

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

Институт кибернетики

Направление 27.03.04 «Управление в технических системах»

Кафедра автоматике и компьютерных систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ИДЕНТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ЭМУЛЯТОРОМ ПЕЧИ ОВЕН ЭП10

УДК 681.51

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158A20	Лю Фан		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Курганов Василий Васильевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. МЕН	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Кырмакова Ольга Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. АиКС	Фадеев Александр Сергеевич	к.т.н		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

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

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

Институт кибернетики
Направление 27.03.04 «Управление в технических системах»
Кафедра автоматизации и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Фадеев А. С.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

навыполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
158A20	Лю Фан

Тема работы:

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ЭМУЛЯТОРОМ ПЕЧИ ОВЕН ЭП10	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2043/с от 15.03.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none">- программная среда CoDeSys;- контроллера ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М;- лабораторный стенд.
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение контроллера ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М. 2. Изучение программной среды CoDeSys 3. Изучение языков программирования FBD. 4. Создание программного обеспечения для управления работой лабораторного стенда. 5. Создание методического обеспечения для выполнения лабораторной работы.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в формате *.pttx, 12 слайдов</p> <p>Слайд 1 – Тема ВКР</p> <p>Слайд 2 – цель ВКР</p> <p>Слайд 3 – объект исследования работы</p> <p>Слайд 4 – описание простейшей системы автоматического регулирования</p> <p>Слайд 5 – метода исследования Циглера–Никольса</p> <p>Слайд 6 – Идентификация объекта</p> <p>Слайд 7 – полученные настройки для ПИ – регулятора</p> <p>Слайд 8 – полученные настройки для ПИД – регулятора</p> <p>Слайд 9 – полученные настройки для ПИД – регулятора</p> <p>Слайд 10 – полученные настройки для ПИД – регулятора</p> <p>Слайд 11 – полученные настройки для ПИД – регулятора</p> <p>Слайд 12 – вывод</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Николаенко Валентин Сергеевич, Ассистент каф. МЕН.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Кырмакова Ольга Сергеевна, Ассистент каф. ЭБЖ</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> <p>Нет</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Курганов Василий Васильевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158A20	Лю Фан		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
158A20	Лю Фан

Институт	ИК	Кафедра	АиКС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	27.03.04 «Управление в технических системах»

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования 	<p><i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение.</i></p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 2. Планирование проведения и формирование бюджета научных исследований 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 	<p><i>Проведение предпроектного анализ: оценка потенциальных потребителей, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.</i></p> <p><i>Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, разработка графика проведения НИИ, планирование бюджета НИИ.</i></p> <p><i>Расчёт интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности для всех видов исполнения НИИ.</i></p>
---	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. МЕН	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158A20	Лю Фан		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
158A20	Лю Фан

Институт	Итернетика	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	220400 «Управление в технических системах»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>В выпускной квалификационной работе рассматривается процесс исследования нечеткого корректирующего устройства и его программной реализации. Описывается рабочее место, выбранное для разработки, проявление вредных факторов, проявление опасных факторов, проявление негативного воздействия на окружающую среду.</i>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p><i>Анализ выявленных вредных факторов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещенность рабочей зоны; -повышенный уровень электромагнитных излучений; - повышенная напряжённость электрического поля; - повышенная или пониженная влажность воздуха; - повышенный уровень шума. <p><i>Анализ выявленных опасных факторов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - электрический ток (источником является ПК);
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на 	<p><i>При выполнении работы влияние на атмосферу и гидросферу не происходит. Воздействие на литосферу – образование отходов при печати документов.</i></p>

<p>гидросферу (сбросы);</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p><i>В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).</i></p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p><i>Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</i></p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158A20	Лю Фан		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
 Кафедра автоматизации и компьютерных систем
 Направление 27.03.04 «Управление в технических системах»
 Уровень образования – бакалавр
 Период выполнения – весенний семестр 2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2016г.
--	-------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2016 г.	Основная часть	75
20.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.05.2016 г.	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Курганов В. В.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Фадеев А. С.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа с., рис., табл., источников, прил.

Ключевые слова: идентификация, запаздывание, настройка регуляторов, система автоматического регулирования температуры.

Объектом исследования является реальная система автоматического регулирования температуры.

Цель работы: произвести настройку контура регулирования, которая включает в себя идентификацию объекта управления, т.е. получение его основных динамических характеристик, расчет параметров типового промышленного регулятора с использованием метода Циглера – Никольса и применение данных настроек к системе с целью получения удовлетворительного качества регулирования.

В процессе исследования была проведена идентификация объекта с целью определения его динамических характеристик. Далее, был произведен расчет параметров регуляторов с их дальнейшим применением и ручной подстройкой.

Для определения коэффициентов ПИД-регулятора используется эмпирический метод Циглера – Никольса.

Степень внедрения: результаты, полученные в работе, внедрены на лабораторной установке.

Область применения: системы управления различными технологическими параметрами (не только температуры) на объектах различной сложности.

В будущем планируется применение более сложных методов настройки регуляторов.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на перечисленные ниже стандарты.

1. СанПиН 2.2.2542-96 «Гигиенические требования к видео дисплейным терминалам, персональным электронным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
2. ГОСТ Р 50949-96 «Средства отображения информации индивидуального пользователя. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности»
3. ГОСТ Р 50948-96 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности»
4. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума»
5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилой, общественных зданий и на территории жилой, застройки»
6. ГОСТ 12.1/2.1.1.1278-03 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»
7. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
8. СанПиН 2.2.1/2.2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
9. СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
10. ГОСТ 7.1 – 2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.
11. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоколебания: незатухающие колебания в системе с нелинейной обратной связью, поддерживающиеся за счет энергии внешнего воздействия;

пропорциональный интегро-дифференциальный регулятор (ПИД – регулятор): типовой регулятор, используемый в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала, состоящего из трех

слагаемых, первое из которых пропорционально рассогласованию, второе - интеграл рассогласования, третье – производная рассогласования;

пропорционально-интегральный регулятор (ПИ – регулятор): типовой регулятор, используемый в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала, состоящего из двух слагаемых, первое из которых пропорционально рассогласованию, второе - интеграл рассогласования;

кривая разгона: реакция системы на входное ступенчатое воздействие - переходную характеристику системы $h(t)$;

замкнутая система: система, в которой осуществлено управление с обратной связью;

время запаздывания: интервал времени от момента подачи входного сигнала до момента начала «движения» системы под воздействием этого сигнала;

звено чистого запаздывания: звено, передаточная функция которого имеет вид:

$$W(s) = e^{-\tau \cdot s}$$

идеальный интегрирующий элемент: одно из типовых звеньев теории автоматического управления, передаточная функция которого имеет вид:

$$W(s) = \frac{1}{T \cdot s}$$

коэффициент передачи: отношение установившегося значения выходной величины к величине ступенчатого входного сигнала, вызвавшего это изменение;

постоянная времени: характеристика экспоненциального процесса, определяющая, через какое время значение амплитуды упадет в 2.718 раза;

апериодическое звено: одно из типовых звеньев теории автоматического управления, передаточная функция которого имеет вид:

$$W(s) = \frac{1}{T \cdot s + 1}$$

идентификация объекта: определение основных динамических характеристик исследуемого объекта;

объект управления: динамический процесс или устройство, для управления поведением которого разрабатывается система автоматического управления;

рассогласование: разность значения текущего значения регулируемой величины и значения задания.

Обозначения и сокращения:

ПИ – пропорционально – интегральный;

ПИД – пропорционально – интегрально – дифференциальный;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ОУ – объект управления;

САР – система автоматического регулирования;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	17
1. Общие сведения	19
2. Объект и методы исследования	20
2.1 Типовые промышленные регуляторы.....	20
2.2 Метод Циглера – Никольса.....	22
2.3 Описание исследуемого объекта.....	23
<i>Конструктивные особенности ОВЕН ПЛК150</i>	28
<i>Вычислительные ресурсы ОВЕН ПЛК 150</i>	28
<i>Программирование контроллеров ОВЕН ПЛК150</i>	28
2.4 Описание программной среды CoDeSys.....	29
3. Идентификация объекта исследований и настройка регулятора	32
3.1 Идентификация объекта	34
3.2 Расчёт параметров настройки ПИД-регулятора	35
5. РАЗДЕЛ «ФИНАСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕЖЕНИЕ»	42
5.1 введение.....	42
5.3 разработка графика проведения научного исследования.....	44
5.4 анализ конкурентных технических решений.....	45
5.5 SWOT-анализ	47
5.6 бюджет научно- технического исследования (НТИ).....	48
5.7 расчет материальных затрат НТИ.....	48
5.8 расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	50
5.9 основная заработная плата исполнителей тема.....	51
5.10 отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	52
5.11 накладные расходы.....	53
5.12 формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	53
6. РАЗДЕЛ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	55
6.1. Техногенная безопасность	56
6.1.1 производственная санитария.....	56
6.1.2 Анализ опасных факторов	72
6.2 Региональная безопасность	73
6.3 Особенность законодательного регулирования проектных решений	73
6.4 безопасность в чрезвычайных ситуациях	74
6.4.1 пожаробезопасность	75
Заключение	77

Список использованных источников 78

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к системам регулирования температуры всегда был и остаётся на достаточно высоком уровне. Этот факт объясняется рядом причин. Температура это один самых распространённых измеряемых и контролируемых параметров, в том числе в обыденной жизни человека, в промышленном производстве, в прогнозировании погоды, в хранении материалов и др.

Несмотря на то, что тепловые процессы очень хорошо изучены, процессы регулирования температуры на физических (реальных) объектах всегда связаны с определёнными проблемами, отчасти это связано с инерционностью тепловых объектов, множественностью факторов, влияющих на температуру, точностью измерений и качеством регулирования температуры.

На практике для регулирования температуры чаще всего используют классический ПИД-регулятор или его производные (П или ПИ). А вот для настройки коэффициентов регулятора каждый пользователь выбирает свой метод. Наиболее часто применяют метод простого перебора коэффициентов регулятора или автонастройку, если её позволяют выполнить технические средства.

Сложность метода простого перебора заключается в начальном выборе коэффициентов, так как они определяются динамикой объекта, которая, в свою очередь, тесно связана с задачей идентификации объекта. А если идентификация объекта выполнена, то можно применить известные эмпирические методы настройки коэффициентов регулятора, которые позволят существенно сократить объём экспериментов, например, Циглера-Никольса.

Таким образом, настройку контура регулирования можно свести к трём этапам:

- 1 этап - идентификация объекта,
- 2 этап - расчет параметров регулятора и настройка регулятора.
- 3 этап - с ручной подстройкой параметров регулятора для улучшения качества регулирования.

В настоящей работе рассматриваются вопросы настройки ПИД-регулятора для лабораторного теплового объекта, включающие идентификацию, расчёт коэффициентов и подстройку коэффициентов на реальном объекте.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Тепловой объект - наиболее часто встречаемый промышленный объект, как и процесс измерения и регулирования температуры. Сложно сказать, когда появились первые регуляторы, но можно с высокой вероятностью утверждать, что это были регуляторы температуры.

Температурой называют физическую величину, характеризующую степень нагретости тела [1], которая, в свою очередь, определяется кинетической энергией поступательно движущихся молекул этого тела [2]. При контакте тел с различными температурами, за счет теплообмена, происходит выравнивание температуры, а, следовательно, и энергии.

Температура, в отличие от других наиболее распространённых физических величин, как масса, длина, давление и др. не имеет эталона, то есть измеряется только косвенным путём. Эти измерения основываются на зависимости физических свойств тел от температуры, например, длины, объёма, давления, термоЭДС. Эти свойства называют термометрическими.

Появление первого прибора для измерения температуры связывают с Г. Галилеем, который предложил такой прибор в 1598 г. Позднее М. Ломоносовым и Фаренгейтом были разработаны термометры, появились шкалы Цельсия, Кельвина, Ренкина, Фаренгейта.

Несмотря на то, что средства измерения температуры имеют многовековую историю, процесс их развития и совершенствования продолжается и в настоящее время. На практике утвердилось несколько общепринятых методов измерения температуры и за последние десятилетия существенных изменений в этой области не наблюдается.

Все силы разработчиков брошены на повышение точности и стабильности измерений, в чем существенную помощь оказывает развитие электронной аппаратуры.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Типовые промышленные регуляторы

Одним из ключевых элементов АСУ ТП является ПИД-регулятор.

ПИД-регулятор был изобретён ещё в 1910 году и, несмотря на это, востребованность данного алгоритма в настоящее время, особенно с развитием микропроцессорной техники, только возрастает. Общее количество публикаций по ПИД-регуляторам за 9 лет с 1973 по 1982 год составило 14 шт., с 1983 по 1992 год – 111 шт., а за период с 1998 по 2002 год (всего за 4 года) – 225 шт. На одном только семинаре IFAC (International Federation of Automatic Control) в 2000 году было представлено около 90 докладов, посвящённых ПИД-регуляторам. Количество патентов по этой теме, содержащихся в патентной базе данных <http://gb.espacenet.com>, в январе 2006 года составило 364 шт. [3].

ПИД-регулятор относится к наиболее распространённому типу регуляторов. По экспертным оценкам порядка 90-95% регуляторов, находящихся в настоящее время в эксплуатации, используют ПИД-алгоритм.

Правильная настройка ПИД-регулятора позволяет обеспечивать регулирование технологического параметра на удовлетворительном уровне качества, а также обеспечивать устойчивость системы в целом [3].

Рассмотрим простейшую систему автоматического регулирования, представленную на рисунке 1:

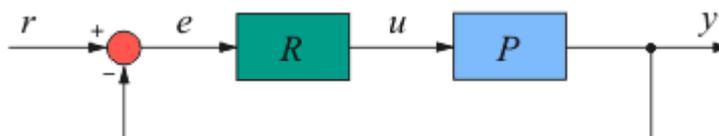


Рисунок 2.2.1 – Простейшая система автоматического регулирования с обратной связью

На рис 1 введены следующие обозначения:

r – Входное воздействие (задание);

e – сигнал рассогласования (ошибка регулирования);

u – сигнал управления;

y – выходной сигнал (регулируемая величина);

R – регулятор;

P – объект управления.

Если выходная переменная u регулятора описывается выражением

$$u(t) = K(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt})$$

где t – время; K, T_i, T_d - пропорциональный коэффициент (безразмерный), постоянная интегрирования (размерность времени) и постоянная дифференцирования (размерность времени) регулятора, то такой регулятор называют ПИД – регулятором. В частном случае пропорциональная, интегральная или дифференциальная компоненты могут отсутствовать и такие упрощенные регуляторы называют П, И или ПИ регуляторами [4].

Далее в работе будут рассмотрены 2 вида регуляторов: ПИ – регулятор и ПИД – регулятор.

В настоящее время существует множество методов настройки промышленных регуляторов. Перед выбором того или иного метода и непосредственным расчетом настроечных коэффициентов необходимо сформулировать цель и критерии качества регулирования, а также ограничения на величины и скорости изменения переменных в системе [5]. Таким образом, методы выбираются исходя из целей и ограничений в системе.

В настоящей работе для настройки регулятора рассмотрен метод Циглера – Никольса. Данный метод, а также его вариации, широко используется на практике и позволяет достичь удовлетворительных результатов в условиях ограниченного количества экспериментов.

2.2 Метод Циглера – Никольса

Этот метод, предложенный в 1943 г., относится к эмпирическим и основан на использовании данных, полученных экспериментально на реальном объекте. Наибольшую известность получили два варианта настройки параметров регулятора по методу Циглера–Никольса.

Первый вариант основан на использовании запасов устойчивости. В этом варианте процедура настройки начинается с экспериментального исследования системы, состоящей из П-регулятора и заданного объекта регулирования. Коэффициент передачи П-регулятора увеличивается до тех пор, пока на выходе системы не установятся колебания с постоянной амплитудой колебаний, то есть система не окажется на границе устойчивости. Фиксируется и обозначается через k_{Π}^* значение коэффициента передачи регулятора, при котором система находится на границе устойчивости. Измеряется период T^* установившихся в системе колебаний.

Значения параметров регулятора выбранного типа рассчитываются по формулам, приведенным в табл. 2.2.1

Таблица 2.2.1 – Параметры типовых регуляторов

	K_{Π}	$K_{И}$	$K_{Д}$
П	$0,5k_{\Pi}^*$		
ПИ	$0,45k_{\Pi}^*$	$0,5k_{\Pi}^*/T^*$	
ПИД	$0,6k_{\Pi}^*$	$1,2k_{\Pi}^*/T^*$	$0,075k_{\Pi}^* * T^*$

Недостатком этого варианта метода Циглера–Никольса является необходимость выводить систему на границу устойчивости, что для многих объектов управления делать не рекомендуется.

Во втором варианте метода Циглера–Никольса используется всего два параметра: a и L . Формула для расчёт коэффициентов ПИД – регулятора сведены в табл. 2.2.1

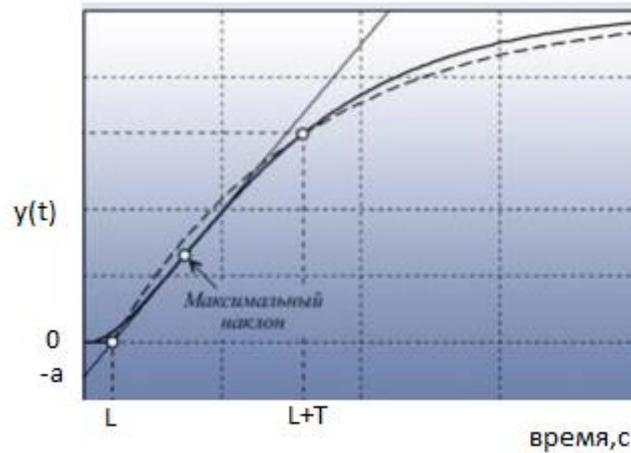


Рисунок 2.2.1 – Реакция объекта управления на ступенчатое воздействие

Значения параметров регулятора рассчитываются непосредственно по значениям параметров, a , и L . Формулы для расчёта параметров регулятора приведены в табл.

Таблица 2.2.1 – Параметры типовых регуляторов

	K_P	K_I	K_D
П – регулятор	$1/a$	-	-
ПИ – регулятор	$0,9/a$	$3L/K$	-
ПИД – регулятор	$1,2/a$	$0,9L/K$	$0,5L/K$

Регуляторы, параметры которых рассчитаны по методу Циглера–Никольса, не всегда обеспечивают требуемое качество процесса регулирования. Как правило, требуется дополнительная подстройка их параметров. Несмотря на это, метод Циглера–Никольса и некоторые его модификации весьма популярны, и многие производители регуляторов рекомендуют их для настройки регуляторов [5].

2.3 Описание исследуемого объекта

Структурная схема лабораторной установки, на которой выполняются исследования, представлена на рисунке 2.3.1.

Установка включает:

- ТРМ212 – измеритель - регулятор микропроцессорный;
- I/R – преобразователь нормирующий температуры программируемый НПТ1;
- ПЛК110 – программируемый логический контроллер ПЛК110-220.32.P/L;
- ПЧВ – преобразователь частоты векторный;
- АД – асинхронный двигатель;
- ЭП – эмулятор печи;
- ТСМ 50М - термосопротивление медное, градуировка 50М;
- SF1, SF2 – выключатель автоматический.

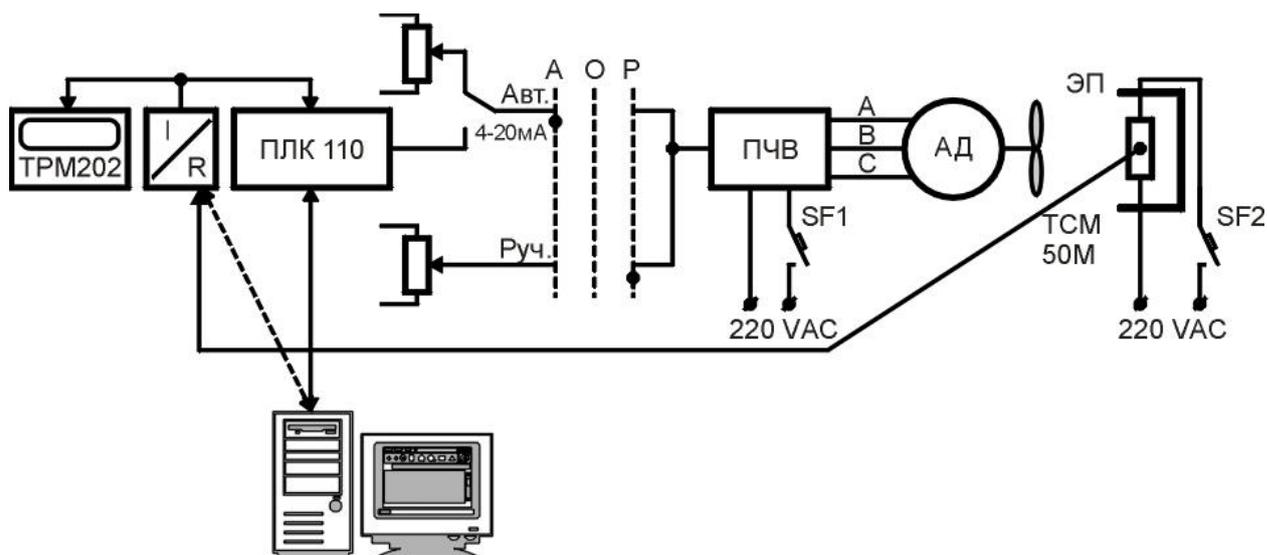


Рисунок 2.3.1 - Структурная схема лабораторного стенда

В таблице 2.3.1 приведены характеристики элементов лабораторной установки.

Таблица 2.3.1 – Краткие технические характеристики приборов лабораторной установки

№	Обозначение	Прибор и его характеристики	Тип	Кол-
---	-------------	-----------------------------	-----	------

п/п				ВО
1	ТРМ212	Измеритель - регулятор микропроцессорный двухканальный с интерфейсом RS-485 настенного исполнения с двумя релейными выходами.	ТРМ202-Н-РР	1
2	I/R	Преобразователь нормирующий программируемый сигналов термодатчиков в унифицированный сигнал 4...20мА: - напряжение питания =24В; - поддержка большинства известных типов термодатчиков.	НПТ1	1
3	ПЛК110	Программируемый логический контроллер: - RISC – процессор, 32 разряда, 20МГц на базе ядра ARM 9. - напряжение питания 220В 50Гц; - число дискретных входов - 18; - число дискретных выходов -14; - тип выходного элемента - электромагнитное реле; - искусственное ограничение памяти ввода-вывода 360 байт (L); - протоколы связи: RS-485 RS-232 Ethernet 100 Base-T USB - Device	ПЛК110-220.32.P/L	1

4	ПЧВ	Преобразователь частоты векторный со съёмной локальной панелью оператора (ЛПО)	ПЧВ 102-1К5-А	1
5	АД	Асинхронный двигатель - количество фаз – 3; - мощность – 180 W; - 2730 об/мин; - $\cos \varphi = 0,78$; - КПД = 68%; - способ соединения обмоток - звезда;	АИР 56 А2	
6	ЭП	Эмулятор печи	ЭП-10	1
7	ТСМ 50М	Термопреобразователь сопротивления медный 50М	ТСМ 50М	1

Эмулятор печи ЭП10

Объект, на котором выполняются исследования, представляет собой миниатюрную печь, которая специально разработана для исследования тепловых процессов. Такая печь называется эмулятором печи ЭП10 (см. рисунок 2.3.2) и выпускается компанией Овен. Основное назначение эмулятора - проведение экспериментов в процессе наладочных работ с применением регуляторов.



Рисунок 2.3.2 - Эмулятор печи овен ЭП10

Основные характеристики ЭП10

- встроенный нагреватель мощностью 10 Вт;
- Встроенный измеритель температуры (термосопротивление ТСМ 50М);
- управление включением нагрева от выходного элемента терморегулятора (э/м реле или симисторной оптопары);
- светодиодная индикация при включении нагрева;
- удобный корпус с прозрачной крышкой для настенного крепления или размещения на столе.

Описание контроллера ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М

В данной системе автоматического регулирования используется контроллер ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М, внешний вид которого представлен на рисунке 2.3.3.

Контроллер ОВЕН ПЛК 150 предназначен:

- для создания систем управления малыми и средними объектами;
- построение систем диспетчеризации.

Построение системы управления и диспетчеризации на базе ОВЕН ПЛК возможно, как с помощью проводных средств – используя встроенные интерфейсы Ethernet, RS-232, RS-485, так и с помощью беспроводных средств – используя радио, GSM, ADSL модемы.

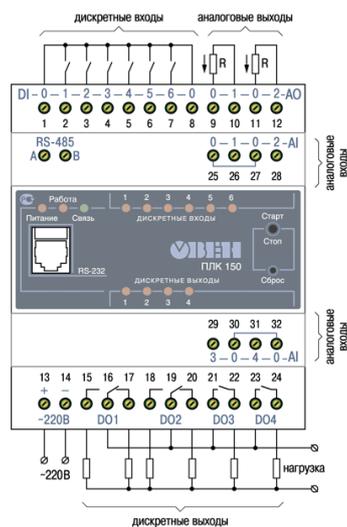


Рисунок 2.3.3 – Схема подключения питания, дискретных и аналоговых входов и выходов ПЛК 150 – 220

Конструктивные особенности ОВЕН ПЛК150

Контроллер выполнен в компактном DIN-реечном корпусе. Расширение количества точек ввода\вывода осуществляется путем подключения внешних модулей ввода\вывода по любому из встроенных интерфейсов.

Вычислительные ресурсы ОВЕН ПЛК 150

В контроллере изначально заложены мощные вычислительные ресурсы при отсутствии операционной системы:

- высокопроизводительный процессор RISC архитектуры ARM9, с частотой 180МГц компании Atmel;
- большой объем оперативной памяти – 8МБ;
- большой объем постоянной памяти – Flash память, 4МБ;
- объем энергонезависимой памяти, для хранения значений переменных – до 16КБ.

Программирование контроллеров ОВЕН ПЛК150

Создание программ для контроллеров ОВЕН ПЛК150, и их конфигурирование осуществляется профессиональной системой программирования CoDeSys v.2.3.6.1 и старше [11].

2.4 Описание программной среды CoDeSys

В представленной системе автоматического регулирования регулятор реализован программно с использованием среды разработки CoDeSys v.2.3. Основой комплекса CODESYS является среда разработки прикладных программ для программируемых логических контроллеров (ПЛК). Она распространяется бесплатно и может быть без ограничений установлена на нескольких рабочих местах.

В CODESYS для программирования доступны все пять определяемых стандартом IEC 61131-3 (МЭК 61131-3) языков:

- IL(Instruction List) ассемблер-подобный язык;
- ST(Structured Text) Pascal-подобный язык;
- LD(Ladder Diagram) Язык релейных схем;
- FBD(Function Block Diagram) Язык функциональных блоков;
- SFC(Sequential Function Chart) Язык диаграмм состояний.

В дополнение к FBD поддержан язык программирования CFC (Continuous Function Chart) с произвольным размещением блоков и расстановкой порядка их выполнения.

В CODESYS реализован ряд других расширений спецификации стандарта IEC 61131-3. Самым существенным из них является поддержка объектно-ориентированного программирования (ООП).

Встроенные компиляторы CODESYS генерируют машинный код (двоичный код), который загружается в контроллер. Поддерживаются основные 16- и 32-разрядные процессоры: Infineon C166, TriCore, 80x86, ARM (архитектура), PowerPC, SH, MIPS (архитектура), Analog Devices Blackfin, TI C2000/28x и другие. [7]

Пользовательская программа в среде CoDeSys реализована на языке SFC и представлена на рисунке 2.4.1

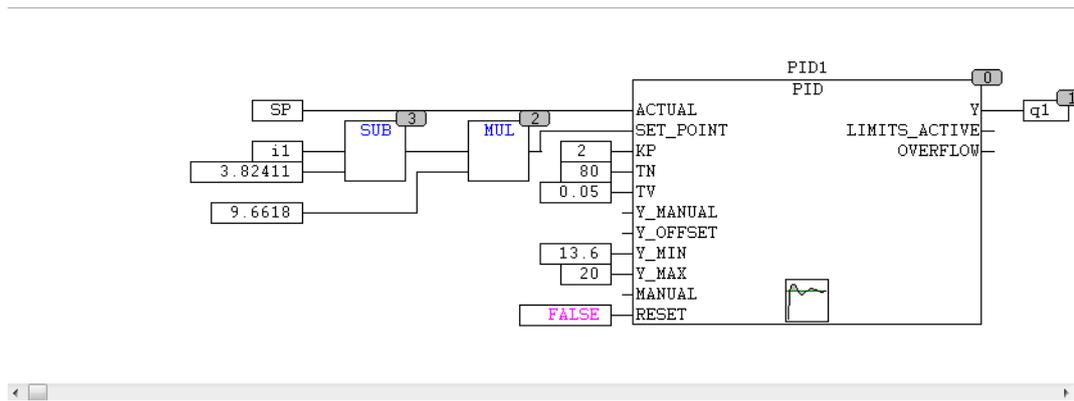


Рисунок 2.4.1 – Программа регулирования на языке SFC

В данной программе на вход регулятора подается сигнал с датчика уровня и, используя заданные на входе настройки, регулятор вырабатывает управляющее воздействие, которое, затем, с помощью встроенного функционального блока MUL умножается на коэффициент, позволяющий пропорционально увеличить или уменьшить сигнал регулятора в заданных границах. По умолчанию данный множитель равен единице.

Типовой регулятор в программе представлен встроенным библиотечным блоком PID, реализующий выработку управляющего сигнала по ПИД – закону регулирования:

$$Y = Y_OFFSET + KP(e(t) + \frac{1}{TN} \int_0^{TN} e(t) + TV \frac{de(t)}{dt})$$

где Y_OFFSET - стационарное значение;

KP – коэффициент передачи;

TN – постоянная интегрирования;

TV – постоянная дифференцирования;

$e(t)$ – сигнал рассогласования ($SET_POINT - ACTUAL$).

Назначения входов и выходов функционального блока PID приведены в таблицах 2.5.1 и 2.5.2 соответственно.

Таблица 2.5.1– Входы функционального блока PID

Наименование	Тип	Описание
ACTUAL	REAL	Текущее значение контролируемой переменной.
SET_POINT	REAL	Задание
KP	REAL	Коэффициент передачи
TN	REAL	Постоянная интегрирования
TV	REAL	Постоянная дифференцирования
Y_MANUAL	REAL	Определяет значение выхода Y, если MANUAL = TRUE
Y_MIN, Y_MAX	REAL	Значение выхода Y ограничено Y_MIN и Y_MAX. При достижении Y границ ограничения, выход LIMITS_ACTIVE, (BOOL) принимает значение TRUE. Ограничение работает только при Y_MIN < Y_MAX.
MANUAL	BOOL	Значение TRUE, включает режим ручного регулирования
RESET	BOOL	TRUE сбрасывает регулятор; в это время Y = Y_OFFSET

Таблица 2.5.2 – Выходы функционального блока PID

Наименование	Тип	Описание
Y	REAL	Выход регулятора
LIMITS_ACTIVE	BOOL	TRUE означает, что Y ограничивается пределами (Y_MIN, Y_MAX).
OVERFLOW	BOOL	TRUE – признак переполнения

Предварительно, в разделе объявления, были объявлены необходимые переменные и соединены с соответствующими входами и выходами функционального блоков.

```

PROGRAM PLC_PRG
VAR
    REGUL: PID;
    k1: REAL;
    k2: REAL;
    k3: REAL;
    k4: REAL;
    k5: REAL;
    k6: REAL;
    k7: REAL;
    i10: BOOL;
END_VAR
    
```

Рисунок 2.5.2 – Раздел объявления локальных переменных

На рисунке 2.5.2 введены следующие обозначения:

k1 – задание;

k2 – коэффициент передачи;

k3 – постоянная интегрирования;

k4 – постоянная дифференцирования;

k5 – нижний предел выходного сигнала;

k6 – верхний предел выходного сигнала;

k7 – множитель, для пропорционального увеличения выходного сигнала в пределах границ;

i10 – сброс регулятора.

```
VAR_GLOBAL
  f1: REAL;
  i3: REAL;
END_VAR
```

Рисунок 2.5.3 – Раздел объявления глобальных переменных

На рисунке 2.5.3 введены следующие обозначения:

i3 – входной сигнал;

f1 – выходной сигнал регулятора.

Созданная программа загружается в программируемый логический контроллер (ПЛК), который в свою очередь обеспечивает сбор, первичную обработку данных, регулирование по заданному программному коду и передачу информации к исполнительным устройствам.

3. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ И НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРА

Для исследования объекта и настройки регулятора, обеспечивающей корректную работу системы и ее устойчивость, проводится процедура идентификации объекта, т.е. получение его основных динамических

характеристик, таких как постоянная времени T , коэффициент передачи k , а также величина времени запаздывания τ .

После завершения стадии идентификации реализуется стадия настройки регулятора. В данной работе используются два вида типовых промышленных аналоговых регуляторов: пропорционально-интегральный регулятор (ПИ – регулятор) и пропорционально – интегрально – дифференциальный регулятор (ПИД – регулятор), настройка которых, в итоге, должна будет обеспечить устойчивость системы и удовлетворительное качество процесса регулирования уровня для данной системы автоматического регулирования.

Определение динамических характеристик объекта выполняется по кривому разгону. Кривая разгона представляет собой реакцию системы на входное ступенчатое воздействие – переходную характеристику системы $h(t)$.

В связи с тем, что, нагрев печи организован непрерывно, ступенчатое изменение входного воздействия выполняется изменением обдува нагревателя с помощью преобразователя частоты ПЧВ.

Принимая во внимание тот факт, что реакцией объекта является температура можно заранее предположить, что кривая переходного процесс будет иметь вид переходной характеристики апериодического звена 1-го порядка с небольшим запаздыванием.

Для снятия кривой разгона объект нагревается до установившейся температуры. Регулятор переводится в ручной режим. Фиксируется время подачи входного ступенчатого воздействия. Ступенчатое воздействие представляет собой изменение частоты питающего напряжения на вентилятор от 0 до 50 Гц, что эквивалентно изменению производительности нагревателя.

На рисунке 3.1 представлена кривая разгона системы.

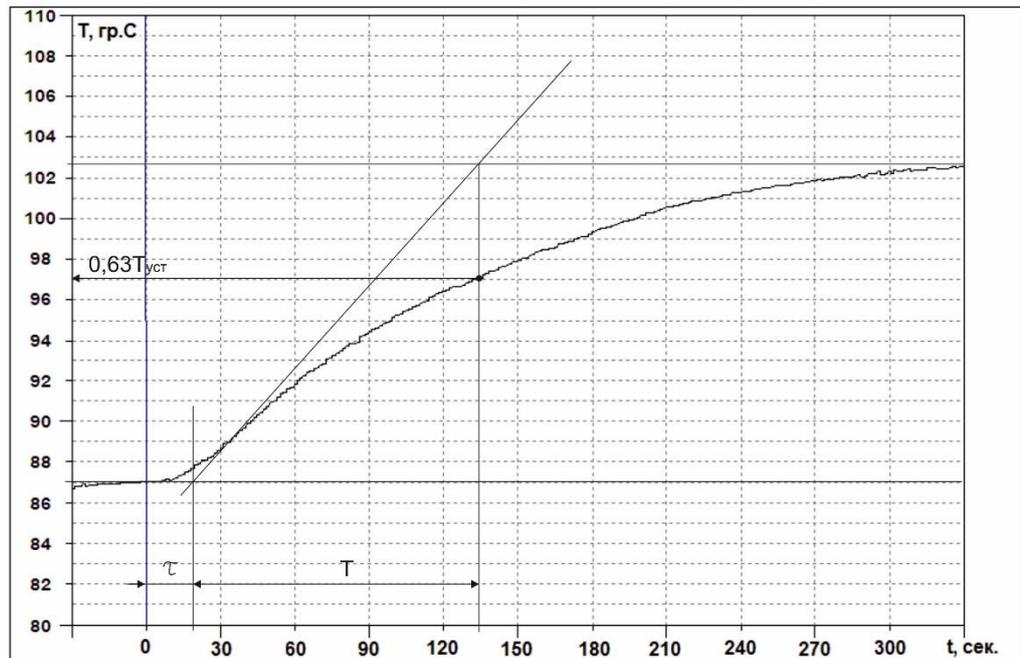


Рисунок 3.1 – Кривая разгона при ступенчатом входном воздействии

3.1 Идентификация объекта

Передаточная функция объекта управления, имеющая кривую разгона, представленную на рисунке 3.1, представляется в виде последовательного соединения, апериодического и запаздывающего звеньев

$$W(s) = \frac{k}{Ts+1} * e^{-\tau*s}, \quad (3.1.1)$$

где k – коэффициент передачи;

τ – время запаздывания;

T – Постоянная времени.

Коэффициент передачи k есть отношение установившегося значения выходной величины к величине ступенчатого входного сигнала, вызвавшего это изменение [9]. Коэффициент передачи $k = 0,9$.

Время запаздывания – это интервал времени от момента подачи входного сигнала до момента начала «движения» системы под воздействием этого сигнала [10]. В течение этого интервала времени входной сигнал, а система находится в покое, при условии, что до момента действия входного

сигнала, объект находился в равновесном состоянии и в нем отсутствует запасённая энергия.

По кривому разгону определяется время запаздывания.

Постоянная времени объекта определяется графически по кривому разгону (см. рис. 3.1) $T=124$ с.

С учетом полученных значений выражение (3.1.1) запишем в следующем виде

$$W(s) = \frac{0.9}{124s+1} * e^{-11.5*s} \quad (3.1.2)$$

3.2 Расчёт параметров настройки ПИД-регулятора

В классической теории автоматического управления структура регулятора выбирается исходя из модели объекта управления. При этом сложные объекты управления требуют применения сложных регуляторов. Однако на практике, в подавляющем большинстве случаев, регулирование сводится к использованию ПИД-регуляторов. ПИД-регуляторы не всегда обеспечивают требуемое качество регулирования, но благодаря простоте своей структуры и большому количеству теоретических и практических методов их настройки ПИД-регуляторы являются основными в практическом применении. [11]

Структурная схема замкнутой системы с ПИД-регулятором приведена на рисунке 3.2.1

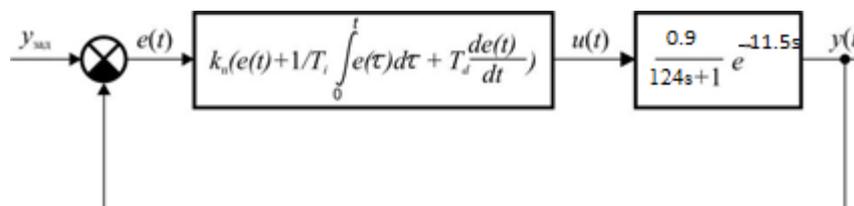


Рисунок 3.2.1 – Структурная схема замкнутой системы с ПИД-регулятором

На рис.3.2.1 введены следующие обозначения:

$e(t) = y_{\text{зад}} - k_{\text{иу}}y(t)$ - ошибка регулирования;

$k_{\text{п}}, T_i, T_d$ - коэффициент передачи, постоянная интегрирования и постоянная дифференцирования регулятора.

Для настройки коэффициентов регулятора применяется эмпирический метод Циглера-Никольса. В одном из вариантов настройки коэффициентов регулятора этим методом используются коэффициенты передаточной функции объекта k, T и τ , определённые по кривой разгона. Формулы для расчета параметров регулятора представлены в таблице [11].

Таблица 3.2.1 – Параметры настройки типовых регуляторов

	$K_{\text{п}}$	T_i	T_d
ПИ	0,9/a	3L/K	-
ПИД	1,2/a	0.9L/K	0.5L/K

Результаты вычислений коэффициентов приведены в таблице 3.2.2.

Таблица 3.2.2 – Коэффициенты регуляторов

	$K_{\text{п}}$	T_i	T_d
ПИ	0.9	34.5	-
ПИД	1.2	10.35	5.75

На рисунках 3.2.2 – 3.2.6 представлены полученные экспериментально переходные процессы при различных настройках регулятора. Для анализа переходных процессов и оценки качества регулирования используется время переходного процесса и перерегулирование. При этом целью экспериментов является получение сравнительных оценок, а не их абсолютных значений.

Завершающим этапом настройки контура регулирования является применение рассчитанных коэффициентов промышленных регуляторов, оценка качества переходных процессов, а соответственно и качества управления.

Завершающий этап настройки контура включает в себя и ручную подстройку коэффициентов, если это необходимо.

Проведём ряд экспериментов и оценим качественные показатели переходного процесса.

1. ПИ-регулятор.

На рисунке 3.2.2 представлена переходная характеристика с ПИ-регулятором.

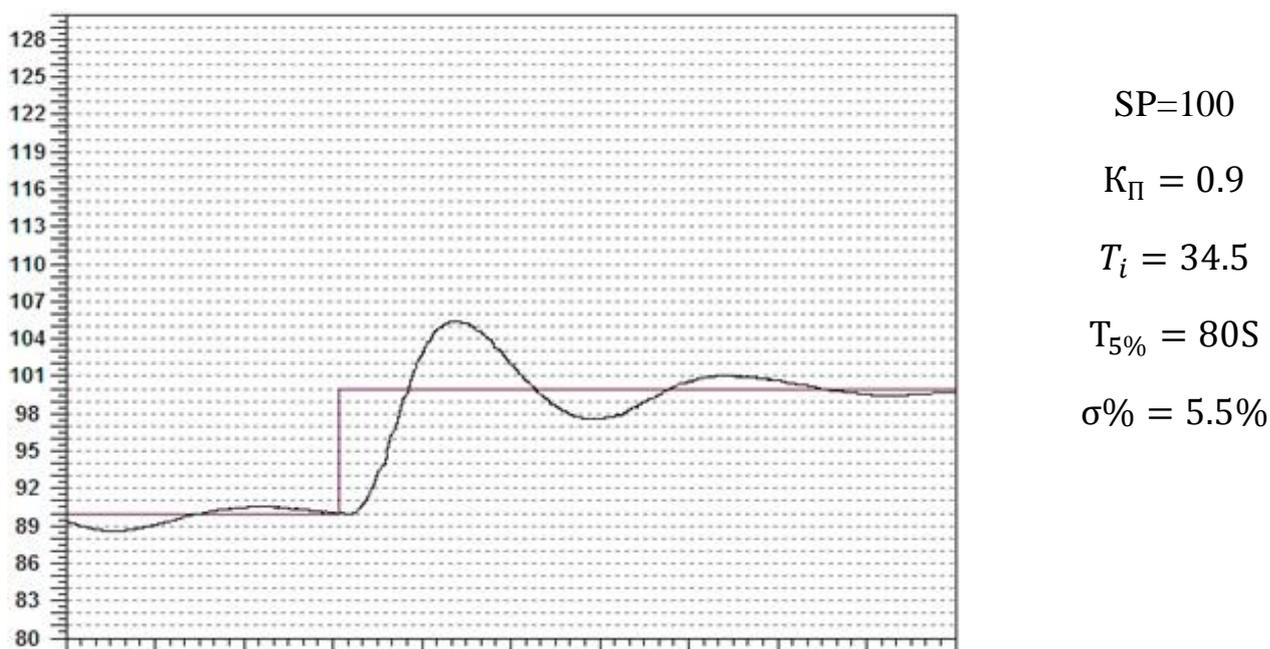


Рисунок 3.2.2 - Переходный процесс в системе с ПИ-регулятором

Из рисунка 3.2.2 следует, что для ПИ-регулятора метод Циглера-Никольса даёт достаточно хорошие коэффициенты. Несмотря на то, что процесс колебательный, он достаточно быстро затухает. Перерегулирование составляет 5,5 %.

2. ПИД-регулятор

На рисунке 3.2.2 представлена переходная характеристика с ПИД-регулятором.



Рисунок 3.2.3 - Переходный процесс в системе с ПИД-регулятором

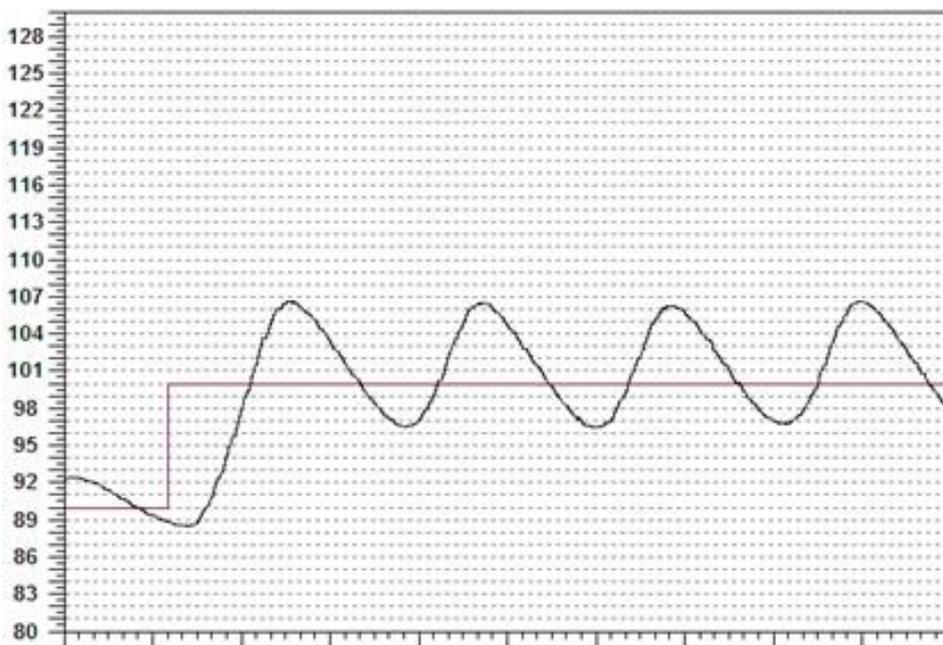
Применив полученные методом Циглера – Никольса настройки для ПИД – регулятора имеем практически неустойчивую систему. Анализ причин неустойчивости показывает отрицательное влияние дифференциальной составляющей на работу регулятора.

Для приведения системы к устойчивому состоянию воспользуемся ручной настройкой ПИД – регулятора.

3. Ручная подстройка регулятора

Главным аспектом ручной настройки является знание влияния коэффициентов на работу регулятора с конкретным объектом и интуитивный выбор величины этих коэффициентов.

На первом шаге уменьшим (практически исключим) дифференциальную составляющую с 5,75 до 0,01.



$$SP=100$$

$$K_{\Pi} = 1,2$$

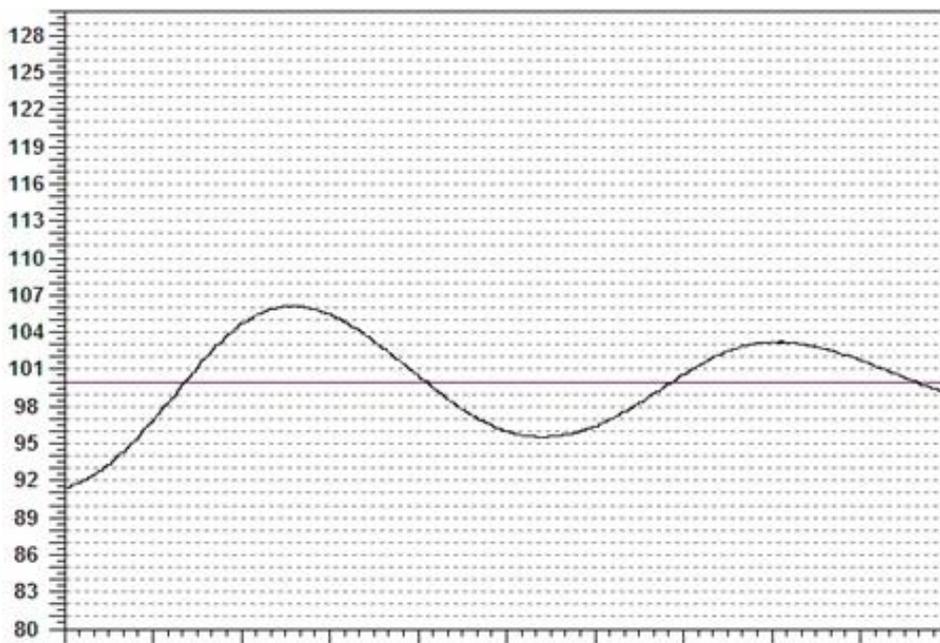
$$T_i = 10,35$$

$$T_d=0,01$$

Рисунок 3.2.4 - Переходный процесс в системе с ПИД-регулятором после ручной настройки (вариант 1)

Как видно из рисунка 3.2.4, уменьшение дифференциальной составляющей качественно изменила процесс, имеем колебательный процесс, которые для реальной системы можно трактовать как на границе устойчивости. Однако, можно заметить, что уменьшилась амплитуда автоколебаний и снизилась частота, что может говорить о том, что в ходе ручной подстройки был выбран верный подход.

На втором шаге уменьшим значение пропорциональной составляющей с 1,2 до 0,12 и оценим переходный процесс.



$$SP=100$$

$$K_{\Pi} = 0,12$$

$$T_i = 10,35$$

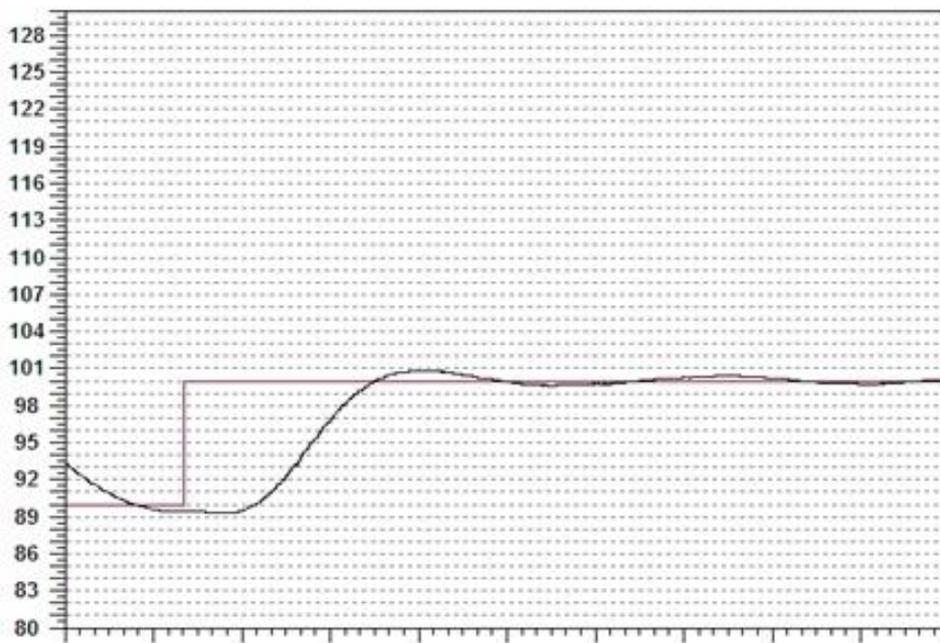
$$T_d=0,01$$

Рисунок 3.2.5 - Переходный процесс в системе с ПИД-регулятором после ручной настройки (вариант 2)

Из рисунка 3.2.5 следует, что уменьшение коэффициента пропорциональности положительно влияет на качество переходного процесса, но показатели качества остаются невысокими.

На третьем шаге проведём коррекцию интегральной составляющей для ПИ-регулятора, увеличив её до 50.

Переходный процесс представлен на рисунке 3.2.6. Из него следует, что система с таким регулятором остаётся колебательной, но имеет минимальное перерегулирование из всех проведённых ранее экспериментов, но по времени регулирования уступает первому эксперименту, что объясняется увеличенным значением интегральной составляющей регулятора $T_{и}$.



$$SP=100$$

$$K_{\Pi} = 0,9$$

$$T_i = 50$$

$$T_d=0,0$$

$$T_{5\%} = 130S$$

Рисунок 3.2.6 - - Переходный процесс в системе с ПИ-регулятором с коррекцией интегрального коэффициента

Таким образом, в результате проведённых экспериментов можно сделать следующие выводы:

- использование ПИ-регулятора с коэффициентами, рассчитанными методом Циглера-Николдса, даёт неплохие результаты;
- ПИД-регулятор делает систему неустойчивой;
- для получения хороших результатов в обоих случаях требуется дополнительная коррекция коэффициентов регуляторов.

5.РАЗДЕЛ «ФИНАСОВЫЙ МЕНЕДЖЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕЖЕНИЕ»

5.1 введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает досрочно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы - будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребует для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5.2 структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;

- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в приложении А.

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. Зависит от множества трудно учитываемая факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости

$t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

Где $t_{ожі}$ ожидаемая трудоемкость выполнения заданной чел.-дн.;

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице работ требуются специалисты:

- Инженер (И);
- Научный руководитель (НР).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительности 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, раб.дн.;

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

$Ч_{ожi}$ —численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.3 разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{Pi} * K_{\text{кал}}$$

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

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

$K_{\text{кал}}$ коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

Где $K_{\text{кал}}$ календарные дни ($K_{\text{кал}} = 365$)

$T_{\text{вых}}$ выходные дни ($T_{\text{вых}} = 52$)

$T_{\text{пр}}$ - праздничные дни ($T_{\text{пр}} = 12$)

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1.213,$$

В таблице (приложение А) приведены длительность этапов работ и число исполнителей занятых на каждом этапе, а также календарный план-график

(предложение Б)

5.4 анализ конкурентных технических решений

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

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- Технические характеристики разработки;
- Конкурентоспособность разработки;
- Уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- Бюджет разработки;
- Уровень проникновения на рынок;
- Финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Оценочная карта конкурентных технических решений (разработок) в данной отрасли по фирмам «Элемер» и «Тепло прибор» представлена в табл.5.4.1

Таблица 5.4.1 - оценочная карта для сравнения конкурентных технических Решений (разработок), где B_{K1} «Элемер» B_{K2} - «Теплоприбор» .

Критерии оценки	вес	баллы			Конкуренто-способность			
		B_{Φ}	B_{K1}	B_{K2}	K_{Φ}	K_{K1}	K_{K2}	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Технические критерии оценки ресурсоэффективности								
1. простота настройки		0.15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
2. потребность в ресурсах памяти контроллере		0.05	3	5	3	0,15	0,25	0,15
3. функциональное исполнение системы		0.1	5	3	1	0,5	0,3	0,1
4. Качество управления		0.05	3	5	3	0,15	0,25	0,15
5. уровень унификации		0.05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности								
1. конкурентоспособность		0.1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
2. уровень востребованности среди потребителей		0.1	1	5	3	0,1	0,5	0,3
3. цена		0.1	3	5	1	0,3	0,5	0,1
4. финасирование разработки		0.2	3	3	3	0,6	0,6	0,6
5. срок исполнения системы		0.1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
итого		1	36	46	30	3,7	4,4	3

5.5 SWOT-анализ

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе.

Результаты, полученные в результате оценки сильных и слабых сторон указанного проекта, а также его возможностей и предполагаемых угроз, Представлены в итоговой матрице (табл.5.5.1)

Таблица 5.5.1 SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Простота настройки и эксплуатации системы.</p> <p>С2. дешевизна по сравнению</p> <p>Использованием</p> <p>Предиктивных регуляторов</p> <p>С3.</p> <p>Высококвалифицированный научный труд</p>	<p>Сл1. Недостаточное количество отработанных методов настройки</p> <p>СЛ2. качество регулирования уступает системам с более сложными регуляторами</p>
Возможности:	<p>Простота настройки позволит легко опробовать результаты исследования и на других объектах ТПУ. Относительная дешевизна позволит получить финансирование для дальнейших разработок по данной теме.</p>	<p>Недостаточное количество исследованных методов и не самое высокое качество регулирования может привести к неудовлетворительным результатам на других объектах и системах.</p>
Угрозы:		<p>В силу недостаточного количества методов в исследовании резко понижается показатель конкурентоспособности, а показатели качества могут показывать на то,</p>

Использования качественно новых методов и подходов		что требуется качественно другой подход.
--	--	--

5.6 бюджет научно- технического исследования (НТИ)

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

- Материальные затраты НТИ;
- Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- Основная заработная плата исполнителей темы;
- Дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- Затраты научные расходы;
- Накладные расходы.

5.7 расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно- технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно- технической продукции для обеспечения нормального технического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентари, приборов,

лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий - объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведёте в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляются по следующей формуле:

$$З_M = (1 + K_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{рас\ x_i} ,$$

Где m - количество видов материалах ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{рас\ x_i}$ количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м m^2 и т.д.);

C_i цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./кг, руб./м, руб./ m^2 и т.д.);

K_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями - поставщиками).

Величина коэффициента (K_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цена на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу.

Таблица 5.7.1 - материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб	количество	Сумма, руб.
Блокнот	40	2 шт.	80
Бумага для принтера формата А4	150	2 уп.	300
Ручка шариковая	10	4 шт.	40
карандаш	10	2 шт.	20
Стирательная резинка	5	2 шт.	10
итого			450

$$Z_M = 450 \text{ рублей.}$$

Расходы на материалы составили:

5.8 расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

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

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования,

используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющего в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Все расчеты по приобретению сцеп оборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в табл. 5.8.1

Таблица 5.8.1 - материальные затраты на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование материалов	Цена за ед.,руб.	количество	Сумма, руб.
Контроллер ОВЕН ПЛК 150-220.А-М	17489	1	17489
нагреватель	2000	1	2000
вентилятор	2000	1	2000
Датчик ТРМ 50М	2459	1	2459
итого			23948

Расход на приобретение спецоборудования для научных работ:

$$З_{со} = 23948 \text{ рублей.}$$

5.9 основная заработная плата исполнителей тема

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих а выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30% от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл.

Среднедневная заработной платы рассчитывается по формуле:

$$\text{Дневная з/плата} = \frac{\text{месячный оклад}}{25,17 \text{ дней}}$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 6.9. При расчете учитывалось, что в году 302 рабочих дня и, следовательно, в

месяце 25,17 рабочих дня. Также был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{пр} = 0,3$ и районный коэффициент, $K_{рк} = 0,3$ ($K=1,3*1,3=1,69$)

Таблица 5.9.1 - затраты на основную заработную плату

исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени дни	коэффициент	Фонд з/платы, руб
НР	25000	993,25	36	1,69	60429,33
И	15000	595,95	73	1,69	73552,35
итого					133951,68

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили

$$Z_{осн} = 133951,68 \text{ руб.}$$

5.10 отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп})$$

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

На 2014 г. В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 год вводится пониженная ставка - 27,1%.

Таблица 5,10,1- Отчисления во внебюджетные фонды

исполнитель	Основная заработная плата,	Дополнительная заработная плата, руб.
-------------	----------------------------	---------------------------------------

	раб.	
НР	60429,33	-
И	73552,35	-
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	$K_{\text{внб}} = 27,1\%$	
итого	36300,9	

$$Z_{\text{внб}} = 27,1\% * 133951,68 = 36300,9$$

5.11 накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей} \div 7) * K_{\text{нр}}$$

Где $K_{\text{нр}}$ —коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%

$$Z_{\text{накл}} = (36300,9 + 133951,68 + 23948 + 450) * 0,16 = 31144,0928$$

5.12 формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно- исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл.5.12.1

Таблица 5.12.1 - расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	450
2. Затраты на специальное оборудование для научных (эксперименты) работ	23948
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	133951,68
4. отчисления во внебюджетные фонды	36300,9
5. Накладные расходы	31144,0928
6. бюджет затрат НИИ	227337,47

6.РАЗДЕЛ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Социальная ответственность - это сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач, норм и ценностей, понимание последствий осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

В данной ВКР представлено исследование работы реального объекта, который состоит из датчика температуры, нагревателя, вентилятора. Рабочее место представляет собой место оператора и включает в себя рабочий стол и персональный компьютер с помощью которого производится управление и настройка технического оборудования.

В текущем разделе указаны основные вредные и опасные факторы рабочей зоны, их анализ и способы защиты от них, аспекты охраны окружающей среды, защиты от чрезвычайных ситуаций, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

6.1.Техногенная безопасность

6.1.1 производственная санитария

Рабочая зона данного объекта характеризуется следующими вредными факторами:

- 1) шум ;
- 2) электромагнитное излучение;
- 3) освещение;
- 4) микроклимат;

6.1.1.1 Шум

Источниками акустического шума могут служить любые колебания в твёрдых, жидких и газообразных средах; в технике основные источники шума — различные двигатели и механизмы. Общепринятой является следующая классификация шумов по источнику возникновения:

- механические;
- гидравлические;
- аэродинамические;
- электрические.

Повышенная шумность машин и механизмов часто является признаком наличия в них неисправностей или нерациональности конструкций. Источниками шума на производстве является транспорт, технологическое оборудование, системы вентиляции, паевом- и гидроагрегаты, а также источники, вызывающие вибрацию.

Слуховые ощущения вызываются колебаниями упругой среды, представляющие собой механические колебания, распространяющиеся в

твердой, жидкой и газообразной средах и воздействующие на органы слуха. Как звук колебание воспринимаются только в диапазоне частот 16Гц-20Гц и при звуковых давлениях, превышающих порог слышимости человека.

Звуковые колебания могут описываться следующей функциональной зависимостью:

$$a = a_m \cdot \sin \omega t ,$$

Где a_m - амплитуда колебаний, м ; $\omega=2\pi f$ - угловая частота f - частота колебаний, Гц.

Гармонические колебания с амплитудой a_m и частотой f называются тоном. Сложные колебания характеризуются эффективным значением на временном периоде T :

$$a_{эф} = \sqrt{\frac{\int_0^T a^2(t) dt}{T}}$$

Для синусоидального процесса справедливо соотношение:

$$a_{эф} = \frac{a_m}{\sqrt{2}}$$

В зависимости от способа возбуждения колебаний различают:

Плоскую звуковую волну;

Цилиндрическую звуковую волну;

Сферическую звуковую волну.

Основными параметрами, характеризующими звуковую волну, являются:

Таблица 6.1.1.1.1 - основные параметры звуковой волны

Параметр	обозначение	Единица измерения
звуковое давление	$p_{эв}$	Па

интенсивность	I	Вт/м ²
Длина звуковой волны	L	м
Скорость распространения волны	v	м/с
Частота колебаний	f	Гц

Длина волны L Равна длине пути, пройденного волной за один период T

$$\lambda = v \cdot T$$

Где v скорость звука, T - период колебаний.

Звуковые колебания в воздухе приводят к его сжатию и разрежению. В области сжатия давление возрастает, а в областях разрежения понижается. Разность давления существующего в возмущенной среде в текущий момент времени, и атмосферным

давлением, называется звуковым давлением.

Звуковая волна является носителем энергии в направлении своего движения. Количество энергии, переносимой звуковой волной за одну секунду через сечение площадью 1 м² перпендикулярное направлению движения,

называется интенсивностью звука. Интенсивность звука определяется отношением звукового давления к акустическому сопротивлению среды, Вт/м²

$$I = \frac{p^2}{Z}$$

Во включении состоянии, представленная а выпускной квалификационной работе система автоматического регулирования уровня является явно выраженным источником аэродинамических и гидродинамических шумов, обусловленных работой привода насоса.

Шум оказывает негативное влияние на весь организм человека. Шумы средних уровней (менее 80 дБА) не вызывают потери слуха, но оказывают неблагоприятное утомляющее воздействие, которое аккумулируется с аналогичными воздействиями других вредных факторов и зависит от вида и характера рабочей нагрузки на организм человека.

Нормирование уровня шума призвано предотвратить нарушение работоспособности труда персонала. Для разных видов шумов применяются различные способы нормирования.

Для постоянных шумов нормируются звукового давления L_{p1} в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 63Гц, 125Гц, 250Гц, 500Гц, 1000Гц, 2000Гц, 4000Гц, 8000Гц. Для оценки шумовой характеристики рабочих мест за шумовую характеристику принимают уровень звука L по шкале А, измеряемый по временной характеристике шумомера <<S - медленно>>.

Нормируемыми параметрами прерывистого и импульсного шума в расчетных точках следует считать эквивалентные уровни звукового давления $L_{эКВ}$ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63Гц, 125Гц, 500Гц, 1000Гц, 2000Гц, 4000Гц, 8000Гц.

Эквивалентный уровень звука нормируется также для непостоянных шумов.

Документ, который призван регламентировать уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-83 <<ССБТ. Шум. Общие требования безопасности>>.

Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в дБ в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дуба для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать в соответствии со СНиП 23-03-2003 <<Защита от шума >>.

СН2.2.4/2.1.8.562-96<<Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой, застройки>>.

Нормированные значения шума представлены в таблице 6.1.1.1.2[17]

таблица 6.1.1.1.2 - Нормированные значения шума

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука и эквивалентный уровень звука дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения КБ, лабораторий для теоретических работ	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управлений, рабочие комнаты	79	79	68	58	55	52	50	49	60
Кабины дист управления с телефонной связью, помещения точной сборки	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Лаборатории для проведения эксперимент. работ	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в произв. Помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые[18].

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой и применением шум безопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты и индивидуальной защиты.

В первую очередь используются средства коллективной защиты. По отношению к источнику возбуждения шума, коллективные средства защиты подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Снижение шума в источнике осуществляется за счет модернизации конструкции технических средств или изменения технологического процесса. Средства, предназначенные для снижения шума в источнике его возникновения, в зависимости от характера источника шума, можно классифицировать как снижающие шум:

- Механического происхождения;
- Аэродинамического происхождения;
- Гидродинамического происхождения;
- Электромагнитного происхождения;
- По способу реализации, методы и средства коллективной защиты делятся на:
 - Строительно-акустические;
 - Архитектурально-планировочные;
 - Организационно-технические.
- Данные средства включают в себя:

- Изменение направленности излучения шума;
- Рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- Применение звукоизоляции.

К архитектурно-планировочным решениям относится создание санитарно-защитных зон вокруг предприятий. С увеличением расстояния от источника уровень шума снижается. Таким образом, создание санитарно-защитной зоны необходимой ширины - это наиболее простой способ обеспечения санитарно-гигиенических норм вокруг предприятий.

Ширина санитарно-защитной зоны определяется установленным оборудованием, например, ширина санитарно-защитной зоны вокруг крупных ТЭС может составлять несколько километров. Для объектов, находящихся в черте города, создание такой санитарно-защитной зоны порой становится неразрешимой задачей.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются, если не удается обеспечить допустимый уровень шума на рабочих местах иным способом. Основным принцип действия СИЗ - защита наиболее чувствительного канала воздействия шума на организм человека, т.е. Ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и центральной нервной системы (ЦНС) от действия излишнего раздражителя. СИЗ наиболее эффективны в областях высоких частот. ИСЗ включают в себя шлемы, противочумно вкладыши (берущий), каски, наушники, специальные костюмы.

6.1.1.2 электромагнитное излучение

При работе дисплея регистрируется рентгеновское, микроволновое, ультрафиолетовое, инфракрасное, излучения, низко- и ультранизкочастотное электромагнитное поле. Персональный компьютер содержит в себе два источника излучения: монитор и системный блок[19].

Электромагнитное излучение — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля.

Среди электромагнитных полей вообще, порождённых электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников - движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием.

Электромагнитные волны подразделяется на:

- Радиоволны (начиная со сверхдлинных);
- Видимый свет;
- ИК излучение;
- Терагерцовое излучение;
- УФ излучение;
- Рентгеновское излучение;
- Гамма - излучение.

Электромагнитное излучение имеет способность распространяться практически во всех средах. В вакууме электромагнитное излучение распространяется без затуханий на неограниченно большие расстояния, но зачастую достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом, но несколько изменяя своё поведение.

В данной выпускной квалификационной работе настройка параметров регулятора и мониторинг текущего состояния процесса регулирования уровня осуществляется с помощью персонального компьютера с установленным необходимым программным обеспечением. Таким образом, работа на данном объекте подразумевает использование компьютера, а соответственно и наличие такого вредного фактора., как электромагнитное излучение.

Длительная работа с ЭВМ приводит к снижению уровня внимания и восприятия, ухудшению обработки информации оператором, утомлению и мигрени, возникновению депрессии. Интенсивная продолжительная работа на компьютере может быть причиной профессиональных забиваний из-за повторяющихся нагрузок, а также из-за высокого расположения клавиатуры, неправильной высоты кресла, положения кистей рук во время работы или высокого положения поверхности стола. Все это приводит к возникновению болезней нервов, мышечных тканей и сухожилий, таких как ущемление медиального нерва. Хронические боли в шейном и поясничном отделе позвоночника в силу неизменной рабочей зоны. Электромагнитные излучения ухудшают работу сосудов головного мозга, что называется ослаблением остроты зрения и памяти. Наблюдается также рост заболеваний ЦНС в 4,5 раза чаще, чем у работающих на других производствах, сердечно-сосудистой - в 2,1 раза, верхних дыхательных путей - в 4,1 раза, желудочно-кишечного тракта - в 2, опорно-двигательной системы - в 3 раза. Также доказано, что работа кровеносных сосудов головного мозга ослабляется на 8% за 2 часа непрерывной работы и на 20% - за 4 часа, сосудов глаз - соответственно на 16 и 43%. Необходимо отметить, что все нормы рассчитаны для здоровых людей, а если у человека имеются определённые патологические отклонения, то степень поражения резко возрастает.

Существуют данные, показывающие, что при работе с дисплеем в течение 2-6 часов и более в день повышается риск заболевания экземой из-за наличия электростатического и электромагнитного полей, которые являются причиной повышения концентрации положительных ионов в рабочей зоне оператора ЭВМ.

По вопросам нормирования ЭМИ ПК в России появились два основополагающих стандарта (гармонизированные с МРК 1990:8 и МРЯ 1990:10), которые были введены в действие в 1997 году. Это ГОСТ Р 50948-96. «Средства отображения информации индивидуального пользования».

Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности>>. С учетом данных стандартов Госсанэпиднадзор России разработал и с 1-го января 1997 года ввел в действие обязательные санитарные правила и нормы - СанПиН 2.2.2.542-96 <<Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы>>. Нормированные значения уровней ЭМИ ПК приведены в таблице 6.1.1.2.1:

Таблица 6.1.1.2.1 - Допустимые уровни напряженности электромагнитных полей при работе с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами(СанПиН 2.2.2.542-96)

№	Параметры воздействия, частота излучения	Допустимые значения
1	Статическое поле	20000В/м
2	На расстоянии 50 см вокруг - диапазон частот 5Гц - 2кГц - диапазон частот 2 - 400кГц	25В/м 2,5В/м
3	Переменное поле на расстоянии 50 см вокруг	0,25А/м
4	Магнитная индукция не более - диапазон частот 5Гц - 2кГц - диапазон частот 2 - 400кГц	250нТл 25нТл
5	Поверхностный электростатический потенциал не более	500В

Перед началом работы следует обратить внимание на несколько моментов:

- а) достаточен ли уровень общего освещения;
- б) расположение верного края монитора по отношению к глазам оператора;
- г) не мешают ли опоры для рук работе с клавиатурой;

Верхний край монитора должен находиться на одном уровне с глазом, нижний край - примерно на 20 ниже уровня глаза.дисплей должен быть на

расстоянии 40-75 см от глаз. Освещенности помещения. При работе с клавиатурой локтевой сустав держат под углом 90. Каждые 10 минут следует отводить на 5-10 секунд взгляд в сторону от дисплея (например, в сторону окна). Не рекомендуется работать на клавиатуре непрерывно более 30 минут. При первых признаках боли в руках следует немедленно обращаться к врачу. Организовать работу лучше таким образом, чтобы характер выполняемых операций изменялся в течение рабочего дня.

Одна из причин ухудшения состояния здоровья у операторов ЭВМ - это низкое качество мониторов. Оптимальная расстановка компьютеров в рабочем помещении является важным мероприятием по защите от излучения.

В помещениях должно быть смешанное (естественное и искусственное) освещение. Естественное освещение в помещении осуществляется через световые проемы. При этом рекомендуется, чтобы оно было ориентировано на север и северо-восток. Размер КЕОв зонах с устойчивым снежным покровом должен быть не менее 1,2%, а на остальной территории - 1,5%.

Осветительные установки размещают так, чтобы они обеспечивали равномерную рассеянность освещения. Светильники общего освещения следует располагать над рабочими поверхностями в равномерно прямоугольном порядке, чтобы величина искусственной освещенности составляла не менее 300 лк.

Рабочий стол должен регулироваться по высоте в пределах 680 - 800 мм. Оптимальная ширина рабочей поверхности стола составляет 800 - 1400 мм при глубине 800 и 1000 мм. Под рабочим столом должно иметься свободное пространство для ног высотой не менее 60 см.

К монитору предъявляют следующие требования;

- 1) размер не менее 13 дюймов (31см) по диагонали;
- 2) наличие антибликового покрытия;
- 3) дрожание на дисплее в покрытии;

4) Контрастность изображения не менее 0,8.

При нормировании числа считываемых или вводимых знаков за смену (число считываемых знаков не более 60 000, а суммарное количество считываемых и вводимых знаков до 40000 за смену) и при восьмичасовом рабочем дне регламентированные перерывы устанавливаются каждые 2 ч по 15 мин. В целях профилактики переутомления и перенапряжения во время перерывов необходимо выполнять комплексы упражнений.

Работники должны проходить предварительный (при приеме на работу) и периодический медицинский осмотр для предупреждения профессиональных заболеваний.

6.1.1.3 Освещение

Освещение-получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий ведения предметов и объектов. Является определяющим фактором эффективности труда, влияющим на зрение и общее самочувствие человека. Классифицируя освещение по типу источника, освещение может быть трех видов: естественное, искусственное и смешанное. Для гигиенической оценки освещения используются светотехнические характеристики, принятые в физике.

Видимое излучение - участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм, которые различает глаз человека.

Световой поток F - мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому зрительному ощущению. Единица измерения - люмен (лм).

Сила света I - пространственная плотность светового потока:

Освещенность - поверхностная плотность светового потока. Единица измерения - люкс (лк).

Яркость D - поверхностная плотность силы света в определенном направлении. Яркость равна отношению силы света в произвольном

направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению. Единицей измерения яркости является кд/м² это яркость такой поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади 1 м² Искусственное освещение устанавливается в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в те часы, когда естественная освещенность отсутствует.

По принципу организации искусственного освещения можно разделить на два вида: комбинированное и общее.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение создает условия для выполнения работ в любом месте освещаемого пространства. При общем локализованном освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создать повышенную освещенность на рабочих местах. Комбинированное освещение состоит из общего и местного.

Местное освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на: Рабочее аварийное, эвакуационное и охранное.

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным

освещением, должна составлять 5% освещенность, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

Эвакуационное освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей в количестве более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность не менее осв. рабочих 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытой территории.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли. Известны два подхода к нормированию освещенности рабочих поверхностей.

По санитарно-гигиеническим нормам рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза.

Работа за компьютером относится к IV разряду зрительной работы средней точности. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 – 1 мм. По нормам [3] рекомендуемая освещенность помещения для данного разряда 400 лк (таблица 2).

Таблица 2 – нормы освещенности

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

Требования к освещению рабочих мест, оборудованных персональным компьютером, показаны в таблице 3 в соответствии с нормами [3].

Таблица 3 – Требования к освещению на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

Искусственное освещение осуществляется с использованием газоразрядных люминесцентных ламп низкого давления типа ЛБ-40, в количестве 9 светильников в каждом по 4 лампы.

6.1.1.4 Микроклимат

Микроклимат искусственных помещений-климат внутренней среды этих помещений, который определяется сочетаниями температуры, внешности, скорости движения воздуха. А также уровнем интенсивности теплового излучения. Влажность воздуха, процент содержание в воздухе водяного пара. Абсолютная влажность W -масса водяного пара в 1 М³ воздуха. Максимальная влажность F - масса водяного пара, который может насытить 1 М³ воздуха при данной температуре. Относительная влажность R -это отношение абсолютной влажности к максимальной.

Указанные параметры оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его здоровье и самочувствие. При определенных значениях данных параметров, человек испытывает состояние

теплового комфорта, что способствует повышению эффективности и производительности труда, предупреждению ОРЗ и ОРВИ. Неблагоприятные значения микроклиматических параметров могут стать причиной снижения показателей производства, привести к таким заболеваниям как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит. Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда.

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям персонала, санитарными нормами установлены оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом измеряются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха (СанПиН 2.2.4.548-96).

Оптимальные микроклиматические условия - сочетание параметров климата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и состоит предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия - сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжения реакций терморегуляции, на выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные ощущения, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в помещениях должны соответствовать величинам, приведенным в табл.6.1.1.4.1, 6.1.1.4.220].

Таблица 1 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата.

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22 – 24	25	26	21	18	40 – 60	75	0,1	0,1
Теплый	23 – 25	28	30	22	20	40 – 60	70	0,1	0,1

6.1.2 Анализ опасных факторов

6.1.2.2 электробезопасность

В настоящей работе представлены следующие электротехнические приборы:

1) программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 150

Напряжение питания 90-264 в переменного тока (номинальное напряжение 220В) частотой 47..63 Гц, потребляемая мощность 6 Вт

преобразователь частоты векторный ПЧВ ОВЕН питание 1x220В (0,18..2,2 кВт) и 3x380В (0,37..22кВт);[21]

В качестве защиты используется защитное заземление и зануление электрических устройств. Кроме того, в системе предусмотрено защитное отключение.

6.2 Региональная безопасность

В результате анализа реализации предлагаемых в данной ВКР конструкторских и технологических инноваций, источников загрязнения окружающей среды не выявлено. Объект не содержит элементов содержащих токсические вещества, не производит выбросов в атмосферу, а составные части системы не требуют специальной утилизации или обработки по истечению срока службы.

6.3 Особенность законодательного регулирования проектных решений

При реализации данного технологического решения, представленного в ВКР, был разработан комплекс мер по обеспечению безопасности труда при работе на данном объекте. При разработке данных мер были использованы следующие нормативные документы:

1) СанПиН 2.2.2542-96 «гигиенические требования к видео дисплейным терминалам, персональным электронным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

2) ГОСТ Р 50949-96. « средства отображения информации индивидуального пользователя. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности»

3) ГОСТ Р 50948-96. « средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности»

4) СНиП 23-03-2003 «защита от шума»

5) СН 2.2.4/2.1.8.562-96«шум на рабочих местах, в помещениях жилой, общественных зданий и на территории жилой, застройки»

6) ГОСТ 12.1/2.1.1.1278-03 « ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»

7) СНиП 23-05-95 «естественное и искусственное освещении»

8) СанПиН 2.2.1/2.2.1.1.1278-03 « гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»

9) СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

6.4 безопасность в чрезвычайных ситуациях

На объекте возможные следующие ЧС:

- Короткое замыкание;
- Учёта жидкости из-за переполнения емкости;
- Протечка трубопровода.

Наиболее типичной ЧС для данного объекта является учёта жидкости из-за переполнения емкости.

Данная система является системой автоматического регулирования уровня жидкости в емкости, регулирование осуществляется по притоку, т.е. Регулируется количество вещества, поступающее в емкости.

Для предупреждения ЧС на объекте приняты следующие меры:

- Аварийная сигнализация;
- Регуляторная проверка работоспособности отсечных клапанов;
- Тестирование программного обеспечения в режиме симуляции перед использованием на реальном объекте.

Для повышения устойчивости объекта к данной ЧС приняты следующие меры:

- Снижен диапазон рабочих заданий уровня;
- Увеличен диаметр сливной трубы;
- Уменьшен приток.

В случае возникновения на объекте ЧС будет произведены следующие действия:

- Немедленное аварийное отключение установки;

- Полное аварийное открытие сливного клапана для опустошения емкости;
- Обесточивание всей лаборатории во избежание короткого замыкания;
- Уборка вытекшей жидкости;
- Проветривание помещения.

6.4.1 пожаробезопасность

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита - меры, обеспечивающие успешную борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией.

Возникновение пожара в помещении, где установлена вычислительная и оргтехника, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Чрезвычайные ситуации приводят к полной потере информации и большим трудностям восстановления всей информации в полном объём.

Согласно нормам технического проектирования, в зависимости от характеристики используемых в производстве вещания подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д.

Данное помещение относится к категории Д, помещение в которых находятся негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Для исключения возникновения пожара необходимо:

- вовремя выявлять и устранять неисправности;
- не использовать открытые обогревательные приборы, приборы кустарного производства в помещении лаборатории;
- определить порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также

назначить ответственного за их проведения.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, произвести эвакуацию и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы проведены исследования теплового объекта, выполненного на базе эмулятора печи ЭП10 компании Овен. Для отвода тепла от объекта используется вентилятор на базе асинхронного двигателя, управляемый преобразователем частоты ПЧВ. Регулирование температуры объекта выполняется регулированием частоты вращения вентилятора.

При выполнении ВКР решены следующие задачи:

- по переходной характеристике проведена идентификация объекта;
- на основании полученных характеристик объекта методом Циглера - Никольса проведён расчет коэффициентов регулятора;
- проведены испытания на реальном объекте;
- по результатам испытаний проведена ручная коррекция настроек регулятора.

Основным выводом следует считать достаточно хорошие результаты переходного процесса ПИ-регулятором, коэффициенты для которого рассчитаны методом Циглера-Николдса и неудовлетворительные результаты использования ПИД-регулятора.

Выявлено негативное влияние дифференциальной составляющей, которая в ходе эксперимента привела к неустойчивости системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Преображенский В. П. Теплотехнические измерения и приборы. 3-е изд. – М.: Энергия, 1978. – 702 с.
2. Линевег Ф. Измерение температур в технике. Справочник: Пер. с нем. – М.: Metallurgia, 1980. – 554 с.
3. Фань Чун-вуй, Анализ качества и синтез систем автоматического регулирования с запаздыванием, Автомат.и телемех., 1958, том 19, выпуск 3, 197–207
4. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления: учеб. пособие.—СПб.: Профессия, 2007. – 752с.
5. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. Пер. с польского М., «Машиностроение», 1974, 328 с.
6. Статья «Настройка ПИД-регулятора по кривой разгона объекта с самовыравниванием для максимального быстродействия с заданным перерегулированием при идентификации объекта моделью первого порядка с запаздыванием С.В. Стельмашук ВЕСТНИК ТОГУ. 2013. №2(29)
7. Настройка типовых регуляторов по методу Циглера–Никольса: метод. указания к выполнению лаб. работы для студентов, обучающихся по направлениям 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 201000 «Биотехнические системы и технологии» / сост. О.С. Вадутов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 10 с.
8. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник. – М.: МГИУ, 2003. – 352 с.

9. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. – М.: СОЛОН – Пресс, 2004. – 256 с.
10. Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 150 – Краткое описание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_plk_150/opisanie – Загл. с экрана.
11. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.
12. Автоматический контроль и регулирование в черной металлургии. Справочник. Климовицкий М.Д., Копелович А.П. Изд-во «Металлургия», 1967.
13. Дралюк Б.Н., Синайский Г.В. Системы автоматического регулирования объектов с транспортным запаздыванием. М., «Энергия», 1969. – 72 с.
14. Системы автоматического управления с запаздыванием: учеб. пособие / Ю.Ю. Громов, Н.А. Земской, А.В. Лагутин, О.Г. Иванова, В.М. Тютюнник. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 76 с
15. Методы классической и современной теории управления. Т.1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Подред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Учебник в 5-и тт. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, – 2004. – 656 с.
16. СанПиН 2.22.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996.
17. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.

18. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
19. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
20. ГОСТ 12.1.003-83 Шум Общие требования безопасности, 1983.
21. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
22. Словари и энциклопедии [Электронный ресурс]. URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/
23. ГОСТ 12.1.019–85 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты, 1985.
24. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, утв. Приказом ГУ ГПС МВД РФ от 31.10.95 № 32.
25. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, инженер
	3	Проведение патентных исследований	Научный руководитель, инженер
	4	Разработка календарного плана	Научный руководитель, инженер
Проведение исследования	5	Проектирование объекта управления	Научный руководитель, инженер
	6	Строительно-монтажные Работы	инженер
	7	Тестирование системы на предмет общей работоспособности	инженер
	8	Идентификация объекта	Научный руководитель, инженер
	9	Исследование литературы по настройке регуляторов	инженер
	10	Расчет параметров регуляторов	инженер
	11	Применение настроек	инженер
	12	Дополнительная подстройка регулятора	Научный руководитель, инженер
	13	Оценка качества переходных процессов и качества регулирования	Научный руководитель, инженер
Проведение ОКР			
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	инженер

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

График проведения научного исследования

этап	исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_{pi}		T_K	
					НР	И	НР	И
Составление и утверждение технического задания	НР	3	5	3,8	3,8	4,61
Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	10	13	11,2	5,6	5,6	6,79	6,79
Проведение патентных исследований	НР, И	4	6	4,8	2,4	2,4	2,91	2,91
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	1,4	1,4	1,7	1,7
Проектирование объекта управления	НР, И	15	18	16,2	8,1	8,1	9,83	9,83
Строительно-монтажные работы	И	20	24	21,6		21,6		26,2
Тестирование системы на предмет общей работоспособности	НР, И	5	7	5,8	2,9	2,9	3,52	3,52
Идентификация объекта	НР, И	3	5	3,8	1,9	1,9	2,3	2,3
Исследование литературы по настройке регуляторов	И	4	6	4,8		4,8		5,82
Расчет параметров регуляторов	И	2	3	2,4		2,4		2,91
Применение настроек	И	1	3	1,8		1,8		2,18
Дополнительная подстройка регулятора	НР, И	4	6	4,8	2,4	2,4	2,91	2,91
Оценка качества переходных процессов и качества регулирования	НР, И	2	4	2,8	1,4	1,4	1,7	1,7
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	3	6	4,2	4,2	5,09