласно следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * \sum \text{статей},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16%.

Выполним расчет накладных расходов.

$$Z_{\text{накл}} = (51640 + 27000 + 153600 + 23040 + 53345,28) \cdot 0,16 = 49\,380 \text{ руб.}$$

2.3.3.7 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 14.

Таблица 14 – Определение бюджета затрат на проект

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	51640	Пункт 3.4.1.
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	27000	Пункт 3.4.2.
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	153600	Пункт 3.4.3.

Продолжение таблицы 14 – Определение бюджета затрат на проект

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	23040	Пункт 3.4.4.
5. Отчисления во внебюджетные фонды	53345,28	Пункт 3.4.5.
6. Накладные расходы	49380	Пункт 3.4.6.
7. Бюджет затрат НТИ	358005,28	

Таким образом, бюджет затрат НТИ составляет 358005,28 рублей.

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

Для определения эффективности НТИ необходимо рассчитать интегральный показатель финансовой эффективности и интегральный показатель эффективности.

Интегральный финансовый показатель определяются по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

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

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

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

Определим интегральный финансовый показатель разработки (Таблица 17):

Таблица 15 – Определение интегрального финансового показателя

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	$I_{фин.р}$
НИ-проект	358000 руб.	469010 руб.	0,763
ПДТ-СК	469010 руб.		1
DLGK-WD101	388300 руб.		0,828

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

В таблице 16 приведен расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 16 – Определение интегрального показателя ресурсоэффективности

Критерии	Весовой коэффициент	НИ проект	ПДТ-СК	DLGK-WD101
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	3	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	5	5
3. Помехоустойчивость	0,1	4	4	4

Продолжение таблицы 16 – Определение интегрального показателя ресурсоэффективности

Критерии	Весовой коэффициент	НИ проект	ПДТ-СК	DLGK-WD101
4. Энергосбережение	0,1	4	3	3
5. Надёжность	0,15	3	5	4
6. Материалоёмкость	0,1	5	2	3
Итого	1	3,9	4,4	4,35

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{НИ\ проект} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{3,9}{0,763} = 5,11;$$

$$I_{STRADA} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{4,4}{1} = 4,4;$$

$$I_{ЭлСтат} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}^{исп3}} = \frac{4,35}{0,828} = 5,25.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}}.$$

Таблица 17 – Расчет сравнительной эффективности проекта

№	Показатели	НИ проект	ПДТ-СК	DLGK-WD101
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,763	1	0,828

Продолжение таблицы 17 – Расчет сравнительной эффективности проекта

№	Показатели	НИ проект	ПДТ-СК	DLGK- WD101
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,9	4,4	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	5,11	4,4	5,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,97	0,84	1

2.5 Выводы по разделу

В рамках данного раздела был проведен всесторонний SWOT-анализ проекта, включающий анализ сильных и слабых сторон проекта, а также возможностей и угроз, связанных с его реализацией. Этот анализ позволил получить полное представление о текущем состоянии и потенциале проекта.

Была проведена качественная оценка проекта с целью определения уровня соответствия требованиям и ожиданиям клиентов. Также была произведена оценка перспективности проекта, что позволило определить его потенциал для успешной реализации и дальнейшего развития.

Была проанализирована конкурентоспособность проекта, чтобы определить его преимущества и отличительные черты от других аналогичных решений на рынке. Это позволило выделить факторы, которые делают проект более привлекательным для потенциальных заказчиков и пользователей.

Было проведено планирование работ, в ходе которого были определены необходимые задачи и деятельности, а также распределены ответственные исполнители. Трудоемкость проекта была рассчитана с учетом временных ограничений и доступных ресурсов. Полученные результаты были представлены в виде диаграммы Ганта, что обеспечивает наглядное представление о хронологии и продолжительности работ.

Определение бюджета проекта было произведено с учетом всех необходимых затрат, включая заработные платы исполнителей с учетом страховых взносов и накладные расходы. Это обеспечивает финансовую прозрачность и контроль за расходами проекта.

Предварительная стоимость разработки проекта оценивается в 358 000 рублей, что является прогнозом на основе имеющейся информации и проведенного анализа. Окончательные затраты могут измениться в процессе реализации проекта и уточнения его деталей.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8Т92		ФИО Арьян Эдвард Варданович	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Программно-методическое обеспечение лабораторной работы «Система автоматического регулирования температуры на базе контроллера КРОСС»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <p>–Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>–Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Объект исследования:</i> лабораторный стенд «система автоматического регулирования температуры»</p> <p><i>Область применения:</i> автоматизация технологических процессов</p> <p><i>Рабочая зона:</i> учебная аудитория</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 8*6 м</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> лабораторный стенд «система автоматического регулирования температуры», контроллер КРОСС-500, средства автоматизации.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> регулирование температуры внутри тепловой камеры, управление исполнительным механизмом с помощью контроллера</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <p>–специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>–организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>– «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 01.03.2002 №197-ФЗ.</p> <p>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p> <p>– ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения».</p> <p>– ГОСТ EN 894-1-2012 Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 1. Общие руководящие принципы при взаимодействии оператора с индикаторами и органами управления</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <p>–Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Повышенный уровень электромагнитного</p>

	<p>излучения.</p> <p>2. Повышенный уровень общей вибрации.</p> <p>3. Повышенный уровень шума.</p> <p>Требуемые средства и индивидуальной защиты от выявленных факторов: средства индивидуальной защиты от термических ожогов.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</p>	<p>Воздействие на атмосферу, на гидросферу и селитебную зону отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: игнорирование процедуры утилизации лампы накаливания и комплектующих стенда в случае поломки.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>техногенного характера (пожар, взрыв);</p> <p>природного характера (землетрясение).</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар, взрыв.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Ароян Эдвард Варданович		

3 Социальная ответственность

3.1 Введение

В данной главе представлено описание вопросов, касающихся разработку лабораторного стенда «Система автоматического регулирования температуры» с точки зрения обеспечения безопасности на рабочем месте. В данном разделе приводятся нормативные акты и законы, которые определяют условия проведения экспериментов и соблюдения рабочего процесса, а также требования к организации рабочей зоны, обеспечению безопасности во время разработки и непосредственной эксплуатации разрабатываемого лабораторного стенда.

Кроме того, в данном разделе анализируются вопросы экологической безопасности, проводится изучение возможных аварийных ситуаций, определяется перечень действий для сотрудников в случае возникновения таких ситуаций, а также устанавливаются меры и инструкции, направленные на защиту здоровья студентов во время работы с указанным стендом.

Лабораторный стенд предназначен для изучения и практического освоения принципов и процессов автоматического регулирования температуры. Потенциальными пользователями разрабатываемого решения являются студенты, обучающиеся по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств». Местом выполнения проекта является учебная аудитория размерами 8×6 м², включающее в себя лабораторный стенд «система автоматического регулирования температуры», контроллер КРОСС-500, средства автоматизации. К осуществляемым рабочим процессам относятся регулирование температуры внутри тепловой камеры и управление исполнительным механизмом с помощью контроллера.

3.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте

Проведем оценку рабочего времени на стенде. Учитывая все указанные вредные и опасные факторы производства, примем работу на стенде как полноценную занятость. Таким образом, время работы на стенде регламентируется трудовым кодексом Российской Федерации (ТК РФ) [6]. Согласно статье 91 ТК РФ, общая продолжительность рабочей недели составляет 40 часов. Рабочее время должно быть равномерно распределено. Поэтому продолжительность рабочей смены не может превышать 8 часов при 5-дневной рабочей неделе или 7 часов при 6-дневной рабочей неделе. Кроме того, необходимо учесть, что в течение рабочего процесса должны быть предусмотрены перерывы продолжительностью 10-15 минут каждые 2 часа рабочего времени, а также один обеденный перерыв продолжительностью от 30 до 120 минут.

Большую часть времени работы с лабораторным стендом человек будет проводить сидя за компьютером, будучи оператором. Согласно "ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования" [7], необходимо обеспечить оператору рабочее место, которое соответствует определенным эргономическим стандартам и требованиям. Выполнение трудовых операций должно быть обеспечено в пределах зоны досягаемости моторного поля. Также согласно данному ГОСТ необходимо соблюдать требования к размещению средств отображения информации (монитору).

Согласно ГОСТ Р 50923-96 «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде» [8]. Методы измерения» необходимо обеспечить оператору следующие условия работы:

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

Дисплей на рабочем месте оператора должен располагаться так, чтобы изображение в любой его части было различимо без необходимости поднять или опустить голову.

Клавиатура должна иметь возможность свободного перемещения. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии от 100 до 300 мм от переднего края, обращенного к оператору, или на специальной регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Также в соответствии с ГОСТ EN 894-1-2012 «Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 1. Общие руководящие принципы при взаимодействии оператора с индикаторами и органами управления» [9] необходимо сделать так, чтобы система была управляемой оператором. Это означает, что система и ее компоненты в период, когда она подвержена непосредственному контролю оператора, должна вести оператора через задание. Оператор не должен попадать под влияние собственного ритма системы. Также система должна быть достаточно гибкой, чтобы можно было приспособиться к отличиям конкретных операторов, их общим физиологическим и психологическим способностям и обеспечивать возможность обучения.

3.2.1 Производственная безопасность

Для обеспечения безопасности на производстве необходимо более внимательно изучить возможные опасные и вредные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [10].

В соответствии с данным ГОСТ, опасные и вредные производственные факторы классифицируются в зависимости от их природы и воздействия на работников. Они могут быть различными, включая физические, химические, биологические и психофизиологические факторы. Физические факторы могут включать шум, вибрацию, ионизирующие и неионизирующие излучения, высокую или низкую температуру.

Выявленные опасные и вредные факторы, а также нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора лабораторного стенда «Система автоматического регулирования температуры»

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные факторы	
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека.	Требования к санитарно-гигиеническим условиям воздуха рабочей зоны, включая температурные параметры, которые могут оказывать воздействие на организм человека устанавливает ГОСТ Р 12.1.005-2017 "Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" [11].
Вредные факторы	
Повышенный уровень электромагнитных излучений	Требования к предельным значениям электромагнитных излучений устанавливаются СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [12].

Продолжение таблицы 18 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора лабораторного стенда «Система автоматического регулирования температуры»

<p>Повышенный уровень общей вибрации.</p>	<p>Требования к уровню общей вибрации устанавливает ГОСТ 12.1.012-2004 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования» [13]</p>
<p>Повышенный уровень шума</p>	<p>Требования к уровню шума устанавливает СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [14].</p>

3.2.2 Производственный фактор, связанный с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды

Производственный фактор, связанный с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека, возникает в результате нагрева тепловой камеры с помощью лампы накаливания. Наиболее вероятной травмой, которую работник может получить в результате воздействия данного фактора, является ожог, поэтому данный производственный фактор можно считать опасным.

В соответствии с ГОСТ Р 12.1.005-2017 "Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" максимально допустимая температура поверхности не должна превышать 50 °С. Лабораторная работа предполагает нагрев воздуха в тепловой камере выше данной отметки.

Для предотвращения влияния данного фактора необходимо использовать защитные перчатки во время работы с лабораторным стендом.

Материал перчаток должен быть теплостойким и обладать достаточной теплоизоляцией.

3.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Все электрооборудование генерирует электромагнитное излучение (ЭМИ), и важно осознавать, что пребывание в рабочей среде с повышенными значениями ЭМИ может иметь серьезные последствия для здоровья человека. Для предотвращения неврологических и сердечно-сосудистых заболеваний необходимо принимать меры по снижению риска ЭМИ.

Длительное воздействие электромагнитного излучения, особенно низкочастотного и микроволнового, может оказывать воздействие на нервную систему работников, вызывая головные боли, усталость, раздражительность, нарушения сна и другие неврологические симптомы.

При работе с лабораторным стендом необходимо программировать контроллер, поэтому работнику необходимо работать с компьютером. Наиболее значимыми источниками ЭМИ в компьютере являются монитор и системный блок.

Монитор компьютера создает электромагнитное излучение в диапазоне частот от 3 кГц до 400 кГц. Системный блок компьютера создает электромагнитное излучение с частотой 50 Гц. Это связано с частотой электрического сигнала в системе питания, которая обычно работает на стандартной частоте 50 Гц.

Необходимо соблюдать стандарт для обеспечения здоровья работника, указанный в нормативном документе СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Указанный документ нормирует предельно допустимые уровни напряженности электрического поля: при частоте 50 Гц 0.5 кВ/м для системного блока и 25 В/м при диапазоне частот 30-300 кГц.

Таким образом, монитор и системный блок компьютера, в целом, не представляют опасности для человека с точки зрения электромагнитных излучений. Современные мониторы и системные блоки, разработанные в соответствии со стандартами безопасности, обычно имеют электромагнитные излучения, которые находятся в пределах допустимых норм.

3.2.4 Повышенный уровень общей вибрации

Повышенный уровень вибрации может нанести вред здоровью человека. Он может привести к механическим повреждениям и травмам, вызывать боли и воспаления. Кроме того, вибрация может снизить работоспособность, вызвать утомляемость, снизить концентрацию и внимание. Длительное воздействие вибрации может повлиять на нервную систему, вызвать раздражительность, бессонницу и головные боли. Органы и системы организма также могут быть затронуты, что может привести к расстройствам пищеварения и нарушению кровообращения.

Причиной вибрации в ходе эксплуатации лабораторного стенда «Система автоматического регулирования температуры» является работа электродвигателя РД-09. Эта вибрация может быть вызвана несовершенствами в конструкции двигателя, дисбалансом или неравномерностью вращения его внутренних частей. Вибрация, создаваемая электродвигателем РД-09, может передаваться на окружающие объекты

Согласно нормативному документу ГОСТ 12.1.012-2004 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования» предельное среднеквадратичное значение виброускорения не должно превышать $0,1 \text{ м/с}^2$.

Исходя из вышесказанного и опираясь на субъективные ощущения, можно сделать заключение, что уровень общей вибрации на рабочем месте соответствует норме.

3.2.5 Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума на рабочем месте может иметь негативные последствия для работников. Это может привести к физическому и психологическому дискомфорту, а также оказывать влияние на здоровье и благополучие сотрудников. Постоянное подвержение шуму на рабочем месте может вызвать стресс, ухудшение концентрации и производительности, а также проблемы с общением и коммуникацией. Шум также может приводить к снижению качества сна, утомляемости и сонливости, что может негативно сказываться на работоспособности и безопасности работников.

Причиной вибрации в ходе эксплуатации лабораторного стенда «Система автоматического регулирования температуры» является работа электродвигателя РД-09 и вентилятор компьютера. При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте, согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" нормативным максимальным уровнем шума в аудиториях образовательных организаций является 55 дБ (п. 102).

Исходя из вышесказанного и опираясь на субъективные ощущения, можно сделать заключение, что уровень шума на рабочем месте соответствует норме.

3.3 Экологическая безопасность

В рамках выполнения проекта также необходимо рассмотреть вопрос экологической безопасности, а именно влияние разработанного стенда «Система автоматического регулирования температуры» на литосферу, атмосферу, гидросферу и селитебную зону.

На данном рабочем месте выявлен предполагаемый источник загрязнения окружающей среды, связанный с неправильной утилизацией ламп накаливания, что в результате может оказывать воздействие на

литосферу. При образовании отходов от поломки или выбраковки ламп накаливания происходит выделение опасных веществ, таких как ртуть или другие токсичные химические соединения. Вследствие неправильной утилизации таких ламп, отходы могут попадать на свалки или быть выброшены в природную среду, приводя к загрязнению литосферы.

Учитывая выявленный предполагаемый источник загрязнения, важно разработать и реализовать эффективные меры для правильной утилизации ламп накаливания на данном рабочем месте.

Отходы "Лампы накаливания, утратившие потребительские свойства" относятся к отходам V класса опасности и поэтому не могут нанести значительный ущерб окружающей среде, здоровью человека и животным. В связи с особенностями компонентного состава этот вид отходов является неопасным. Однако, несмотря на это, необходимо придерживаться правильной процедуры утилизации таких ламп. Утилизация ламп накаливания должна соответствовать ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» [15].

Также в случае поломки стенда необходимо провести утилизацию вышедших из строя компонентов в соответствии с их классом опасности с целью предотвращения негативных последствий для состояния литосферы.

3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

По характеру источников возникновения, ЧС классифицируются следующим образом.

- Природные;
- Техногенные;
- Экологические;
- Биолого-социального характера..

С учетом особенностей работы оператора за стендом «Система автоматического регулирования температуры», наиболее вероятным является возникновение пожара. Под пожаром понимается процесс горения, вышедший из-под контроля, вызванный возгоранием компьютерной техники, который может представлять угрозу для жизни и здоровья работников.

Причины возникновения пожара при работе с компьютером могут включать:

1. Короткое замыкание электрических цепей;
2. Дефекты в компьютерном оборудовании или электрических сетях;
3. Небрежное обращение оператора при работе с компьютером;
4. Перегрузка, которая может привести к возгоранию компьютера.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 "Пожарная безопасность. Общие требования" [16], при работе с компьютером необходимо соблюдать определенные нормы пожарной безопасности. Это включает в себя следующие меры:

Запрещается одновременно подключать к сети большее количество потребителей, чем допустимая нагрузка, чтобы предотвратить перегрузки сети.

Работы за компьютером должны проводиться только при исправном состоянии оборудования и электропроводки.

Необходимо иметь огнетушитель для тушения пожара.

Следует установить определенное количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов.

Необходимо обеспечить свободное беспрепятственное передвижение людей по эвакуационным путям.

В случае возникновения пожара необходимо соблюдать следующий план действий:

При возникновении пожара при работе с лабораторным стендом в аудитории следует следовать следующему плану действий:

1. Немедленно сообщить о пожаре, набрав номер пожарной службы "01". Указать адрес происшествия и свою фамилию.

2. Если возможно, попробовать потушить начальный огонь с помощью имеющихся средств пожаротушения, следуя инструкциям по их использованию. Однако, не стоит рисковать собственной безопасностью, и если пожар распространяется быстро или выходит из-под контроля, немедленно прекратите попытки его тушения и переходите к следующим шагам.

3. Уведомить присутствующих людей в помещении о пожаре, чтобы они могли приступить к эвакуации.

4. Включить сигнализацию пожарной тревоги, если такая имеется, чтобы предупредить других людей в здании.

5. Покинуть помещение по указанному в плане эвакуации пути. Если дым или огонь блокируют путь эвакуации, необходимо найти альтернативный путь или оставаться в безопасной зоне, где можно дожидаться помощи.

6. Если возможно, закрыть дверь помещения, где произошел пожар, чтобы ограничить его распространение.

7. В случае необходимости помочь другим людям, особенно если они затрудняются в эвакуации или нуждаются в помощи.

9. Подождать прибытия пожарной службы и предоставить им всю необходимую информацию о произошедшем пожаре.

В соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" необходимо присвоить возможному пожарному класс Е (пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под

напряжением), поскольку в аудитории расположен стенд и контроллером и другое электрооборудование.

3. 5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В результате работы по разделу «Социальная ответственность» были выявлены основные нормативные акты для обеспечения безопасности жизнедеятельности на рабочем месте. На основании нормативных документов были установлены необходимые параметры электромагнитного излучения, уровня вибрации, уровня шума на рабочем месте. Фактические значения описанных параметров соответствуют нормам.

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) [17] помещение соответствует категории «Помещение с повышенной опасностью», поскольку аудитория, в которой используется лабораторный стенд, является учебной аудиторией, где помимо этого есть также множество другого электрооборудования помимо самого лабораторного стенда.

В соответствии с Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок [18], необходимо присвоить персоналу I группа по электробезопасности как неэлектротехническому персоналу, поскольку в основном лабораторный стенд будет использован студентами. Группа I по электробезопасности присваивается после проведения инструктажа, который завершается проверкой знаний через устный опрос и, при необходимости, проверкой практических навыков безопасной работы и оказания первой помощи при поражении электрическим током.

Работа за лабораторным стендом не представляет значительной физической нагрузки или рисков для здоровья студентов, поэтому в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [19] необходимо определить ее как категорию с низкой степенью тяжести труда, а именно Ia.

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [20] помещение, в котором будет проводиться работа со стендом, относится к категории Г (умеренной пожароопасности), поскольку в данной аудитории объектами является электрооборудование, неправильное использование которого может стать источником искр или перегрева, что может привести к возгоранию горючих материалов вокруг.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (с изменениями на 7 октября 2021 года) [21], данный объект классифицируется как объект IV категории.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был создан лабораторный комплекс "Система автоматического регулирования температуры" на базе промышленного контроллера КРОСС-500. Этот лабораторный комплекс предназначен для обучения студентов основам программирования контроллеров в среде Isagraf, ознакомления с SCADA-пакетом MasterSCADA и развития навыков работы с системами автоматического регулирования температуры.

Были разработаны схема объекта управления, структурная схема лабораторного комплекса, функциональная схема, а также схема внешних соединений.

Было разработано программное обеспечение лабораторного стенда, а именно, создана программа автоматического регулирования температуры в среде ISaGRAF, а также программа визуализации процесса регулирования температуры в пакете MasterSCADA.

Было разработано методическое обеспечение лабораторного стенда. Созданные методические указания для двух лабораторных работ помогут студентам, обучающимся по специальности 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», в освоении курсов «Локальные системы управления» и «Автоматизированные информационно-управляющие системы».

В рамках выполнения разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ стоимости и эффективности проекта, а также проведена оценка безопасности и экологических аспектов данной работы.

Список литературы

1. Контроллер КРОСС-500. Руководство по эксплуатации. Система технологического программирования ISaGRAF.
2. О.С. Вадутов «Настройка типовых регуляторов по методу Циглера-Никольса»// методическое пособие, 2014
3. НТЦ Энерго-ресурс [Электронный ресурс]. URL: <https://en-res.ru/stati/scada.html> (дата обращения: 30.05.2023).
4. MasterSCADA [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MasterSCADA> (дата обращения: 30.05.2023).
5. Назначение OPC-сервера и его настройка [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/4243046/page:14/> (дата обращения: 30.05.2023).
6. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 1 марта 2022 года).
7. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
8. ГОСТ Р 50923-96. «Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения».
9. ГОСТ EN 894-1-2012 «Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 1. Общие руководящие принципы при взаимодействии оператора с индикаторами и органами управления».
10. ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
11. ГОСТ Р 12.1.005-2017 "Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".

12. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

13. ГОСТ 12.1.012-2004 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования» ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

14. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"ГОСТ 12.1.004-91 "Пожарная безопасность. Общие требования".

15. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов».

16. ГОСТ 12.1.004-91 "Пожарная безопасность. Общие требования".

17. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 1.1 Общая часть (Издание седьмое).

18. Приказ Минтруда России от 15 декабря 2020 г. №903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

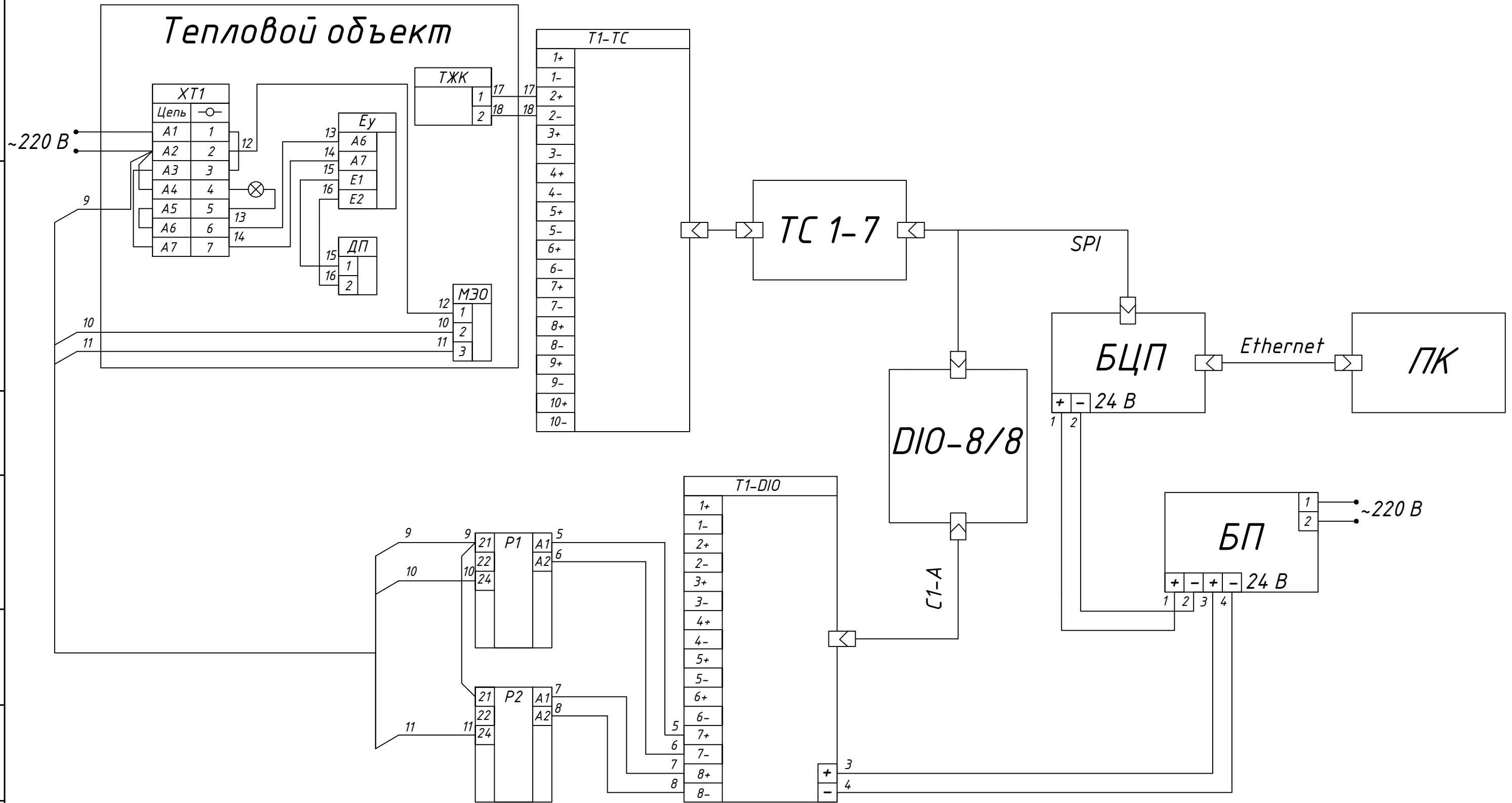
19. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

20. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

21. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (с изменениями на 7 октября 2021 года).

Приложение А
(обязательное)
Схема внешних соединений

Тепловой объект



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА.420609.01

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ароян Э.В.		
Пров.		Скороспешкин В.Н.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Схема внешних соединений

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	

ТПУ ИШИТР
Гр. 8Т92

**Приложение Б
(обязательное)
Методические указания «САР температуры на базе контроллера
КРОСС»**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШИТР

_____ А.С. Фадеев

« ___ » « _____ » 2023 г.

Э.В. Ароян

САР температуры на базе контроллера КРОСС

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Локальные системы управления» для студентов IV курса,
обучающихся по направлению 15.03.04
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Издательство

Томского политехнического университета

2023

УДК 681.5:62-533.65

Ароян Э.В.

Визуализация работы САР температуры в пакете MasterSCADA: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Автоматизированные информационно-управляющие системы для студентов IV курса, обучающихся по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Ароян Э.В.; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – 13 с.

УДК 681.5:62-533.65

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром отделения автоматизации и робототехники
« » 2023 г.

Руководитель отделения АИРТ ИШИТР

кандидат технических наук

_____ *А.А. Филипас*

Рецензент

Доцент отделения автоматизации и робототехники ТПУ, к.т.н. В.Н. Скороспешкин.

Содержание

Цель работы.....	2
1 Структурная и функциональная схемы лабораторного стенда.....	2
2 Описание программного пакета IsaGRAF.....	5
3 Программа регулирования температуры в среде IsaGRAF.....	6
4 Настройка регулятора.....	10
5 Задание на лабораторную работу.....	11
6 Методические указания по выполнению отдельных пунктов задания.....	11
7 Контрольные вопросы.....	12
8 Содержание отчета.....	13

Цель работы: знакомство с составом и принципом работы импульсной системы регулирования и получение практических навыков по реализации импульсных систем на примере системы автоматического регулирования температуры на базе контроллера КРОСС в среде ISaGRAF.

1 Структурная и функциональные схемы лабораторного стенда

На рисунке Б.1 представлена структурная схема лабораторного стенда.

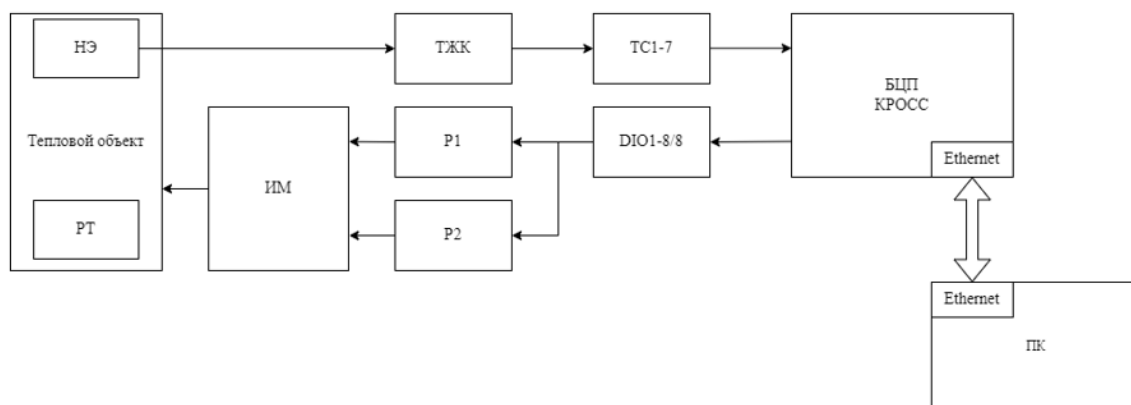


Рисунок Б.1 – Структурная схема лабораторного стенда

На рисунке использованы следующие обозначения:

НЭ – нагревательный элемент;

РТ – регулятор тока;

ИМ – исполнительный механизм;

ТЖК – термопара железо-константан;

P1, P2 – электромагнитные реле;

ТС1-7 – модуль ввода сигналов от термопар;

DIO1-8/8 – дискретный модуль ввода/вывода;

БЦП – блок центрального процессора;

ПК – персональный компьютер.

Лабораторный стенд обеспечивает регулирование температуры в тепловом объекте. В качестве теплового объекта используется тепловая камера, внутри которой размещен нагревательный элемент и термопара. В качестве нагревательного элемента используется лампа накаливания.

Изменение температуры осуществляется регулятором тока, который управляется однооборотным исполнительным механизмом.

Температура внутри камеры измеряется с помощью термопары ТЖК, сигнал которой поступает в терминальный блок Т1-ТС, затем на блок ввода/вывода сигналов с термопар и поступает в БЦП контроллера. В контроллере на основании функционального блока импульсного ПИД-регулятора и импульсного вывода формируется управляющее воздействие, которое представляет из себя два дискретных сигнала («больше» и «меньше»). Данные сигналы обеспечивают управление исполнительным механизмом, который в зависимости от знака ошибки обеспечивает увеличение или уменьшение тока, протекающего через нагревательный элемент.

Функциональная схема автоматизации представлена на рисунке Б.2

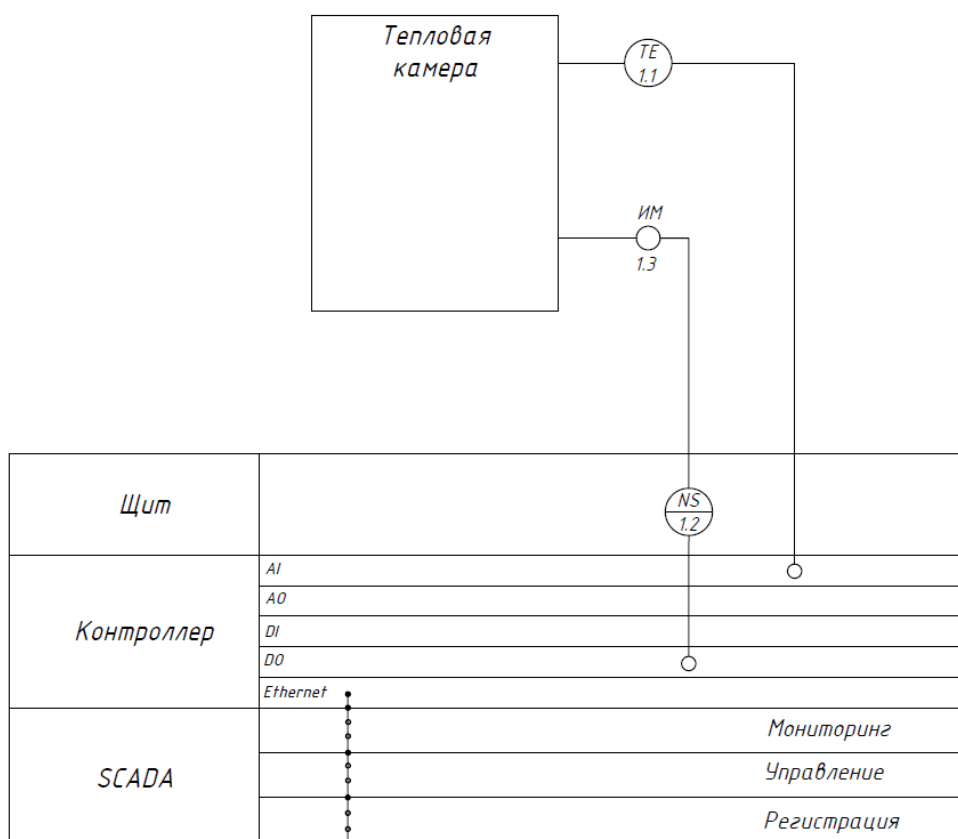


Рисунок Б.2 – Функциональная схема автоматизации лабораторного комплекса

Первичный преобразователь температуры TE 1.1, в качестве которого выступает термопара типа J (железо-константан), установлен непосредственно на тепловом объекте. Сигнал с термопары поступает на модуль аналогового ввода. На основании данного сигнала формируется импульсное управляющее воздействие, которое поступает на пусковую аппаратуру, имеющую обозначение NS и позицию 1.2.

Пусковая аппаратура обеспечивает управление исполнительным механизмом, в результате работы которого меняется ток, протекающий по нагревательному элементу, а, следовательно, и температура в тепловой камере.

2 Описание программного пакета IsaGRAF

ISaGRAF - это программное обеспечение для разработки и программирования промышленных контроллеров, которое предоставляет средства для создания надежных и высокопроизводительных систем автоматизации и управления производственными процессами.

Пакет ISaGRAF включает в себя инструменты для создания, отладки и развертывания программного обеспечения, которое может быть загружено и выполнено на промышленных контроллерах различных производителей, включая КРОСС.

Среда ISaGRAF предоставляет мощный и гибкий язык программирования, который основан на концепции "сетей функций". Сеть функций состоит из функциональных блоков, которые выполняют определенные операции, и соединений между ними, которые определяют поток данных между блоками.

ISaGRAF также включает в себя набор готовых функциональных блоков для обработки сигналов, ввода-вывода, математических операций, обеспечения для промышленных контроллеров, который позволяет создавать надежные и эффективные системы автоматизации и управления производственными процессами. ISaGRAF также обладает хорошей

масштабируемостью, что означает, что она может быть использована для разработки программного обеспечения для контроллеров различных мощностей и производительности.

ISaGRAF также поддерживает программирование с помощью функциональных блоков (FBD) (перечислить языки указать какой используется), которые представляют собой графический язык программирования, основанный на блоках и линиях, которые соединяют блоки. Основными функциями и инструментами ISaGRAF для программирования с помощью FBD являются:

1. Библиотека функциональных блоков: ISaGRAF поставляется со встроенной библиотекой функциональных блоков, которые предоставляют готовые функциональные блоки для реализации различных операций, таких как математические вычисления, логические операции, обработка сигналов и другие.

2. Создание пользовательских функциональных блоков: ISaGRAF позволяет создавать пользовательские функциональные блоки, которые могут быть использованы в различных проектах. Это позволяет повторно использовать уже написанный код и ускоряет процесс разработки новых проектов.

3. Графический интерфейс: Графический интерфейс ISaGRAF позволяет удобно создавать, отлаживать и тестировать функциональные блоки. Интерфейс включает в себя различные инструменты, такие как визуальный редактор функциональных блоков, таблицы привязок ввода-вывода, редактор функций и другие.

4. Поддержка различных платформ: ISaGRAF поддерживает различные платформы и операционные системы, включая Windows и Linux. Это делает ее удобным инструментом.

3 Программа регулирования температуры в среде ISaGRAF

На рисунке Б.3 изображена программа регулирования температуры в среде ISaGRAF.

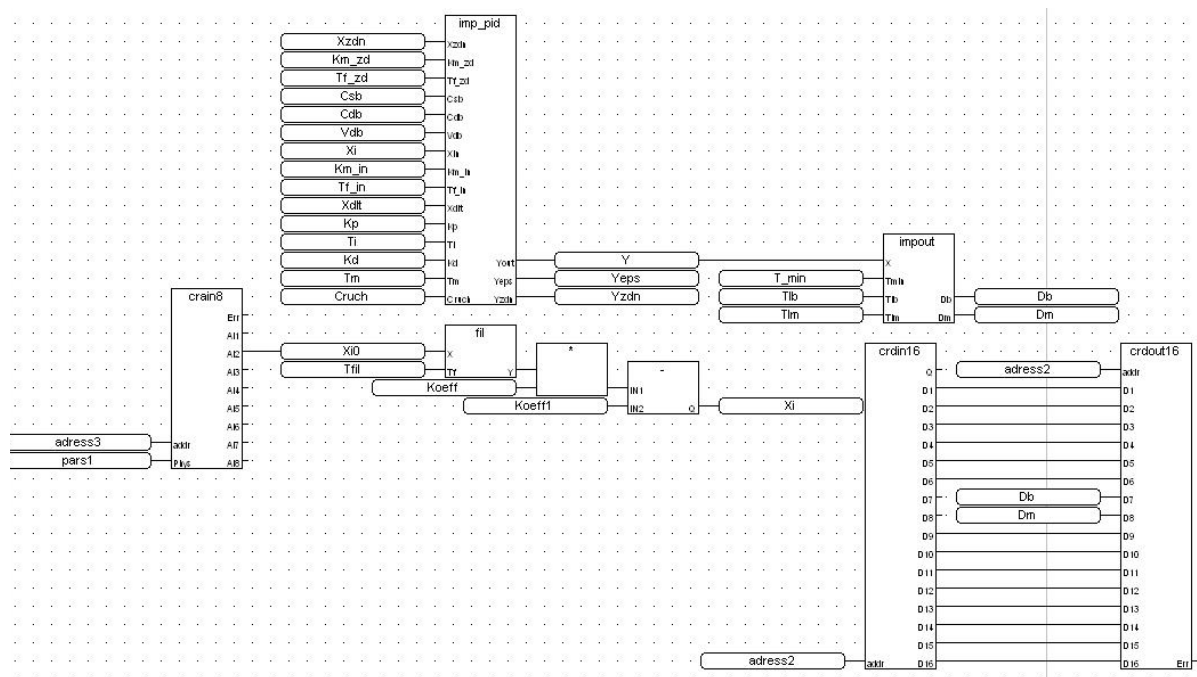


Рисунок Б.3 – Программа регулирования температуры в среде IsaGRAF

Ниже представлено описание наиболее важных функциональных блоков, используемых в программе:

Crain8 – блок аналогового ввода сигналов

Данный блок является функциональным блоком аналогового ввода сигнала в пакете программ IsaGRAF. Он представляет собой устройство, которое позволяет считывать аналоговый сигнал с определенного устройства (например, датчика температуры) и преобразовывать его в цифровой формат, который может быть обработан контроллером или другими блоками программы. "Crain8" может обрабатывать до 8 аналоговых сигналов одновременно, что позволяет считывать данные с нескольких устройств одновременно и использовать их для управления процессами автоматизации.

Crdin16 – блок дискретного ввода сигналов

Данный блок является функциональным блоком дискретного ввода сигналов в пакете программ IsaGRAF. Он используется для считывания

цифровых сигналов, которые могут принимать только два значения: "True" и "False". Эти сигналы могут поступать от различных датчиков и переключателей.

Crkout16 – блок дискретного вывода сигналов

Данный блок является функциональным блоком дискретного вывода сигналов в пакете программ IsaGRAF. Он используется для управления внешними устройствами, которые могут принимать цифровые сигналы, например, светодиодные индикаторы, реле, электромагнитные клапаны и другие устройства.

Блок "CRDOUT16" может управлять до 16 выходами одновременно, что позволяет контролировать работу нескольких устройств.

Imp_pid – импульсный ПИД-регулятор

Импульсный ПИД-регулятор применяется в системах автоматического регулирования, в которых используется исполнительный механизм постоянной скорости. В среде ISagraf совместно с данным блоком используется функциональный блок импульсного вывода, который преобразует аналоговый сигнал импульсного ПИД-регулятора в дискретные сигналы в зависимости от величины и знака сигнала.

Основное отличие импульсного PID-регулятора заключается в том, что управляющий сигнал формируется в виде последовательности импульсов, каждый из которых имеет фиксированную длительность. Эти импульсы передаются системе управления вместо непрерывного сигнала, как в случае с аналоговым PID-регулятором.

Impout – импульсный вывод

Данный функциональный блок используется при построении систем автоматического регулирования с импульсным ПИД-регулятором.

Функциональный блок импульсного вывода преобразует выходной сигнал, сформированный алгоритмами контроллера (включая алгоритм импульсного регулирования), в последовательность импульсов с переменной

шириной импульсов. Затем он генерирует дискретные сигналы на двух выходах: выходе "больше" (Db) и выходе "меньше" (Dm).

4 Настройка регулятора

ПИД-регулятор является одним из наиболее распространенных типов регуляторов, используемых для поддержания заданного значения выходной величины в системах автоматического управления. Он состоит из трех компонентов: пропорциональной, интегральной и дифференциальной.

Настройка ПИД-регулятора - это процесс определения оптимальных значений его компонентов, чтобы система регулирования работала с наилучшей точностью и эффективностью. Корректная настройка ПИД-регулятора является важным шагом в создании системы автоматического управления и позволяет обеспечить точное и быстрое реагирование на изменения входного сигнала. При некорректной настройке регулятора, система может проявлять нестабильность, то есть колебания выходного сигнала вокруг установившегося значения, а также существенное запаздывание при реагировании на изменения входного сигнала. Это может привести к значительному снижению качества управления объектом, а также ухудшению его эксплуатационных характеристик, например, сокращению срока службы или нарушению технологических процессов. Поэтому настройка ПИД-регулятора является критически важным этапом при создании систем автоматического управления.

Существует несколько методов настройки ПИД-регулятора, которые могут быть использованы в различных условиях и при разных требованиях к точности регулирования. Перечислим некоторые из них.

Экспериментальные методы настройки регулятора

При использовании экспериментальных методов настройки регулятора, основным принципом является получение данных о поведении системы при различных управляющих воздействиях и анализ полученных результатов для определения оптимальных параметров регулятора. Один из преимуществ

этого метода заключается в том, что он может быть применен к различным типам систем управления без необходимости знания их математических моделей. Кроме того, экспериментальные методы настройки обычно дают более точные настройки, поскольку учитывают реальные условия эксплуатации системы.

Недостатком экспериментальных методов является необходимость проведения большого числа экспериментов для получения достаточного количества данных, что может занять много времени и ресурсов. Кроме того, этот метод не может учитывать все возможные факторы, влияющие на работу системы, что может привести к неоптимальным настройкам.

Таким образом, экспериментальные методы настройки регулятора могут быть полезны в промышленных системах управления, особенно при отсутствии точной математической модели системы. Однако, при использовании этого метода следует учитывать ограничения по времени и ресурсам, а также возможные ограничения в поведении системы.

Метод Циглера-Никольса

Метод Циглера-Никольса – это классический метод настройки регуляторов в системах управления. Существует 2 варианта данного метода.

В первом варианте метода используются запасы устойчивости для настройки системы управления. Сначала проводится эксперимент, где система состоит из пропорционального регулятора (П-регулятора) и объекта управления. Коэффициент пропорциональности регулятора постепенно увеличивается до тех пор, пока система не достигнет границы устойчивости и начнет колебаться с постоянной амплитудой. Значение этого коэффициента при границе устойчивости фиксируется как k_n^* . Затем измеряется период колебаний (T^*) системы при этом значении коэффициента. Затем коэффициенты настройки ПИД-регулятора рассчитываются по формулам, приведенным в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Настройка регулятора по первому варианту метода Циглера-Никольса

	$k_{\text{п}}$	$k_{\text{и}}$	$k_{\text{д}}$
П-регулятор	$0,50k_{\text{п}}^*$		
ПИ-регулятор	$0,45k_{\text{п}}^*$	$0,54k_{\text{п}}^*/T^*$	
ПИД-регулятор	$0,60k_{\text{п}}^*$	$1,2k_{\text{п}}^*/T^*$	$0,075k_{\text{п}}^*T^*$

Во втором варианте метода Циглера-Никольса используется анализ реакции объекта управления на ступенчатое изменение входного сигнала. Эта реакция называется кривой разгона. Объекты управления с апериодической кривой разгона могут быть представлены в виде последовательного соединения апериодических и запаздывающего звеньев (Рисунок Б.4).

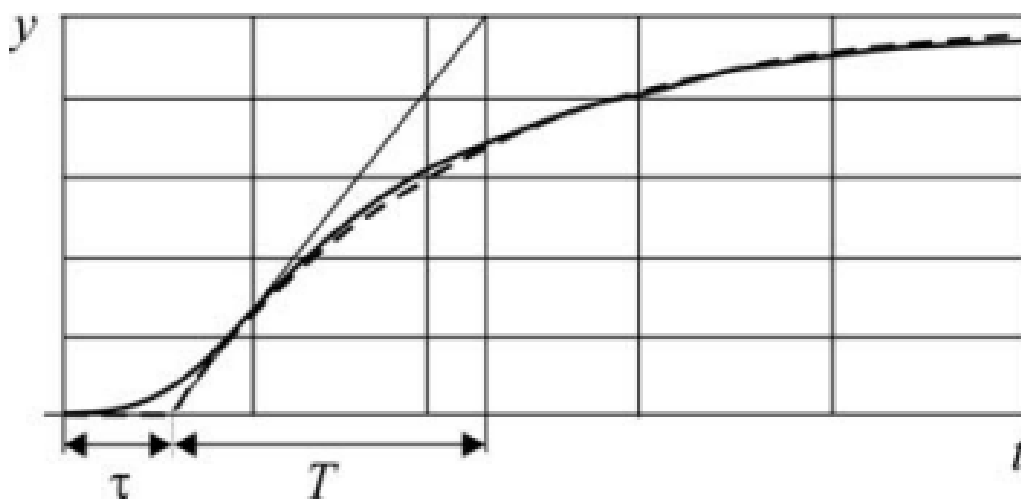


Рисунок Б.4 – Реакция объекта управления на ступенчатое воздействие
В таком случае передаточная функция объекта управления будет иметь вид:

$$W(s) = \frac{k}{Ts + 1} e^{-\tau s},$$

где k – коэффициент передачи, T – постоянная времени, τ – время запаздывания.

Когда найдена передаточная функция объекта управления, коэффициенты ПИД-регулятора могут быть определены по формулам, приведенным в таблице Б.2.

Таблица Б.2 – Настройка регулятора по второму варианту метода Циглера-Никольса

	k_n	k_u	k_d
П-регулятор	$T/k\tau$		
ПИ-регулятор	$0,9 T/k\tau$	$0,3T/k\tau^2$	
ПИД-регулятор	$1,2T/k\tau$	$0,6T/k\tau^2$	$0,6T/k$

Необходимо отметить, что данный метод будет эффективным, если выполняется соотношение $0,15 < \tau/T < 0,6$.

В рамках данной лабораторной работы необходимо воспользоваться вторым вариантом метода Циглера-Никольса, поскольку для использования первого варианта требуется проводить моделирование системы, а в данном случае достаточно снять кривую разгона.

5 Задание на лабораторную работу

1. Изучить методические указания по выполнению лабораторной работы.

2. На основании программы, приведенной в разделе 3, составить программу, обеспечивающую ввод сигнала с термопары, фильтрацию, масштабирование и импульсное регулирование.

3. Добавить в программу проверку достоверности информации. Необходимо учесть следующие пункты:

3.1. Проверка достоверности информации по возможному верхнему и нижнему пределу температуры.

3.2. Проверка достоверности информации по скорости изменения сигнала.

4. Загрузить программу в контроллер и снять кривую разгона объекта управления. Для этого необходимо перевести систему в режим ручного регулирования. Установите вал исполнительного механизма таким образом, чтобы яркость лампы была равна примерно половине от максимального значения. Затем необходимо записывать значение температуры раз в 10 секунд.

5. Построить график кривой разгона и определить по нему коэффициент передачи k , постоянную времени T и время запаздывания τ .

6. Рассчитать оптимальные параметры настройки регулятора на основании метода, приведенного в разделе 4. В случае необходимости произвести дополнительную подстройку параметров регулятора.

7. Проанализировать работу системы с использованием регулятора с оптимальными параметрами настройки.

8. Оформить отчет по лабораторной работе

6 Методические указания по выполнению отдельных пунктов задания

Создайте новый файл в ISaGRAF, выберите графический язык программирования FBD. Создайте программу согласно разделу 3. Опишите переменные в словаре, выполните проверку программы и создайте код приложения. Если возникли ошибки в ходе данных действий, необходимо их исправить согласно отчету программы об ошибках. В случае отсутствия ошибок, загрузите программу в контроллер.

Если возникнут вопросы, можно воспользоваться справкой, нажав кнопку "Справка" в соответствующем меню ISaGRAF.

В случае, если система управления, настроенная с использованием метода Циглера-Никольса, не достигает требуемых результатов или требуется дополнительная настройка ее параметров, можно провести дополнительные корректировки регулятора. Для дополнительной настройки параметров регулятора рекомендуется провести итеративный процесс, где

вносятся изменения в один параметр за раз, а затем анализируются результаты и проводится оценка системы. Оценка может включать анализ переходных процессов, устойчивости системы и требуемых характеристик системы управления. Важно учитывать, что дополнительная подстройка параметров регулятора требует аккуратности и опыта, и может потребоваться проведение нескольких итераций для достижения желаемых результатов.

7 Контрольные вопросы

1. Какие параметры объекта управления могут быть определены из кривой разгона, и как они могут быть использованы при настройке регулятора?

2. Какие основные преимущества и недостатки имеет использование ПИД-регулятора для автоматического регулирования температуры?

3. Какие компоненты входят в систему автоматического регулирования температуры?

4. Как оценить качество управления в системе автоматического регулирования температуры?

5. Какие типы датчиков температуры могут быть использованы для измерения температуры, и как они отличаются по принципу действия?

8 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.

2. Программа регулирования температуры, включающая в себя фильтрацию, масштабирование, проверку достоверности информации, и импульсное регулирование.

3. Табличные данные, полученные в результате эксперимента, и график переходного процесса, который был построен на основе этих данных.

4. Результаты определения настроек регулятора.

5. Анализ качества регулирования температуры.

6. Ответы на контрольные вопросы.

**Приложение В
(обязательное)
Методические указания «Визуализация работы САР температуры в
пакете MasterSCADA»**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШИТР

_____ А.С. Фадеев

«___» «_____» 2023 г.

Э.В. Ароян

Визуализация работы САР температуры в пакете MasterSCADA

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Автоматизированные информационно-управляющие
системы» для студентов IV курса, обучающихся по направлению 15.03.04
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Издательство

Томского политехнического университета

2023

УДК 681.5:62-533.65

Ароян Э.В.

Визуализация работы САР температуры в пакете MasterSCADA: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Автоматизированные информационно-управляющие системы для студентов IV курса, обучающихся по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Ароян Э.В.; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – 18 с.

УДК 681.5:62-533.65

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром отделения автоматизации и робототехники « » 2023 г.

Руководитель отделения АИРТ ИШИТР

кандидат технических наук

_____ *А.А. Филипас*

Рецензент

Доцент отделения автоматизации и робототехники ТПУ, к.т.н. В.Н.

Скороспешкин

Содержание

1 Назначение SCADA-систем, виды SCADA-систем.....	4
2 Отличительные особенности пакета программ MasterScada.....	6
3 Лабораторный комплекс управления тепловым объектом	8
4 Настройка OPC – сервера.....	10
5 Методика создания программы визуализации САР температуры в пакете MasterScada.....	11
5.1 Создание проекта.....	11
5.2 Создание мнемосхемы.....	13
6 Создание Тренда.....	14
7 Создание главного окна «Главная мнемосхема».....	16
8 Задание на лабораторную работу.....	18
9 Методические указания по выполнению отдельных пунктов задания	18
10 Контрольные вопросы.....	18
11 Содержание отчета.....	19

Цель работы: Получение навыков использования пакета Master SCADA для разработки программ визуализации процессов контроля, регулирования и сигнализации.

1 Назначение SCADA-систем, виды SCADA-систем

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) - система наблюдения и управления сбором данных - это комплексное программно-техническое решение, разработанное для мониторинга, управления и контроля различных технических процессов в промышленности, энергетике, транспорте и других сферах.

Основное назначение SCADA-системы заключается в сборе, обработке, визуализации и анализе данных, получаемых из различных источников, таких как датчики, счетчики, устройства управления и другие оборудования. SCADA-системы предоставляют операторам и инженерам централизованный доступ к информации о состоянии и процессах, происходящих на объектах автоматизации.

SCADA-системы предлагают мощные инструменты для мониторинга и управления технологическими процессами. Они позволяют операторам наблюдать и контролировать работу системы в режиме реального времени, а также проводить анализ данных для оптимизации производственных процессов и принятия взвешенных управленческих решений.

Назначение SCADA-систем расширяется на следующие области:

1. Мониторинг и управление производственными процессами. SCADA-системы позволяют операторам следить за работой различных оборудования, контролировать параметры процессов и реагировать на отклонения в режиме реального времени. Они обеспечивают эффективное управление операциями, повышают производительность и качество продукции, а также снижают вероятность аварий и простоев.

2. Сбор и анализ данных. SCADA-системы аккумулируют и анализируют данные, полученные из различных источников, чтобы предоставить операторам и инженерам ценную информацию для принятия решений. Они предлагают графическую визуализацию данных, создают отчеты и графики, проводят анализ трендов и статистики, что позволяет выявить проблемы, оптимизировать работу и предугадать возможные сбои.

3. Управление ресурсами и энергоэффективность. SCADA-системы помогают контролировать и оптимизировать использование ресурсов. Они позволяют отслеживать и анализировать потребление ресурсов, выявлять неэффективные зоны или процессы и предлагать рекомендации по их оптимизации. Это способствует сокращению затрат на энергию и ресурсы, повышению энергоэффективности и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

4. Безопасность и аварийное реагирование. SCADA-системы имеют важное значение для обеспечения безопасности в промышленных объектах. Они предоставляют операторам возможность наблюдать за работой оборудования, обнаруживать возможные проблемы и аварийные ситуации, а также принимать незамедлительные меры по их устранению. SCADA-системы также интегрируются с системами безопасности, позволяя оперативно реагировать на угрозы и обеспечивать безопасность персонала и объектов.

5. Удаленное управление и мониторинг. SCADA-системы предоставляют возможность удаленного управления и мониторинга объектов. Операторы и инженеры могут осуществлять контроль и управление системой из любой удаленной точки через интернет или сеть связи. Это облегчает управление распределенными объектами, позволяет оперативно реагировать на изменения и проблемы, а также сокращает необходимость присутствия на месте.

В целом, назначение SCADA-систем заключается в обеспечении централизованного контроля, управления и анализа данных в различных сферах промышленности и инфраструктуры. Они улучшают эффективность работы, обеспечивают безопасность, повышают производительность и способствуют принятию обоснованных решений на основе актуальной информации. SCADA-системы являются важным инструментом для современного управления технологическими процессами и обеспечения конкурентоспособности предприятий.

Существует множество различных SCADA-систем, которые используются в различных отраслях промышленности для мониторинга и управления производственными процессами. Каждая SCADA-система имеет свои уникальные особенности, которые соответствуют потребностям конкретных отраслей промышленности и конкретных предприятий. Существуют SCADA-системы, разработанные зарубежными производителями (Wonderware InTouch, Siemens WinCC, Inductive Automation Ignition, Schneider Electric Vijeo Citect), а также программные пакеты Российских разработчиков, например, MasterSCADA, TRACE MODE, Proxima, iRidium и другие.

В рамках данной лабораторной работы предлагается использование программного пакета MasterSCADA.

2 Отличительные особенности пакета программ MasterScada

MasterScada - это современный SCADA-пакет, представляющий собой комплексное программное обеспечение для разработки и управления системами автоматизации и управления технологическими процессами (АСУТП). Он является мощным инструментом, объединяющим различные методы и средства, которые позволяют значительно сократить трудозатраты и повысить надежность системы.

MasterScada обладает всеми основными функциями SCADA-системы. Он базируется на клиент-серверной архитектуре и может работать как в

локальных сетях, так и в Интернете. Пакет использует стандарты OPC (объектно-ориентированная реализация системы) для приема и передачи данных и сообщений, что обеспечивает совместимость и интеграцию с другими программами и системами.

Основные преимущества MasterScada включают:

1) Единая среда разработки АСУТП: MasterScada предоставляет удобную и интуитивно понятную среду для разработки систем автоматизации. Он объединяет в себе все необходимые инструменты и возможности для проектирования, конфигурирования и настройки системы.

2) Раздельное конфигурирование структуры АСУТП и логической структуры объекта: MasterScada позволяет разделить настройку структуры системы и структуры объектов, что облегчает процесс конфигурирования и повышает гибкость системы.

3) Открытость и следование стандартам: Пакет поддерживает все основные стандарты (XML, HTML, ODBC, OLE, COM/DCOM, ActiveX и т.д.), что обеспечивает возможности интеграции с внешними программами и системами.

4) Интуитивная легкость освоения: MasterScada предлагает удобный и интуитивно понятный интерфейс, который облегчает работу с пакетом. Он предоставляет удобный инструментарий и методику разработки, а также поддерживает мощную трехмерную графику и мультимедиа, что обеспечивает удобство и эффективность работы.

5) Объектный подход: MasterScada основан на объектно-ориентированном подходе, что позволяет описывать объекты и их свойства в виде отдельных элементов, обеспечивая гибкость и удобство управления системой.

Одним из важных аспектов MasterScada является его пользовательский интерфейс, который основан на концепции "все в одном". Это означает, что все модули расширения интегрированы в одну общую оболочку, что

позволяет оператору работать с простым и удобным единым интерфейсом программы. Включая древовидный проект, палитру библиотечных элементов, окно редактирования документов и свойств, позволяя легко настраивать и управлять системой.

MasterScada также предоставляет различные инструменты и возможности, такие как обработка данных, создание сценариев наступления событий, схемы и мнемосхемы, тренды, сообщения и рапорты, архивирование данных, обмен данными по сети, ограничение прав доступа и контроль действий оператора.

В целом, MasterScada представляет собой мощный и гибкий SCADA-пакет, который облегчает разработку и управление системами автоматизации и управления технологическими процессами, обеспечивая эффективность, надежность и гибкость.

3 Лабораторный комплекс управления тепловым объектом

Структурная схема системы управления тепловым объектом представлена на рисунке В.1.

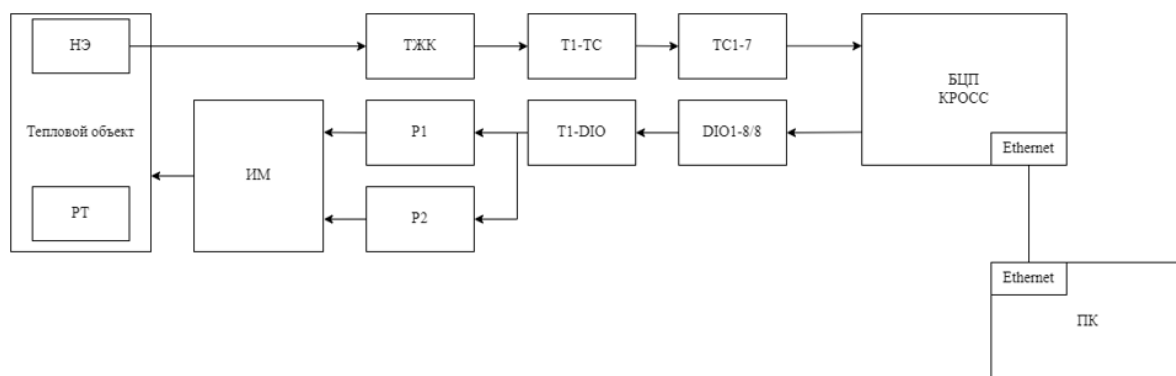


Рисунок В.1 – Структурная схема лабораторного комплекса

На рисунке использованы следующие обозначения:

НЭ – нагревательный элемент;

РТ – регулятор тока;

ИМ – исполнительный механизм;

ТЖК – термопара железо-константан;

P1, P2 – электромагнитные реле;

ТС1-7 – модуль ввода сигналов от термопар;

ДИО1-8/8 – дискретный модуль ввода/вывода;

БЦП – блок центрального процессора;

ПК – персональный компьютер.

Лабораторный стенд обеспечивает регулирование температуры в тепловом объекте. В качестве теплового объекта используется тепловая камера, внутри которой размещен нагревательный элемент и термопара. В качестве нагревательного элемента используется лампа накаливания. Изменение температуры осуществляется регулятором тока, который управляется однооборотным исполнительным механизмом.

Температура внутри камеры измеряется с помощью термопары ТЖК, сигнал которой поступает в терминальный блок Т1-ТС, затем на блок ввода/вывода сигналов с термопар и поступает в БЦП контроллера. В контроллере на основании функционального блока импульсного ПИД-регулятора и импульсного вывода формируется управляющее воздействие, которое представляет из себя два дискретных сигнала («больше» и «меньше»). Данные сигналы обеспечивают управление исполнительным механизмом, который в зависимости от знака ошибки обеспечивает увеличение или уменьшение тока, протекающего через нагревательный элемент.

Функциональная схема автоматизации представлена на рисунке В.2.

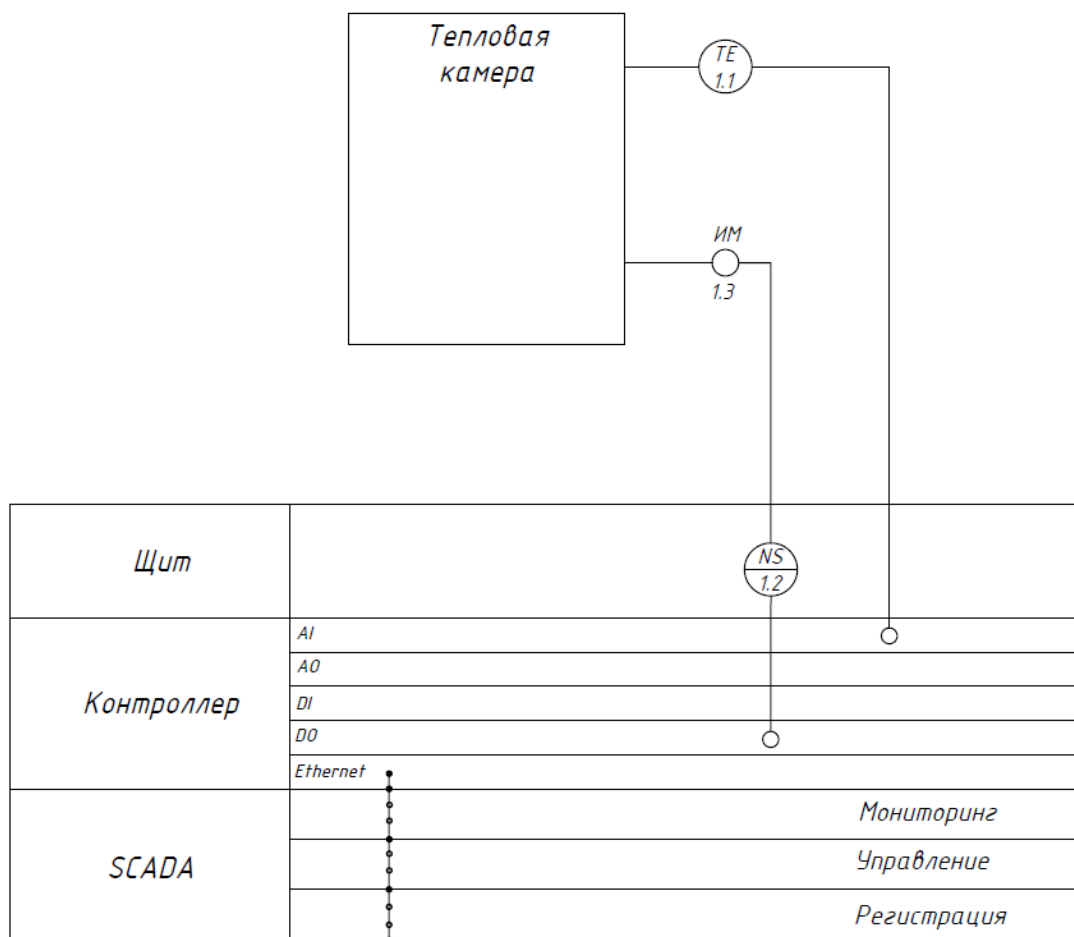


Рисунок В.2 – Функциональная схема автоматизации лабораторного комплекса

Первичный преобразователь температуры ТЕ 1.1, в качестве которого выступает термопара типа J (железо-константан), установлен непосредственно на тепловом объекте. Сигнал с термопары поступает на модуль аналогового ввода. На основании данного сигнала формируется импульсное управляющее воздействие, которое поступает на пусковую аппаратуру, имеющую обозначение NS и позицию 1.2.

Пусковая аппаратура обеспечивает управление исполнительным механизмом, в результате работы которого меняется ток, протекающий по нагревательному элементу, а следовательно, и температура в тепловой камере.

4 Настройка OPC - сервера

OPC-сервер (OPC Server) - это специальная программа, которая играет роль посредника между устройствами или системами и другими программами, такими как SCADA-системы. Его основная задача - получать данные от устройств или систем в их внутреннем формате и преобразовывать их в стандартный формат OPC (OLE for Process Control). Этот стандартный формат позволяет другим программам, называемым OPC-клиентами, получать доступ к данным и использовать их для мониторинга и управления процессами.

OPC-сервер, предназначенный для работы с контроллерами, включая контроллер КРОСС-500, позволяет обмениваться данными между программой, которую использует пользователь для работы с контроллером, и SCADA-системами. Это обеспечивает передачу информации о состоянии контроллера и его параметрах между различными программами для эффективного контроля и управления процессами в автоматизированной системе.

Для настройки OPC-сервера используется файл `crossopc.ini`, который находится в каталоге установки сервера. В этом файле можно задать различные параметры и настройки, которые определяют поведение OPC-сервера и способ взаимодействия с контроллером КРОСС-500 и SCADA-системами. Редактирование этого файла позволяет пользователю настроить работу OPC-сервера согласно своим потребностям и требованиям системы.

Основными информативными элементами являются канал связи и указание места нахождения программы, по которой работает контроллер. На рисунке В.3 представлен пример настройки OPC-сервера.

```

crossopc.ini - Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка

# пример конфигурационного файла OPC-сервера
# строка начинающаяся с '#' - комментарий

[server]
# частота обновления OPC групп, ms
scanrate=100

# Выбираем SCADA-систему citect
citect=1

# уровень детализации лога 0 - не записывать ничего, 4 записывать все сообщения
loglevel=4

# здесь описываются сетевые каналы
[connections]
# пример соединения по протоколу TCP/IP
# указан протокол udp, IP адрес и порт

connection1=udp,192.168.0.2,5066

# здесь описываются контроллеры

[targets] #Определение целевой задачи

t1=connection1,1,"C:\isawin\APL\pidFBD\apli.tst"

```

Рисунок В.3 – Настройка OPC-сервера

Секция [targets] содержит определения задач (targets). Задача - это исполняемая система ISaGRAF, работающая на контроллере. Контроллер может иметь несколько запущенных задач одновременно, но стандартная версия поддерживает только одну задачу ISaGRAF с логическим номером 1.

Формат:

<targetname>=<connection_name>,<logical_num>,"< appli.tst >".

Таблица Б.1 – Параметры настройки OPC-сервера

<target_name>	имя целевой задачи
<connection_name>	имя подключения, определенное в секции [connections]
<logical_num >	логический номер задачи, обычно 1
<appli.tst >	путь к файлу appli.tst, который содержит определения переменных целевой задачи ISaGRAF

Например, в последней строке указан путь к файлу, в котором содержатся определения переменных программы ISaGRAF. Отсутствие # в

начале строки значит, что будут определены переменные только необходимой программы.

5 Методика создания программы визуализации САР температуры в пакете MasterScada

Любая программа визуализации использует переменные технологической программы пользователя контроллера КРОСС, т.е. переменные SCADA-системы ссылаются на переменные ISaGRAF. При этом связь переменных осуществляется через OPC сервер, предназначенный для сопряжения ISaGRAF с MasterScada. Поэтому перед началом создания программы визуализации необходимо настроить и запустить OPC – сервер. Методика настройки OPC-сервера описана в разделе 4.

5.1 Создание проекта

Запустите программу MasterScada (ПУСК/ВСЕ ПРОГРАММЫ/MasterScada/MasterScada). В результате появится окно «Создание проекта» (рис. В.4), в котором введете имя своего проекта. Затем введете пароль доступа к вашему проекту (рис. В.5). Если ничего не ввести, то при новом запуске ваш проект не будет требовать пароль. **При выполнении данной работы установка пароля не рекомендуется.**

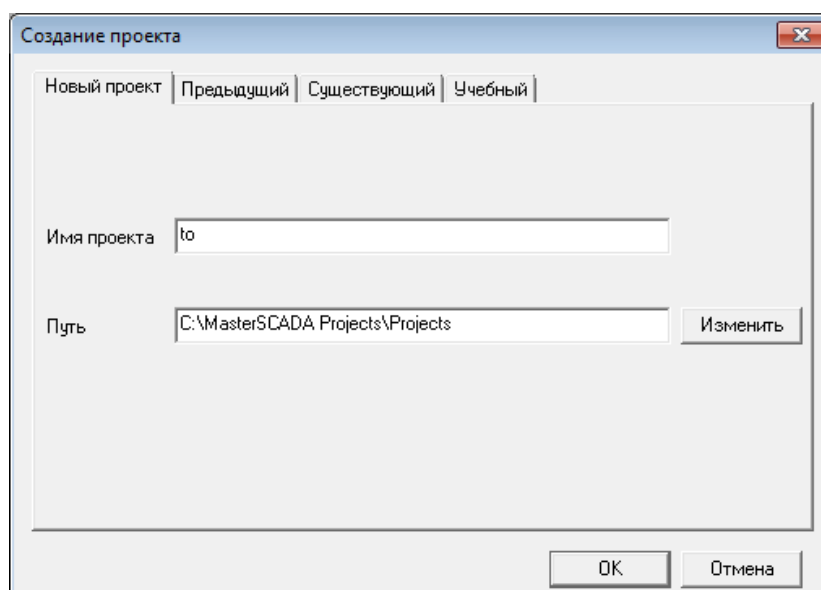


Рисунок В.4 – Окно создания проекта

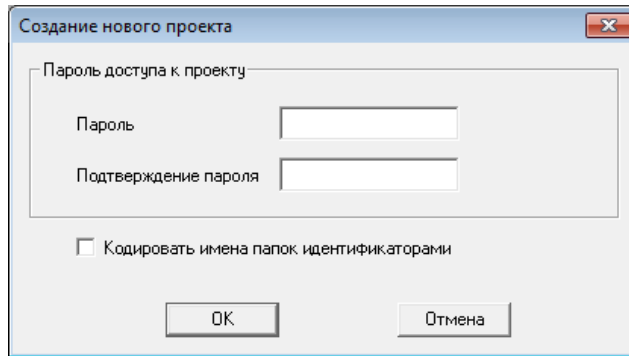


Рисунок В.5 – Окно установления пароля

В итоге появится окно проекта (рис. В.6).

Окно проекта в MasterSCADA - это рабочее окно, которое отображает информацию о текущем проекте, в котором вы работаете. В этом окне вы можете создавать, редактировать и удалять элементы проекта, такие как теги, экранные формы, графики, тренды, алгоритмы и т.д. Окно проекта в MasterSCADA предоставляет удобный и интуитивно понятный интерфейс для управления проектом и его элементами, что делает создание и редактирование SCADA-проектов более эффективным и удобным.

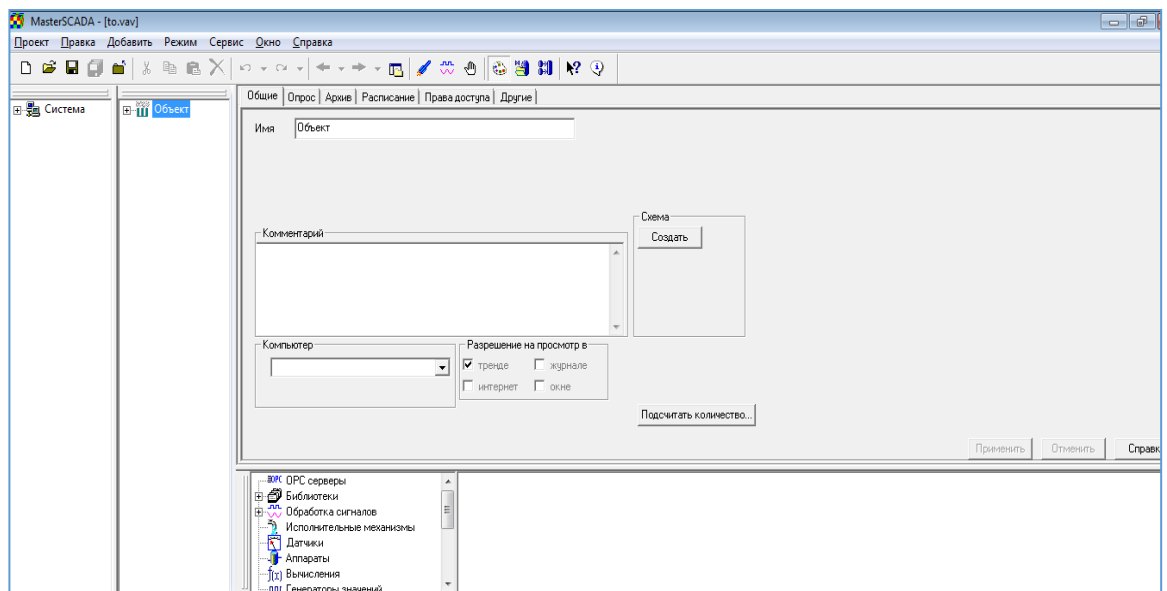


Рисунок В.6 – Окно проекта

5.2 Создание мнемосхемы

Для создания графической части проекта необходимо работать с деревом объектов, которое содержит объекты, переменные, группы переменных и функциональные элементы. Основным объектом является лабораторный комплекс, который включает в себя объект. Последний состоит из основных компонентов управления тепловым объектом, как показано на рисунке В.7.

Дерево объекта в MasterSCADA - это иерархический список элементов проекта, отображаемый в левой части главного окна MasterSCADA. В этом списке отображаются все элементы проекта, включая теги, экранные формы, графики, тренды, алгоритмы и другие.

В разделе дерева объекта содержатся все экранные формы, используемые в проекте. Экранные формы позволяют отображать данные, полученные от тегов, в удобном и понятном виде.

Каждый элемент дерева объекта может быть раскрыт или свернут, чтобы показать или скрыть его подэлементы.

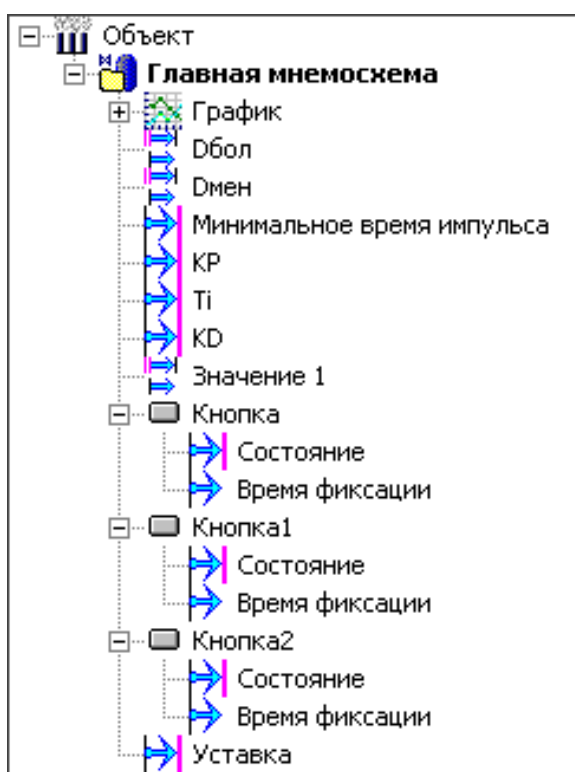


Рисунок В.7 – Дерево объекта

6 Создание Тренда

Тренд – это графическое отображение изменения данных технологического процесса во времени в системе MasterScada. В программе есть возможность просматривать как архивные данные (исторический тренд), так и текущие данные (тренд в реальном времени) на одном графике. Для добавления, изменения или удаления трендов используются соответствующие кнопки, обеспечивая удобство работы с графиками. Чтобы добавить переменную объекта в тренд, необходимо просто перетащить ее из дерева объектов в окно тренда.

Для создания нового объекта "Тренд" в MasterScada необходимо открыть страницу свойств элементов и перейти на вкладку "Тренды". Затем следует нажать кнопку "Добавить", задать имя для тренда, выбрать нужный тип тренда и настроить его свойства согласно требованиям и целям использования, как показано в примере на рисунке В.8.

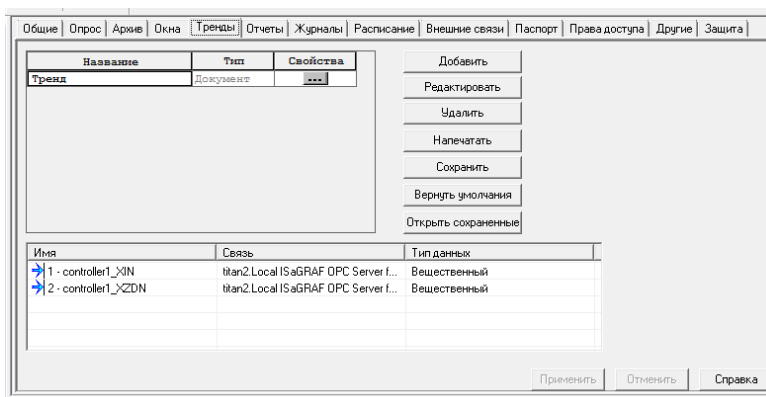


Рисунок В.8 – Создание тренда

Кликните на опцию "Редактировать", после чего перетащите соответствующие переменные в открывшееся окно тренда (рисунок В.9).

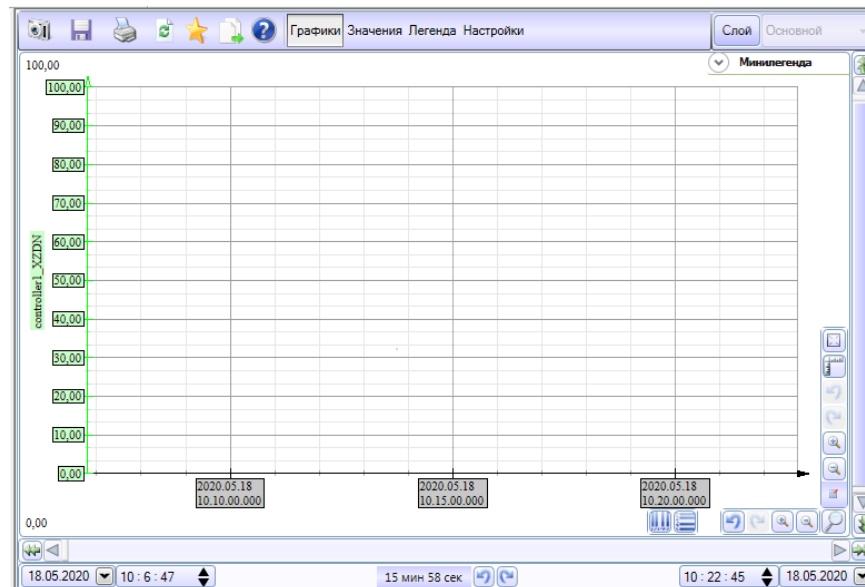


Рисунок В.9 – Окно тренда

Чтобы добавить кнопку "Тренд" на мнемосхему, следует перейти на соответствующую мнемосхему и перетащить объект "Тренд" на рабочую область. В результате этого действия на мнемосхеме будет создана кнопка, которая позволит перейти на тренд. Через свойства кнопки можно настроить ее внешний вид и определить параметры вызываемого окна, как показано на рисунке В.10.

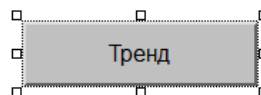


Рисунок В.10 – Кнопка для перехода на тренд

7 Создание главного окна «Главная мнемосхема»

Основное окно с названием "Главная мнемосхема" содержит преимущественно графические объекты, которые находятся в специальной палитре. С использованием описанных ранее элементов и инструментов, которые доступны через свойства каждого элемента, можно создать мнемосхему для управления лабораторным комплексом "Система автоматического регулирования температуры". На рисунке Б.11 представлен примерный вид мнемосхемы.



Рисунок В.11 – Мнемосхема для контроля и управления лабораторным комплексом

Создайте еще 2 экранные формы и реализуйте переходы между ними. Необходимо добавить окно тренда (Рисунок В.12) и окно со схемой станда (Рисунок В.13)

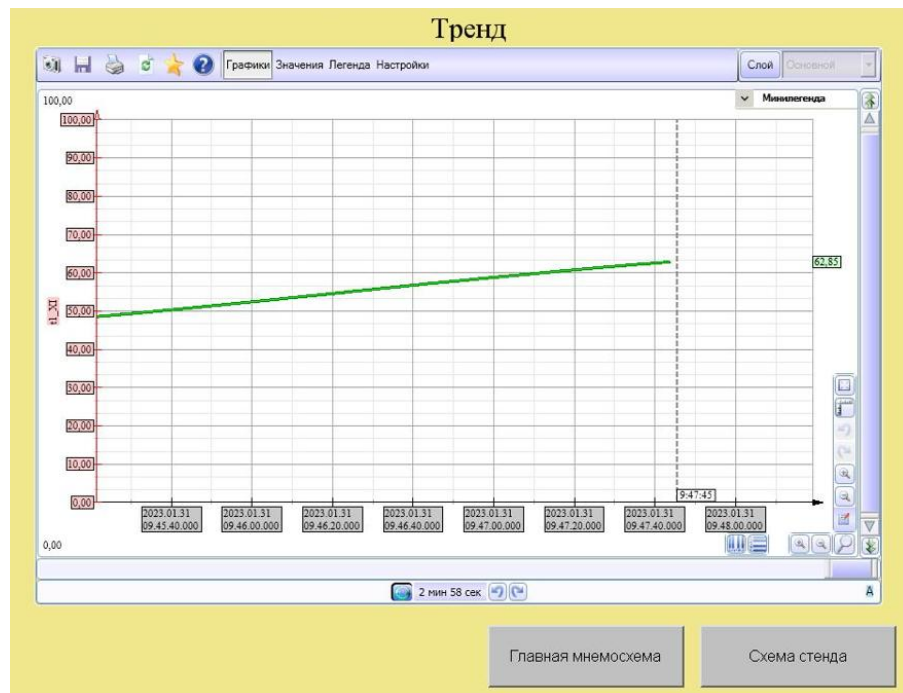


Рисунок В.12 – Экранная форма тренда

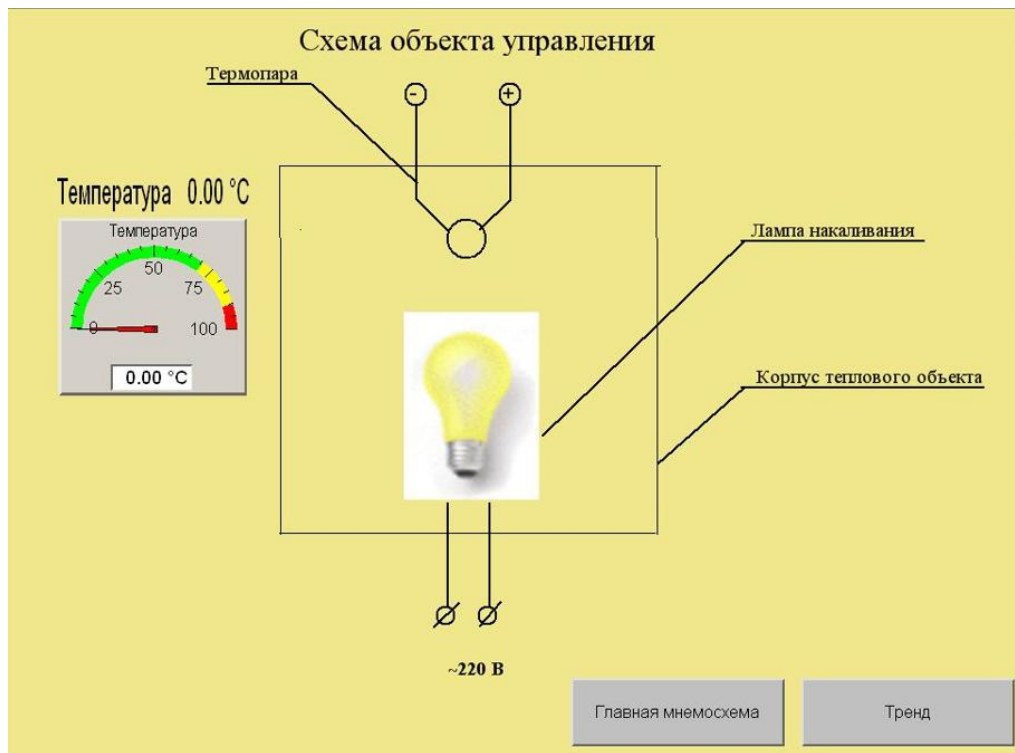


Рисунок В.13 – Экранная форма схемы стенда

8 Задание на лабораторную работу

1. Настройте OPC сервер и запустите его в работу.
2. Запустите программу, описанную выше, и проверьте ее работоспособность. Загрузите в контроллер программу, обеспечивающую регулирование температуры. Имя программы – PID_FBD.
3. Запустите MasterSCADA и загрузите программу визуализации процесса регулирования температуры. Ознакомьтесь с основными формами визуализации процесса регулирования, сигнализации и архивирования информации.
4. Составьте программу визуализации и управления тепловым объектом. Для этого необходимо на основании раздела 7 данных методических указаний создать 3 экранные формы и реализовать переход между ними.
5. Проверьте работоспособность составленной программы визуализации процесса регулирования температуры. Для этого задайте

значение уставки 60 °С, отключите ручное управление и задайте коэффициенты ПИД-регулятора.

6. Подготовьте отчет о работе.

9 Методические указания по выполнению отдельных пунктов задания

Создайте новый проект, используя пункт 5 данного методического пособия в качестве основы. При создании мнемосхем можно изменять изображения и свойства элементов объектов, учитывая структуру лабораторного комплекса. После создания нового элемента в дереве объектов следует настроить его свойства на странице свойств элементов, а затем, если необходимо, изменить некоторые из этих свойств прямо на мнемосхеме, щелкнув правой кнопкой мыши по изображению элемента.

Настройте OPC-сервер на основании раздела 4.

Если возникнут вопросы, можно воспользоваться справкой, нажав кнопку "Справка" в окне проекта или выбрав опцию "Справка" при щелчке правой кнопкой мыши на элементе мнемосхемы или дерева объектов.

Для проверки работоспособности элементов программы на любом этапе создания программы можно использовать режим отладки. В этом режиме можно задавать необходимые значения в дереве объектов, щелкнув левой кнопкой мыши в поле ввода значений напротив элемента.

10 Контрольные вопросы

1. Какое предназначение имеют системы SCADA?
2. Какие SCADA-системы наиболее распространены на зарубежных и отечественных рынках?
3. Какие особенности отличают пакет MasterScada от других SCADA-систем?
4. Для каких целей используется сервер OPC?
5. В чем заключается разница между графиком и трендом?

11 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Структурную схему лабораторного стенда.
3. Информацию о настройке ОРС .
4. Дерево системы.
5. Дерево объекта.
6. Стартовую мнемосхему.
7. Экранные формы, созданные в процессе выполнения лабораторной работы.
8. Ответы на контрольные вопросы.
9. Выводы по работе.

**Приложение Г
(обязательное)
Определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по
исполнителям**

Таблица Г.1 – Определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{рд}$		$T_{кд}$	
					Р	И	Р	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление задания, подбор литературы	И Р	1	3	1,8	1,62	2,16	2,36	3,14
Исследование предметной области	И Р	3	7	4,6	1,656	5,52	2,41	8,03
Подбор и изучение материалов по тематике	И	2	4	2,8	0	3,36	0,00	4,89
Изучение и анализ необходимых компонентов среды разработки	И	3	6	4,2	0	5,04	0,00	7,33
Подбор элементной базы	И Р	2	5	3,2	3,84	3,84	5,58	5,58
Проектирование конструкции стенда	И Р	4	8	5,6	5,04	6,72	7,33	9,77
Разработка внешних соединений комплекса	И Р	5	10	7	2,1	8,4	3,05	12,21
Разработка программного обеспечения	И Р	3	8	5	1,8	6	2,62	8,72
Сборка лабораторного стенда	И	5	9	6,6	0	7,92	0,00	11,52

Продолжение таблицы Г.1 – Определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		<i>t</i> <i>min</i>	<i>t</i> <i>max</i>	<i>t</i> ож	<i>T</i> _{рд}		<i>T</i> _{кд}	
					Р	И	Р	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Проведение экспериментальных исследований	И Р	1	2	1,4	0,42	1,68	0,61	2,44
Редактирование и отладка	И Р	2	3	2,4	1,44	2,88	2,09	4,19
Подготовка методического обеспечения	И Р	4	7	5,2	6,24	6,24	9,07	9,07
Оценка безопасности и экологичности работы	И Р	2	5	3,2	1,92	3,84	2,79	5,58
Технико-экономическое обоснование проекта	И	1	4	2,2	0	2,64	0,00	3,84
Составление и оформление пояснительной записки	И	1	2	1,4	0	1,68	0,00	2,44
Разработка графического материала	И	2	7	4	0	4,8	0,00	6,98
Защита дипломного проекта	И	1	5	2,6	0	3,12	0,00	4,54
ИТОГО	И Р			63,2	26,076	75,84	37,91	110,27

**Приложение Д
(обязательное)
Линейный график осуществления проекта**

Таблица Д.1 – Линейный график осуществления проекта

Этап	Р	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	2,36	3,14	■										
2	2,41	8,03	■	■									
3	0,00	4,89		■									
4	0,00	7,33		■	■								
5	5,58	5,58			■	■							
6	7,33	9,77				■	■						
7	3,05	12,21					■	■					
8	2,62	8,72						■	■				
9	0,00	11,52							■	■			
10	0,61	2,44								■	■		
11	2,09	4,19									■	■	

Продолжение таблицы Д.1 – Линейный график осуществления проекта

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
12	9,07	9,07												
13	2,79	5,58												
14	3,84	3,84												
15	2,44	2,44												
16	6,98	6,98												
17	4,54	4,54												

Р – 

И – 