

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 автоматики и компьютерных систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Управление объектом с запаздыванием

УДК 681.516.73

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8A21	Климошенко Сергей Сергеевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Антоневич О.А.	к.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
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
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за 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
Кафедра автоматики и компьютерных систем
Направление 27.03.04 «Управление в технических системах»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой АиКС ИК
_____ Фадеев А.С

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8A21	Климошенко Сергей Сергеевич

Тема работы:

Управление объектом с запаздыванием
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Система управления уровнем
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Исследование регулятора Смита на системе с запаздыванием
Перечень графического материала	Презентация в формате *.ppt на 11 слайдах

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко В.С
Социальная ответственность	Антоневич О.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику:	10.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
--------	-----	---------	------

8A21	Климошенко Сергей Сергеевич		
------	-----------------------------	--	--

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего 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 – осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2016 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
Зав. каф. АИКС	Фадеев А.С.	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8A21	Климошенко Сергею Сергеевичу

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»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ).	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала

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. Менеджмента	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8A21	Климошенко Сергей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8A21	Климошенко Сергей Сергеевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	АИКС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	27.03.04 «Управление в технических системах»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).	Рабочим местом является лабораторный стенд в помещении. Рабочей зоной является место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров управления системы. Здание, в котором находится лабораторный стенд, расположено на территории ТПУ 10 корпус.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность: 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – 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).	1. Отклонение показателей микроклимата; 2. Недостаточная освещённость рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений.
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – 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).	Электрический ток (Источником является ПК, двигатель).
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу; – анализ воздействия объекта на гидросферу;	Утилизация люминесцентных ламп.

– анализ воздействия объекта на литосферу; – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – 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.	Возможные ЧС на объекте: короткое замыкание; утечка жидкости из-за переполнения емкости; протечка трубопровода. Наиболее типичной ЧС является утечка жидкости.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8A21	Климошенко Сергей Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалифицированная работа содержит 68 страниц текста, 15 рисунков, 20 таблиц, 2 приложения, 26 литературных источников.

Ключевые слова: идентификация, запаздывание, регулятор Смита, настройка регуляторов, система автоматического регулирования уровня.

Объектом исследования является реальная система автоматического регулирования уровня, содержащая в себе звено чистого запаздывания.

Цель работы: произвести настройку контура регулирования, которая включает в себя идентификацию объекта управления, т.е. получение его основных динамических характеристик, расчет параметров регулятора Смита и применение данных настроек к системе с целью получения удовлетворительного качества регулирования уровня в емкости.

В процессе выполнения работы использовалась среда разработки Codesys v2.3 для программирования контроллера, были использованы языки Стандарта МЭК 61131 CFC и ST, а также произведен расчет параметров регулятора Смита с его дальнейшим применением и ручной подстройкой.

В результате исследования был проверен метод Циглера – Никольса и метод ручной настройки для данного класса систем, произведена оценка качества регулирования технологического параметра и сравнение регулятора Смита с обычным ПИД-регулятором.

Область применения: производственные системы с транспортным запаздыванием, т.е. системы регулирования толщины полосы на листопрокатных станках, всевозможные транспортеры и объекты, содержащие протяженные транспортные линии [1].

В будущем планируется исследования ППИ-регулятора.

Определения, обозначения, сокращения,

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.

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.....	14
Обзор литературы.....	16
1 Объект и методы исследования	17
1.1 Описание объекта	17
1.2 Работа объекта	18
1.3 Описание эксперимента	19
1.4 Идентификация объекта.....	20
1.5 Классификация регуляторов.....	21
1.6 Выбор типа регулятора	22
1.7 Настройка регулятора	23
1.8 Регулятор Смита	25
2 Исследование системы	28
2.1 Исследования системы методом моделирования.....	28
2.2 Экспериментальные исследования	30
2.2.1 Программная часть системы управления в среде CoDeSys.....	31
2.2.2 Описание контроллера ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М.....	35
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	38
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. ..	41
4.1 Планирование научно-исследовательских работ	42
4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	42
4.1.2 Разработка графика проведения научного исследования.....	45
4.1.3 Анализ конкурентных технических решений.....	46
4.1.4 SWOT-анализ	47
4.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	48
4.2.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	48
4.2.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	50
4.2.3 Основная заработная плата исполнителей темы	51
4.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	52
4.2.5 Накладные расходы	53

4.2.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	54
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	55
5 Социальная ответственность	58
5.1 Профессиональная социальная безопасность	58
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов.....	58
5.1.2 Анализ вредных факторов	59
5.1.3 Анализ опасных факторов	67
5.2 Экологическая безопасность.....	68
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	69
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	70
Заключение	72
Список используемых источников.....	75
Приложение 1	78
Приложение 2	80

Введение

Интерес к системам управления с запаздыванием всегда был и остаётся на достаточно высоком уровне. Этот факт объясняется рядом причин. Большинство производственных процессов обладают запаздыванием, влияние которого на динамику весьма велико. Ряд объектов обладают скрытым запаздыванием, которое в сравнении с быстродействием процессов на объекте не велико. Таким запаздыванием чаще всего пренебрегают. Но в ряде случаев запаздывание является принципиальным свойством объекта, что требует его учета при анализе динамических свойств объекта. К таким объектам относятся всевозможные транспортёры или объекты, построенные по аналогичному принципу. В таких объектах запаздывание может проявляться в двух видах: запаздывание по входу - запаздывание информации о состоянии объекта, запаздывание по измерению; запаздывание по выходу - запаздывание управляющего воздействия на объект, запаздывание по управлению. Чем больше отношение величины запаздывания к наибольшей постоянной времени объекта, тем сложнее добиться требуемого качества регулирования. Да и способы повышения качества регулирования основаны на сформулированном выше выводе:

уменьшение отношения величины запаздывания к наибольшей постоянной времени объекта путем внесения конструктивных или других видоизменений;

применением регуляторов сложной структуры, позволяющих уменьшить негативное воздействие запаздывания.

Настройка контура регулирования состоит из трёх важных этапов: идентификация объекта, расчет параметров регулятора и настройка регулятора. Поставленные задачи исследования:

- идентификация объекта: принцип работы, структура, назначение, передаточная функция;
- применение регулятора Смита;

- настройка регулятора Смита;
- сравнение полученных результатов с обычным ПИД-регулятором.

Для сравнения результатов исследований используются следующие показатели качества переходных процессов:

время регулирования t_p - это время, за которое регулируемая величина в переходном процессе начинает отличаться от установившегося значения менее чем на заранее заданное значение Δ , где Δ — точность регулирования и определяется как 5% от $u_{уст}$.

перерегулирование σ - характеристика управления, определяемая как отношение максимального отклонения выходной координаты u_{max} в переходном режиме функционирования объекта от ее значения в установившемся режиме $u_{уст}$ и определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{u_{max} - u_{уст}}{u_{уст}} * 100\%.$$

Возможно этих показателей будет недостаточно, и тогда в процессе выполнения работы будут предложены дополнительные показатели.

Обзор литературы

В настоящее время наблюдается высокий интерес к системам управления с запаздыванием. Начиная с 70-х годов прошлого века, начались активные исследования на эту тему. Проблемы, касающиеся этой темы, имеют место быть как в классическом регулировании, так и в теории оптимального управления и синтеза регуляторов. Впервые вопросы запаздывания в теории классического регулирования была рассмотрены в книге Хенрика Гурецкого «Анализ и синтез систем управления с запаздыванием», в которой изложены методы анализа линейных, нелинейных и импульсных систем автоматического регулирования с запаздыванием и методов выбора параметров типовых регуляторов.

В книге «Системы автоматического регулирования объектом с транспортным запаздыванием. Дралюк Б.Н., Синайский Г.В.» рассмотрены системы регулирования объектов с запаздыванием измерения регулируемого параметра обрабатываемого материала, в которых запаздывание определяется транспортировкой материала от рабочего органа до измерителя.

1 Объект и методы исследования

1.1 Описание объекта

Исследуемый объект представлен на рисунке 1. Объект состоит из двух емкостей, основной 1 и вспомогательной 2. Основная ёмкость представляет собой вертикальную цилиндрическую ёмкость со встроенным датчиком уровня 3. Вспомогательная ёмкость расположена горизонтально ниже основной, что обеспечивает свободный слив жидкости из основной ёмкости во вспомогательную через ручной вентиль 5. Для того чтобы контур регулирования был замкнут, жидкость из вспомогательной ёмкости насосом 8 подается в основную ёмкость по трубопроводу 4. Насос располагается в самой нижней точке объекта, что обеспечивает постоянную наполненность его всасывающей линии. Трубопровод 4 представляет собой незаполненный трубопровод, в котором уравнение неразрывности струи [1] не выполняется, что гарантирует отсутствие мгновенной реакции уровня в основной ёмкости на изменение производительности насоса. В исследуемом объекте трубопровод 4 выполняет роль звена чистого запаздывания. Предельные значения производительности насоса и длины трубопровода подобраны таким образом, что время запаздывания может достигать 40 секунд.

Для измерения уровня используется гидростатический способ.

Объёмы основной и вспомогательной емкостей при различии физических форм выбраны одинаковыми, тем самым обеспечивается равновесие системы при любом соотношении жидкости в емкостях.

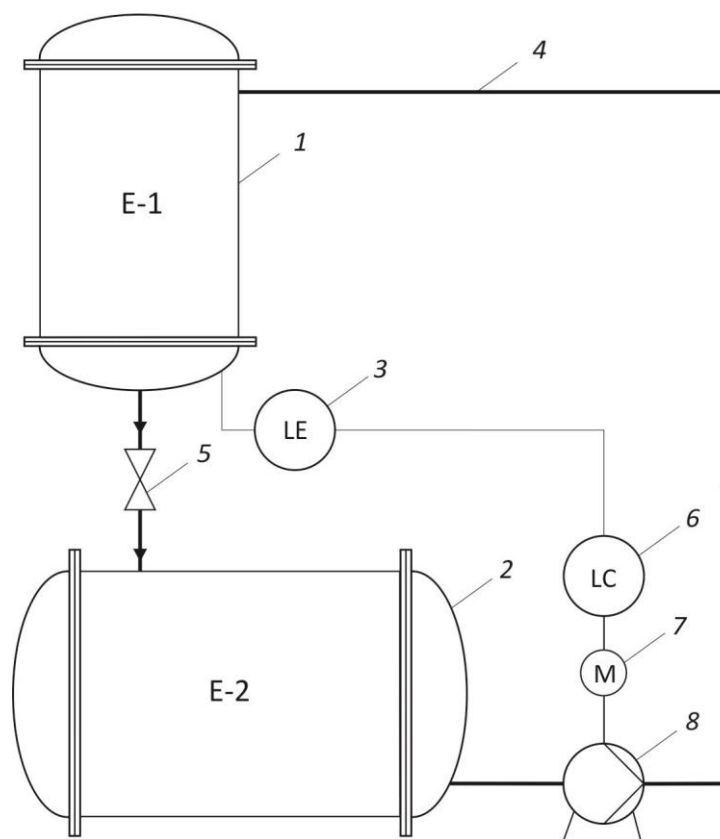


Рисунок 1 – Функциональная схема объекта управления:

- 1 – основная емкость;
- 2 – вспомогательная ёмкость;
- 3 – датчик уровня;
- 4 – линия запаздывания (незаполненный трубопровод);
- 5 – ручной вентиль;
- 6 – регулятор уровня;
- 7 – асинхронный двигатель (привод насоса);
- 8 – насос.

1.2 Работа объекта

Из вспомогательной емкости 2 насосом 8 жидкость перекачивается в основную ёмкость 1 по трубопроводу 4 и сливается через вентиль 5. Уровень в основной ёмкости измеряется датчиком 3. Принцип работы датчика основан на измерении давления, создаваемого столбом жидкости. Результат измерений поступает в регулятор 6, который на основании реализуемого закона регулирования формирует аналоговый выходной сигнал 4...20 мА. Выходной

сигнал поступает на частотный преобразователь, который управляет производительностью насоса.

Возмущающими воздействиями для объекта являются степень открытия ручного вентиля 5 и величина задания регулируемой величины, задаваемой в регуляторе 6.

1.3 Описание эксперимента

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

Принимая во внимание тот факт, что реакцией системы является уровень можно заранее предположить, что при постоянном входном воздействии уровень жидкости в баке будет линейно расти (идеальный интегрирующий элемент). Иными словами объект не обладает самовыравниванием. Действительно, в идеальном случае при наличии безразмерной емкости и неограниченного количества жидкости объект можно представить идеальным интегрирующим звеном. Однако реальный объект обладает рядом ограничений. Во-первых, размеры используемых емкостей конечны, и второе, самое важное ограничение, ограниченный объём жидкости перемещаемой в системе. Важность второго ограничения связана с тем, что реальный объект обладает самовыравниванием, и в этом случае будет описываться апериодическим звеном первого порядка.

Для снятия кривой разгона жидкость из основной ёмкости сливается во вспомогательную ёмкость до минимально возможного уровня. Регулятор переводится в ручной режим. Фиксируется время подачи входного ступенчатого воздействия. Ступенчатое воздействие представляет собой изменение управляющего сигнала на частотный преобразователь 16 мА (от 4 до 20 мА), что соответствует изменению частоты питающего напряжения насоса от 0 до 50 Гц, или изменению производительности насоса от 0 до 10 л/мин.

На рисунке 2 представлена кривая разгона системы.

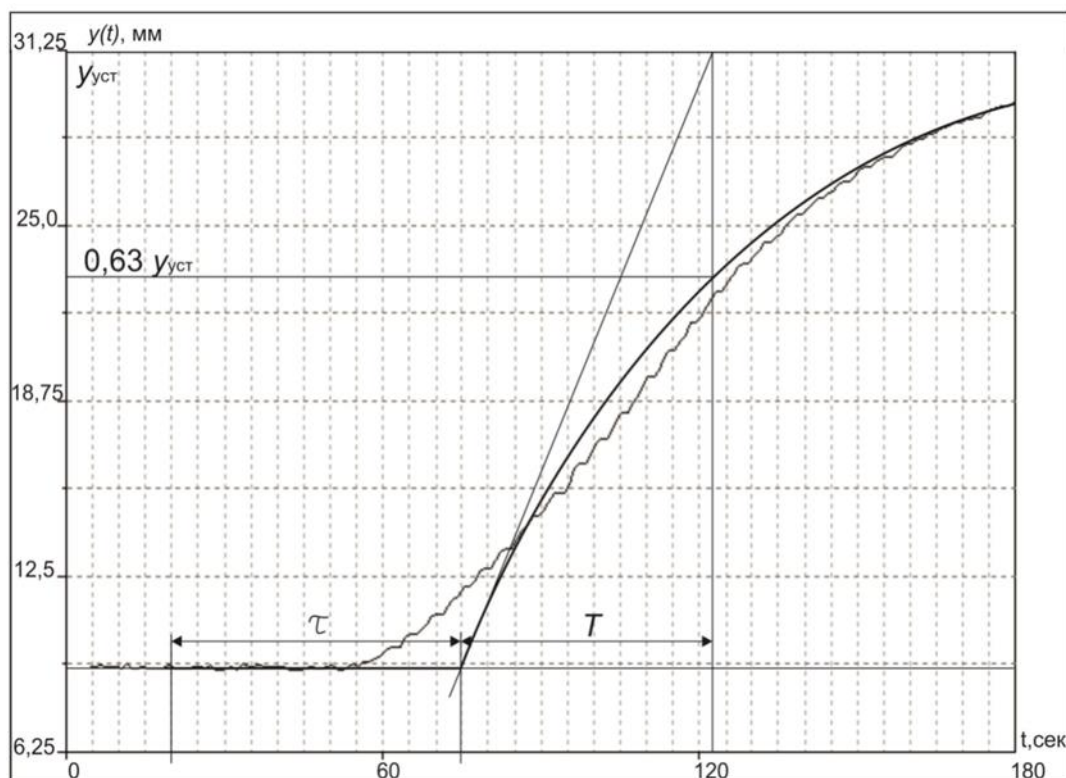


Рисунок 2 - Кривая разгона системы

1.4 Идентификация объекта

Передаточные функции объектов управления, имеющих апериодическую кривую разгона, как на рисунке 2, представляются в виде последовательного соединения апериодического и запаздывающего звеньев.

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

где k – коэффициент передачи;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени объекта.

Коэффициент передачи k есть отношение установившегося значения выходной величины к величине ступенчатого входного сигнала, вызвавшего это изменение. Выходной величиной исследуемого объекта является уровень, который в процессе эксперимента изменяется на 20,64 см, что соответствует изменению управляющего сигнала на исполнительный механизм 16 мА.

Коэффициент передачи $k=1,29$.

Время запаздывания τ – это интервал времени от момента подачи входного сигнала до момента начала «движения» системы под воздействием этого сигнала. В течение этого интервала времени входной сигнал $U(t) \neq 0$, а система находится в покое $y(t) = 0$, при условии, что до момента действия входного сигнала, объект находился в равновесном состоянии и в нем отсутствует запасённая энергия.

По кривой разгона определяется время запаздывания $\tau = 55$ с.

Постоянная времени объекта определяется графически по кривой разгона (см. рис. 2) $T=47$ с.

С учетом полученных значений выражение (1) запишем в следующем виде:

$$W(s) = \frac{1,29}{47s+1} \cdot e^{-55s}. \quad (2)$$

Отношение $\tau/T > 1$, из чего можно предположить о возможных трудностях настройки регулятора традиционными способами.

1.5 Классификация регуляторов

Классификация автоматических регуляторов:

- по назначению;
- по виду используемой энергии;
- по принципу действия;
- по характеру изменения регулирующего воздействия и т.п.

По принципу действия они подразделяются:

- на регуляторы прямого действия: для управления процессом не используют внешнюю энергию, а используют энергию самого объекта управления (регулируемой среды), примером являются регуляторы давления;
- на регуляторы непрямого действия, используют внешний источник энергии.

По виду используемой энергии они подразделяются:

- гидравлические;
- механические;
- пневматические;
- электронные;
- комбинированные.

По закону регулирования они делятся:

- трех и двухпозиционные регуляторы;
- типовые регуляторы (пропорциональные, интегральные, пропорционально-дифференциальные, пропорционально-интегральные и пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы - сокращенно И, П, ПД, ПИ и ПИД-регуляторы);
- адаптивные (самонастраивающиеся);
- регуляторы с переменной структурой;
- оптимальные регуляторы.

По виду выполняемых функций регуляторы подразделяются:

- программные;
- регуляторы автоматической стабилизации;
- регуляторы соотношения параметров;
- корректирующие и другие.

1.6 Выбор типа регулятора

Задача проектировщика заключается в выборе такого типа регулятора, который при максимальной надёжности и минимальной стоимости обеспечивал бы качественное регулирование.

При выборе типа регулятора рекомендуется ориентироваться на величину отношения запаздывания к постоянной времени в объекте τ/T . Если $\tau/T < 0,2$, то можно выбрать релейный, непрерывный или цифровой регуляторы. Если $0,2 < \tau/T < 1$, то должен быть выбран непрерывный или цифровой, ПИ или

ПИД-регулятор. Если $\tau / T > 1$, то выбирают специальный цифровой регулятор с упредителем, который компенсирует запаздывание в контуре управления. Однако этот же регулятор рекомендуется применять и при меньших отношениях τ / T .

1.7 Настройка регулятора

Метод Циглера-Никольса.

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_p значение коэффициента передачи регулятора, при котором система находится на границе устойчивости. Измеряется период T установившихся в системе колебаний. Собственно, на этом практическая часть метода заканчивается. Из полученного коэффициента K , рассчитываем пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора:

$$K_p = K * 0.6 \quad (3)$$

$$K_i = (2 * K_p) / T \quad (4)$$

$$K_d = (K_p * T) / 8 \quad (5)$$

Связь между параметрами объекта и коэффициентами регулятора в методе Циглера - Никольса получена эмпирическим путём, и поэтому не стоит рассчитывать на высокое качество регулирования.

Ручная настройка, основанная на правилах

Не всегда оптимальную настройку регулятора можно высчитать по формулам, поскольку полученные результаты основываются на весьма упрощенных моделях объекта. В частности, в них не учитывается всегда присутствующая нелинейность типа "ограничение" для управляющего воздействия. Кроме того, модели используют параметры, идентифицированные с некоторой погрешностью. Поэтому желательно сделать подстройку после

расчета параметров регулятора. Подстройку можно выполнить на основе правил, которые используются для ручной настройки. Эти правила получены из теоретического анализа, опыта и численных экспериментов. Они сводятся к следующему:

- увеличение пропорционального коэффициента снижает запас устойчивости и увеличивает быстродействие;
- с уменьшением интегральной составляющей с течением времени ошибка регулирования уменьшается быстрее;
- уменьшение постоянной интегрирования влияет на запас устойчивости;
- увеличение дифференциальной составляющей увеличивает быстродействие и запас устойчивости.

В работах предыдущих авторов, проводивших исследования на рассматриваемом объекте, для настройки регулятора применялся 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 (рисунок 2). К всему этому для более качественного результата была использована ручная настройка.

Таблица 1 – Параметры настройки типовых регуляторов

	k_p	k_i	k_d
ПИ	$0,9T/k\tau$	$0,3T/k\tau^2$	
ПИД	$1,2T/k\tau$	$0,6T/k\tau^2$	$0,6T/k$

Таблица 2 – Полученные настройки регуляторов

	k_p	k_i	k_d
ПИ	0,59	0,00361	
ПИД	0.79	0,00722	21,8

Завершающим этапом ручной подстройки была апробация работы ПИД – регулятора с отключением дифференциальной составляющей, т.е. произведем эксперимент с ПИ – регулятором, но с использованием настроек ПИД – регулятора.

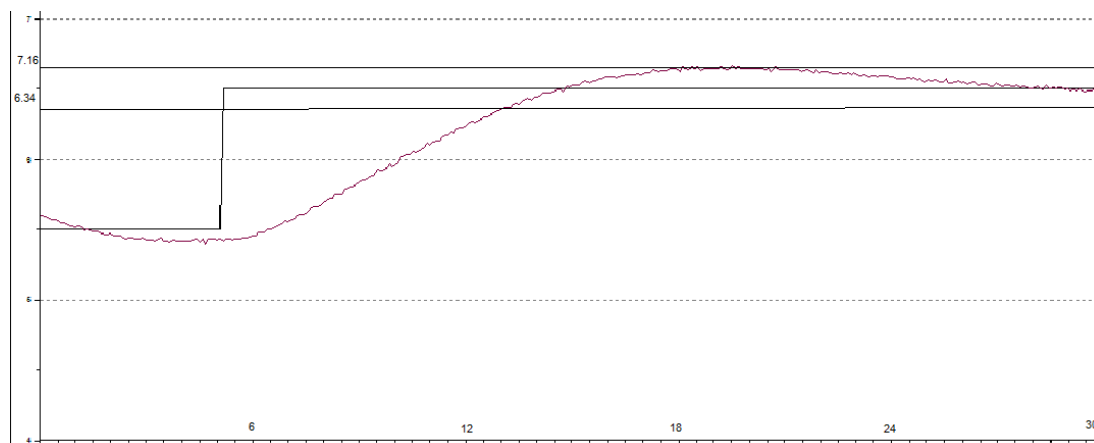


Рисунок 3 - ПИ регулятор с коэффициентами $K=0.7, T_i=214, T_d=0$

Как видно из рисунка 3, в результате применения настроек регулятора и получения переходной характеристики имеем сходящийся устойчивый колебательный процесс. Данный переходный процесс имеет время регулирования 15 минут и показатель перерегулирования ($\sigma = 3\%$).

1.8 Регулятор Смита

Наличие запаздывания объекта резко ухудшает динамику замкнутой системы. При отношении $\tau / T > 0,5$ типовые законы управления не могут обеспечить высокую точность и быстродействие процесса регулирования. Главной причиной здесь является резкое снижение критического коэффициента усиления системы при увеличении запаздывания в объекте управления.

В связи с этим повысить качество управления можно либо путем уменьшения запаздывания в объекте, либо за счет применения регулятора более сложной структуры, а именно оптимального регулятора.

Из теории оптимального управления следует, что такой регулятор в своей структуре должен содержать модель объекта управления. Системы управления с моделью объекта обладают возможностью предугадывать

будущие изменения состояния объекта. Они могут быть адаптивными или нет и незаменимы для объектов с существенным временем запаздывания $\tau / T > 0,2$.

На рисунке 4 показана структура такого регулятора, предложенная Смитом в 1957 году и иногда называемая предиктором Смита. Предиктор Смита включен в некоторые промышленные ПИД-регуляторы.

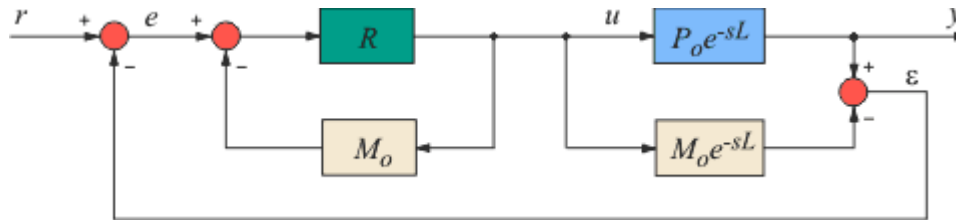


Рисунок 4 - Система управления с предиктором Смита

Цель предиктора Смита - предсказать, какой сигнал появится на выходе объекта до того, как он там появится на самом деле. Для предсказания можно использовать модель объекта управления, состоящую из дробно-рациональной части M_o и транспортной задержки e^{-sL} (рис. 4). Благодаря тому, что из модели можно исключить задержку, появляется принципиальная возможность предсказания поведения объекта до появления сигнала на его выходе.

Реализуется эта возможность системой со структурой, представленной на рисунке 4. Где R - обычный ПИД-регулятор, $P_o e^{-sL}$ - передаточная характеристика объекта управления.

Принцип работы системы состоит в следующем. Предположим, что модель абсолютна точна. Тогда разность сигналов на выходах модели и объекта будет равна нулю, $\varepsilon = 0$. Но в таком случае непосредственно из рисунка 4 можно получить:

$$y = P_o e^{-sL} \left(\frac{R}{1 + R M_o} \right) r = \left(\frac{P_o R}{1 + P_o R} e^{-sL} \right) r \quad (6)$$

В этом выражении член $\frac{P_o R}{1 + P_o R}$ представляет собой передаточную функцию системы без транспортной задержки. А это значит, что звено с транспортной задержкой не входит в контур обратной связи и не влияет на устойчивость и быстродействие системы, т.е. происходит регулирование в

контуре с моделью без задержки, а транспортная задержка только добавляется к полученному результату.

Рассмотрим теперь работу предиктора Смита без предположения $\varepsilon = 0$. В этом случае рис. 4 можно описать следующей системой уравнений:

$$y = P_o e^{-sL} R(r - \varepsilon - M_o u), \quad \varepsilon = y - M_o e^{-sL} u, \quad y = P_o e^{-sL} u, \quad (7)$$

откуда можно найти

$$y = \left[\frac{P_o R}{1 + R M_o + R(P_o - M_o)e^{-sL}} r \right] e^{-sL} \quad (8)$$

Как видим, с ростом точности модели разность $P_o - M_o$ в знаменателе стремится к нулю и из передаточной функции системы исключается транспортная задержка, которая только добавляется к уже полученному результату регулирования. В нашем случае предположим, что модель объекта абсолютна точна.

2 Исследование системы

Исследования системы проводятся моделированием и на реальном объекте. Необходимость модельных исследований объясняется желанием сократить количество экспериментов на реальном объекте и получить какие-либо ориентировочные результаты.

2.1 Исследования системы методом моделирования

Для моделирования системы используется среда MATLAB.

MATLAB — это высокоуровневый язык и интерактивная среда для программирования, численных расчетов и визуализации результатов. С помощью MATLAB можно анализировать данные, разрабатывать алгоритмы, создавать модели и приложения. Язык, инструментарий и встроенные математические функции позволяют вам исследовать различные подходы и получать решение быстрее, чем с использованием электронных таблиц или традиционных языков программирования, таких как C/C++ или Java. MATLAB широко используется в таких областях, как:

- обработка сигналов и связь,
- обработка изображений и видео,
- системы управления,
- автоматизация тестирования и измерений,
- финансовый инжиниринг,
- вычислительная биология и т.п.

Пользовательская программа в среде Matlab реализована в Simulink и представлена на рисунке 5.

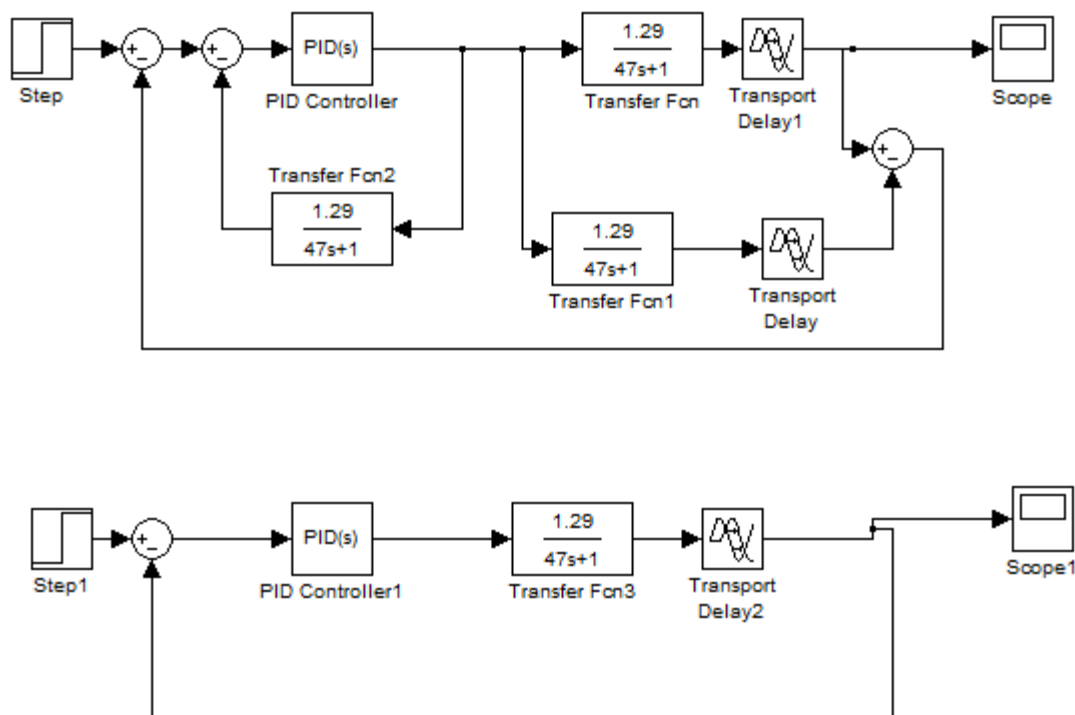


Рисунок 5- Структурные схемы для предикатора Смита и ПИД-регулятора.

На рисунке 6 представлены результаты моделирования.

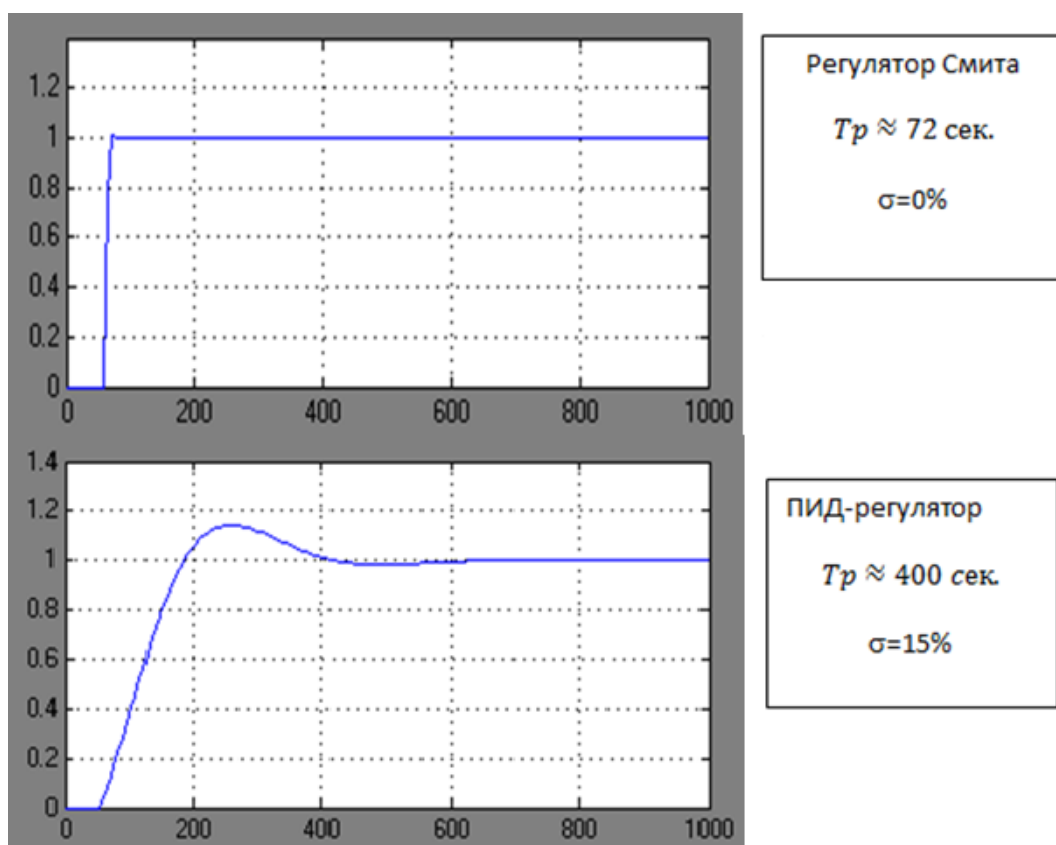


Рисунок 6 - Результаты моделирования

Очевидно, что предикатор Смита обеспечивает большую точность и быстродействие процесса регулирования в сравнении с ПИД-регулятором. Однако, очень часто результаты моделирования отличаются от результатов работы реального объекта. Это объясняется многими факторами. В нашем случае таким фактором является модель объекта, которую используем для построения предикатора Смита.

2.2 Экспериментальные исследования

В ходе экспериментальных исследований решаются следующие задачи:
применимости (физической реализуемости) предикатора Смита для реального объекта с запаздыванием;

подтверждение, или опровержение результатов, полученных в результате моделирования.

Представим модель объекта в виде, приемлемом для программирования. Перейдём от передаточной функции объекта в области изображений к разностному уравнению:

$$W(s) = \frac{1}{Ts+1} * e^{-\tau s}, \quad (9)$$

или

$$Y(s) = \frac{1}{Ts+1} * e^{-\tau s} * X(s). \quad (10)$$

Перейдём к дифференциальному уравнению, заменив

$$s = \frac{d}{dt};$$

$$T \frac{dy}{dt} + y = x(t - \tau). \quad (11)$$

Перейдем к разностному уравнению

$$T \frac{y[n+1]-y[n]}{\Delta t} + y[n] = x[n - k\Delta t]; \quad (12)$$

$$y[n + 1] = \left(1 - \frac{\Delta t}{T}\right) * y[n] + \frac{\Delta t}{T} * x[n - k\Delta t], \quad (13)$$

где Δt - шаг дискретизации;

$\tau=k\Delta t$ - время запаздывания.

Полученное разностное уравнение используется как модель объекта. Программная часть системы управления с предикатором Смита реализована на языке ST в среде CoDeSys на контроллере ОВЕН ПЛК 150.

2.2.1 Программная часть системы управления в среде CoDeSys

CoDeSys (Controller Development System) — инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации. Производится и распространяется компанией 3S-Smart Software Solutions GmbH (Кемптен, Германия).

Среда программирования:

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.

Пользовательская программа в среде CoDeSys реализована на языке CFC и ST, представлена на рисунках 7 и 8.

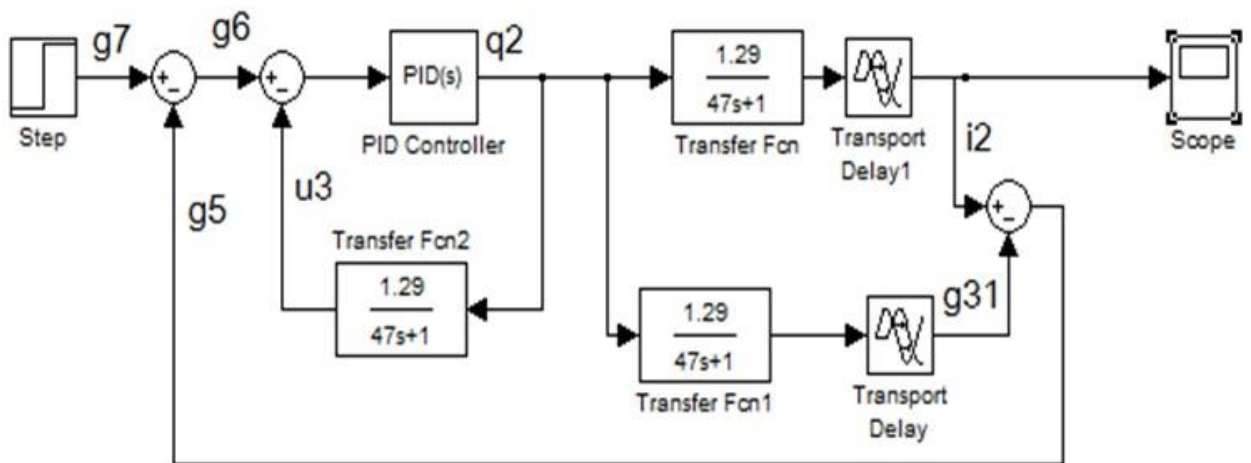


Рисунок 7 - Система регулирования исполнительным механизмом

На рисунке 8 представлена часть кода на языке ST, реализующая модель объекта.

```

FOR i:=0 TO 58 DO;
c[60-i]:=c[59-i];
END_FOR;
c[1]:=q2;
T:=47;
u1:=(1-1/T)*u2+1.29*q2*(1/T);
u2:=u1;
u3:=4+u1*16/100;
;
g3:=(1-1/T)*g4+1/T*c[55]*1.29;
g4:=g3;
g31:=4+g3*16/100;
g5:=i2-g31;
g6:=g7-g5;
q10:=q2;

```

Рисунок 8 - Программа модели объекта

В программе введены следующие обозначения:

c[1]– массив значений с регулятора;

u1 – выход модели объекта без запаздывания;

u2 – выход модели объекта без запаздывания на предыдущем шаге;

u3 – масштабирование сигнала u1 в диапазон 4...20;

g3 – выход модели объекта с запаздыванием;

g4 – выход модели объекта с запаздыванием на предыдущем шаге;

g31– масштабирование сигнала g3 в диапазон 4...20;

g5 – разность реального объекта с моделью;

g7 –уставка;

g6 – сигнал рассогласования между уставкой g7 и разностью реального объекта с моделью g5;

q10 – управляющий сигнал двигателем;

q2 – выходной сигнал регулятора в диапазоне 4...40;

i2 – входной сигнал измерения уровня в диапазоне 4...20.

На рисунке 9 представлена программа ПИД-регулятора, реализованная на языке SFC.

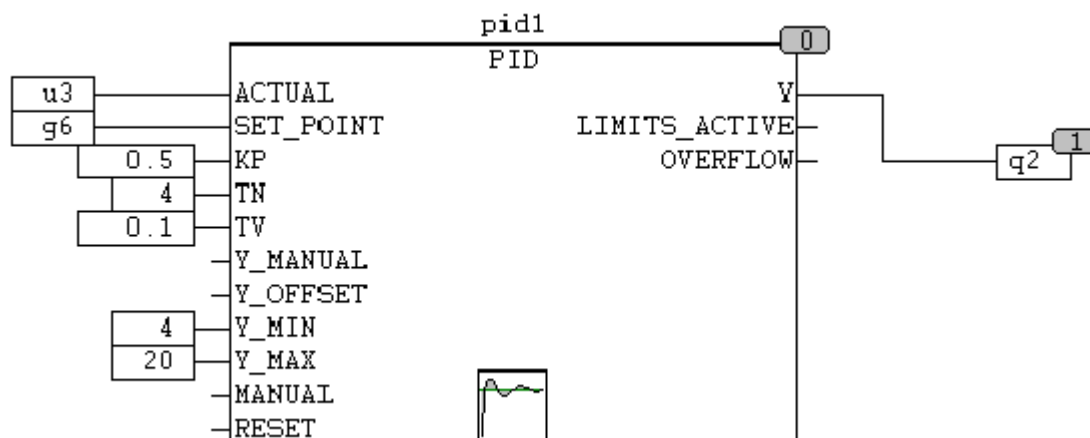


Рисунок 9 - Программа регулирования на языке SFC

В данной программе на вход регулятора подается сигнал с объекта управления и задающее значение, используя заданные на входе настройки и разницу между входными сигналами, регулятор вырабатывает управляющее воздействие.

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

$$Y = Y_OFFSET + KP(e(t) + \frac{1}{TN} \int_0^{TN} e(t) + TV \frac{de(t)}{dt}) \quad (14)$$

где Y_OFFSET - стационарное значение (смещение);

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 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – 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 4 – 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. Объявление переменных представлено на рисунке 10.

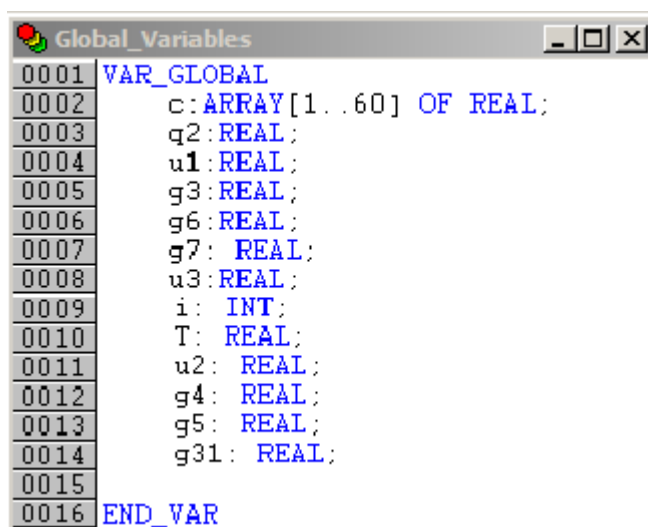


Рисунок 10 - Объявление переменных

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.

2.2.2 Описание контроллера ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М

В данной системе автоматического регулирования используется контроллер ОВЕН ПЛК 150 – 220. А-М. Схема подключения питания, дискретных и аналоговых входов и выходов ПЛК 150 – 220 [8].

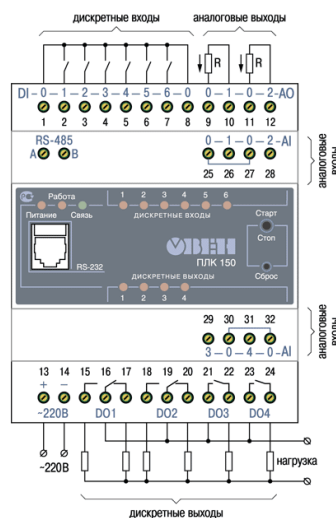


Рисунок 11 - Схема подключения питания, дискретных и аналоговых входов и выходов ПЛК 150 – 220

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.

2.2.2.1 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.

2.2.2.2 Вычислительные ресурсы ОВЕН ПЛК 150

В контроллере изначально заложены мощные вычислительные ресурсы при отсутствии операционной системы [7]:

- 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.

Конкурентные преимущества ОВЕН ПЛК150

К таким преимуществам относятся:

- отсутствие ОС, что повышает надежность работы контроллеров;
- скорость работы дискретных входов – до 10КГц при использовании подмодулей счетчика;
- наличие аналоговых входов и выходов;
- большое количество интерфейсов на борту: Ethernet, 3 последовательных порта, работающих независимо друг от друга;
- расширенный температурный диапазон работы: от - 20 до +70 °С;
- широкие возможности самодиагностики контроллера;
- встроенные часы реального времени;
- встроенный аккумулятор, позволяющий «пережить» пропадание питания – выполнять программу при пропадании питания, и переводить выходные элементы в «безопасное состояние»;
- возможность создавать и сохранять архивы на Flash контроллера;
- возможность работы по любому нестандартному протоколу по любому из портов, что позволяет подключать устройства с нестандартным протоколом (электро-, газо-, водосчетчики, считыватели штрих - кодов и т.д.);
- набор готовых программных модулей, предоставляемых бесплатно.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований реального объекта с регулятором Смита приведены на рисунках 12,13,14,15.

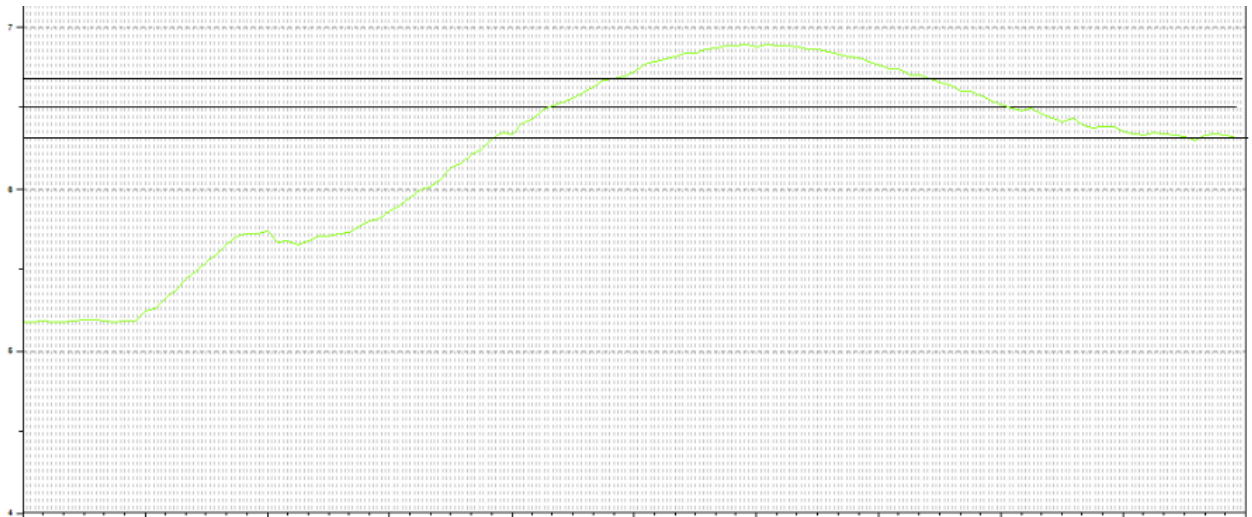


Рисунок 12 - Регулятор Смита при $K=1$, $T_i=4$, $T_d=0.1$

На рисунке 12 видно, что при коэффициенте пропорциональности $K = 1$, постоянной интегрирования $T_i = 4$ и дифференциальной составляющей $T_d = 0.1$ имеем устойчивый сходящийся апериодический процесс, который характеризуется временем регулирования ($t_p \approx 10$ минут) и перерегулированием $\sigma = 6\%$.

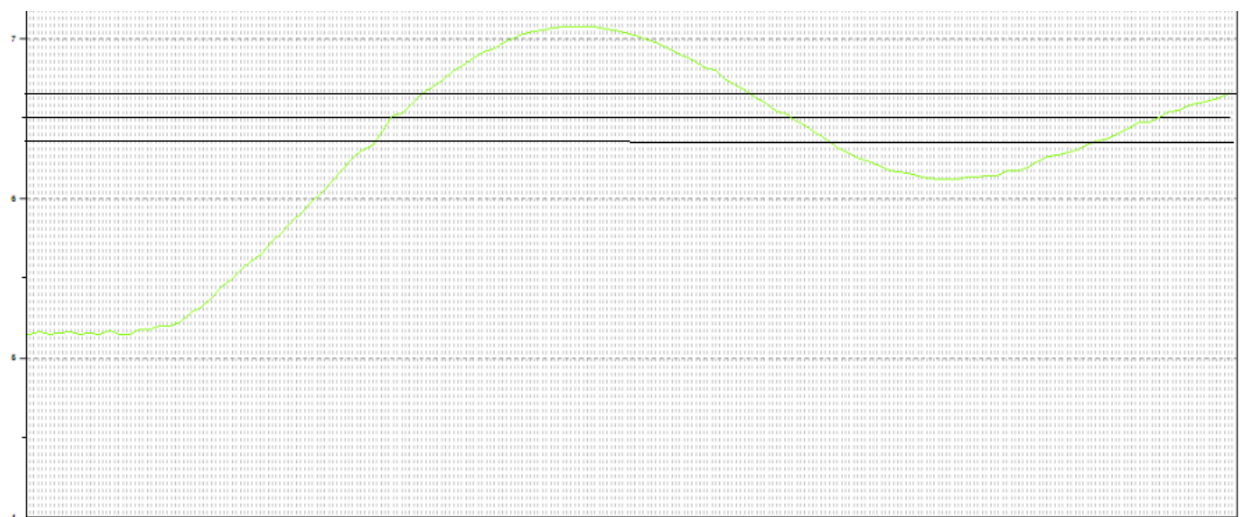


Рисунок 13 - Регулятор Смита при $K=1$, $T_i=4$, $T_d=0.5$

Из рисунка 13 видно, что при повышении дифференциальной составляющей имеем устойчивый сходящийся апериодический процесс, но он

характеризуется большим временем регулирования ($t_p \approx 12$ минут) и перерегулированием $\sigma = 11\%$ и при дальнейшем увеличении дифференциальной составляющей в системе возникают автоколебания, что будет означать как неустойчивое состояние.

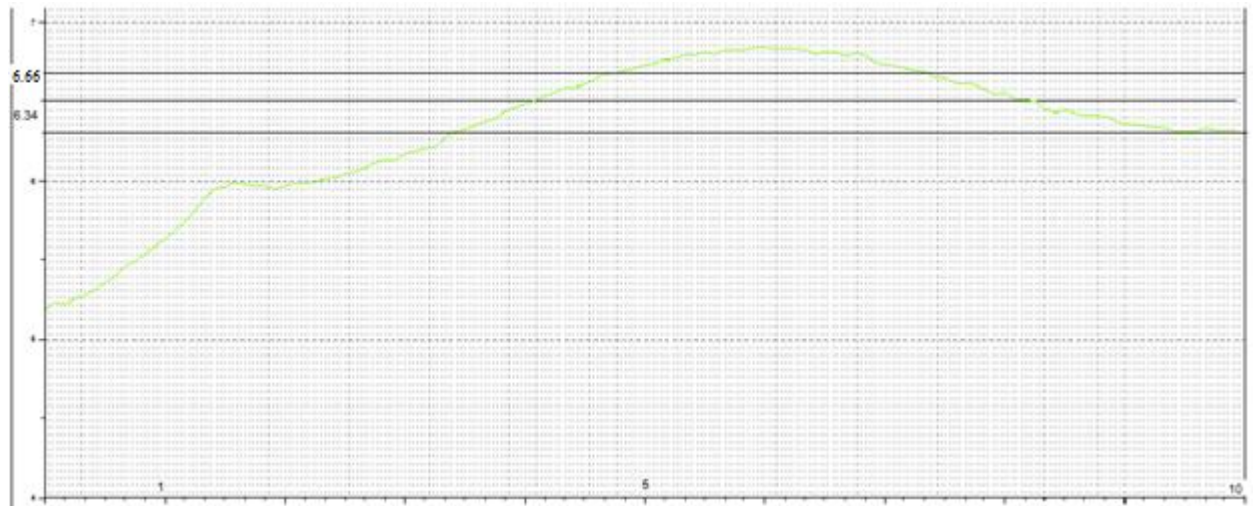


Рисунок 14 - Регулятор Смита при $K=0.5$, $T_i=4$, $T_d=0.1$

Из рисунка 14 видно, что при понижении коэффициента пропорциональности имеем устойчивый сходящийся аperiodический процесс, но он характеризуется меньшим временем регулирования ($t_p \approx 7$ минут 30 секунд) и перерегулированием $\sigma = 5\%$ по сравнению с рисунком 13. Данные коэффициенты самые оптимальные для регулирования системы.

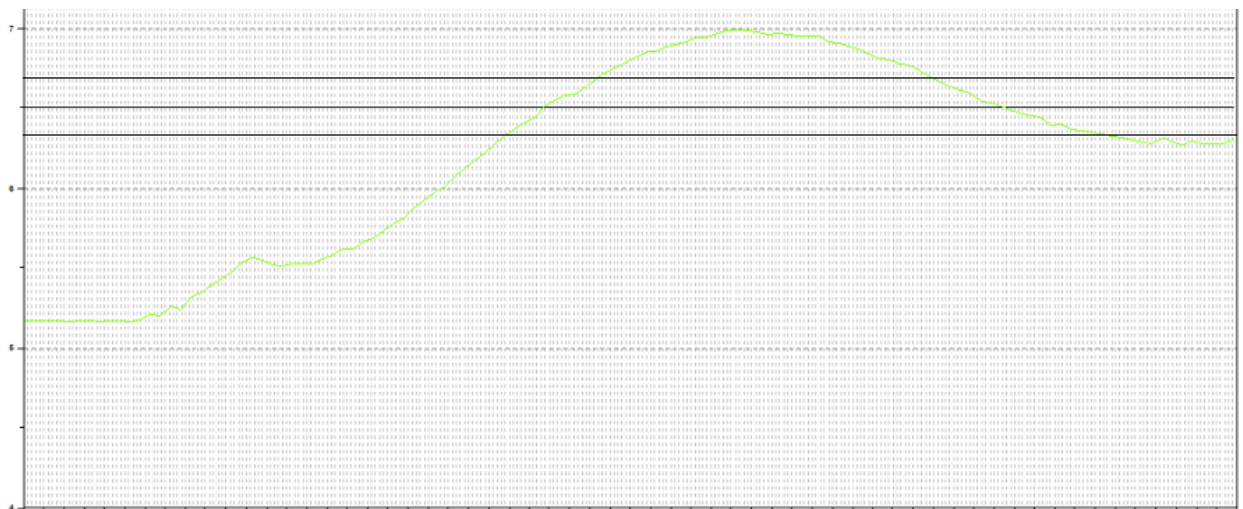


Рисунок 15 - Регулятор Смита при $K=1$, $T_i=4$, $T_d=0.05$

На рисунке 15 видно, что при понижении дифференциальной составляющей имеем устойчивый сходящийся аperiodический процесс, но он характеризуется большим временем регулирования ($t_p \approx 11$ минут) и перерегулированием $\sigma = 8\%$.

Вывод проанализируем исходя из полученных результатов представленных на рисунках 14 и 3:

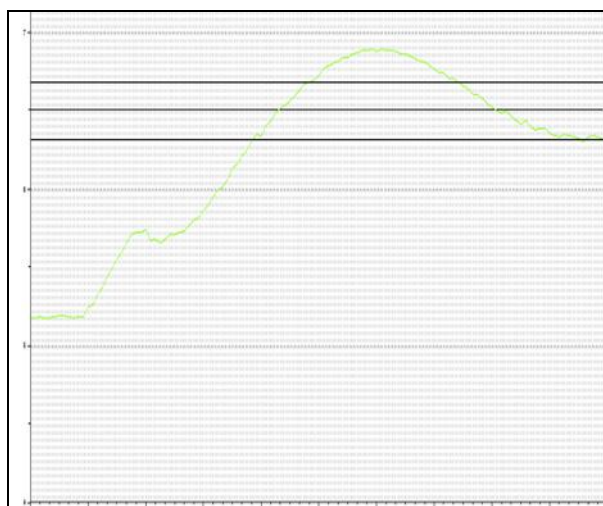


Рисунок 14 – Регулятор Смита
 $t_p=7$ минут, $\sigma=5\%$

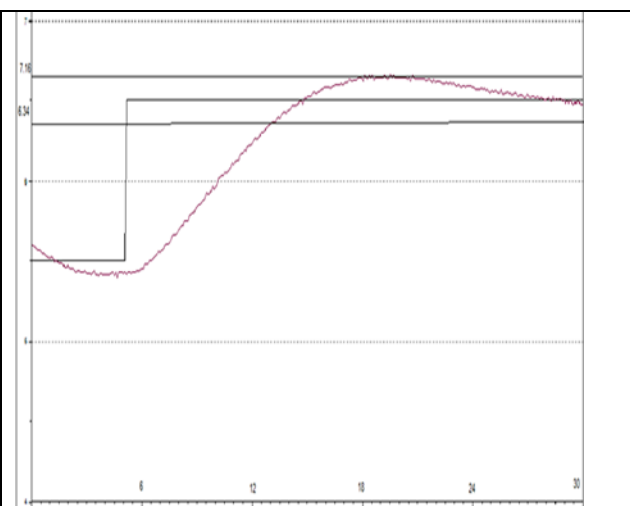


Рисунок 3 – ПИД-регулятор
 $t_p=15$ минут, $\sigma=3\%$

Сравнив два графика на рис. 14 рис. 3 получаем, что для уменьшения время регулирования в системах с запаздыванием можно использовать регулятор Смита. Перерегулирование у регулятора Смита находится в допустимых значениях $< 30\%$.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования 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 потребуются 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.

		Разработка регуляторов			
		Цифровые	Прогнозирующие	Нечеткой логики	Типовые аналоговые
Потребители	ОВЕН				
	Метран				
	АБС 3ЭиМ				

- ОВЕН

- Метран

- АБС 3ЭиМ

4.1 Планирование научно-исследовательских работ

4.1.1 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 таблице 5.

Таблица 5 – 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
Проектирование, конструирование и настройка контура регулирования	5	Изучение системы	Инженер
	6	Анализ системы	Инженер
	7	Тестирование системы на предмет общей работоспособности	Научный руководитель, инженер
	8	Идентификация объекта	Научный руководитель, инженер
	9	Исследование литературы по настройке регуляторов	Инженер
	10	Расчет параметров регулятора	Инженер
	11	Применение настроек	Инженер
	12	Дополнительная подстройка регулятора	Научный руководитель, инженер
	13	Оценка качества переходных процессов и качества регулирования	Научный руководитель, инженер
<i>Проведение ОКР</i>			
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер

ОКР)			
------	--	--	--

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 учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{\text{ож}i}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (15)$$

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

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

$t_{\text{max}i}$ – 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 продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (16)$$

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

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

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

4.1.2 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (17)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (18)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$);

$T_{вых}$ – выходные дни ($T_{вых} = 52$);

$T_{пр}$ – праздничные дни ($T_{пр} = 12$).

$$T_k = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1,213$$

В приложении 1 названного как график проведения научного исследования, приведена длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

В приложении 2 названного как календарный план-график проведения НИОКР, приведено графическое исполнение проведения научного исследовани

4.1.3 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 ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок), где $B_{к1}$ – «Элемер», $B_{к2}$ – «Теплоприбор».

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
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 контроллера	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. Финансирование 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

4.1.4 SWOT-анализ

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

Таблица 7 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Прогнозирующий эффект С2. Высококвалифицированный научный труд	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Сложно подобрать точную модель объекта управления Сл2. Качество регулирования уступает системам с ППИ-регуляторами
Возможности: В1. Использование инфраструктуры ТПУ для распространения предложенного проекта. В2. Получение финансирования для дальнейшего более глубокого исследования. В3. Возможность применить результаты исследования на других системах в университете.	Относительная дешевизна позволит получить финансирование для дальнейших разработок по данной теме. Высокая точность регулирования может привести к более качественным результатам на других объектах и системах.	Сложность настройки не всегда позволит легко опробовать результаты исследования на других объектах ТПУ.
Угрозы: У1. Развитая конкуренция. У2. Остановка исследования из-за необходимости использования качественно новых методов и подходов		В силу недостаточного количества методов в исследовании резко понижается показатель конкурентоспособности, а показатели качества могут показывать на то, что требуется качественно

		другой подход.
--	--	----------------

4.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты 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 и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.2.1 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 технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, 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 ведется 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 осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расхи}}, \quad (19)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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 цен 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 9.

Таблица 8 – 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

Расходы на материалы составили:

$$З_{\text{м}} = 450 \text{ рублей.}$$

4.2.2 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), необходимого 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 имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 10.

Таблица 9 – Материальные затраты на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Контроллер ОВЕН ПЛК 150-220.А – М	17 489	1	17 489
Трубы пластиковые (4'х 3)	230	4	920
Емкости (25 л)	300	2	600
Датчик давления	2 459	1	2459
Шланги резиновые	110	3	330
Насос с электроприводом	3 480	1	3 480
Итого:			25278

Расходы на приобретение спецоборудования для научных работ:

$$З_{co} = 25278 \text{ рублей.}$$

4.2.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в 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 заработная плата рассчитывается по формуле:

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

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 11. 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 $K_{\text{ПР}} = 0,3$ и районный коэффициент $K_{\text{РК}} = 0,3$ ($K = 1,3 \cdot 1,3 = 1,69$).

Таблица 10 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	25 000	993,25	36	1,69	60429,33
И	15 000	595,95	73	1,69	73552,35
Итого:					133951,68

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили

$$З_{\text{ОСН}} = 133951,68 \text{ руб.}$$

4.2.4 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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (20)$$

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

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

Таблица 11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	60429,33	–
И	73552,35	–
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	$k_{внеб} = 27,1\%$	
Итого:	36300,9	

$$З_{внеб} = 27,1\% \cdot 133951,68 = 36300,9$$

4.2.5 Накладные расходы

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

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{нр}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$З_{\text{накл}} = (36300,9 + 133951,68 + 25278 + 450) \cdot 0,16 = 31356,89$$

4.2.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 13.

Таблица 12 – Расчёт бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	450
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	25278
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	133951,68
4. Отчисления во внебюджетные фонды	36300,9
5. Накладные расходы	31356,89
6. Бюджет затрат НТИ	227337,47

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (21)$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (22)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы

Таблица– Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исслед. Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Уровень новизны	0,3	5	5	5
2. Теоретический уровень	0,3	5	3	3
3. Возможность реализации	0,4	5	3	3
ИТОГО	1	5	3,6	3,6

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,4 = 5;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,4 = 3,6;$$

$$I_{p-исп3} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,4 = 3,6.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность

проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица– Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	3,6	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	5	3,6	3,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,39	1	1

Таким образом, исполнение № 1 является наиболее функциональным и ресурсоэффективным по сравнению с исполнениями № 2 и № 3. Все 3 исполнения с финансовой точки зрения одинаково эффективны.

5 Социальная ответственность

В данной ВКР представлено исследование работы реального объекта, который состоит из двух емкостей, основной и вспомогательной. Основная ёмкость представляет собой вертикальную цилиндрическую ёмкость со встроенным датчиком уровня. Вспомогательная ёмкость расположена горизонтально ниже основной, что обеспечивает свободный слив жидкости из основной ёмкости во вспомогательную через ручной вентиль. Для того чтобы контур регулирования был замкнут, жидкость из вспомогательной ёмкости насосом подается в основную ёмкость по трубопроводу. Насос располагается в самой нижней точке объекта, что обеспечивает постоянную наполненность его всасывающей линии. Трубопровод представляет собой последовательное соединение пластиковых труб общей длиной 12 м и диаметром 5 дюймов, в котором уравнение неразрывности струи не выполняется, что гарантирует отсутствие мгновенной реакции уровня в основной ёмкости на изменение производительности насоса. В исследуемом объекте трубопровод играет роль звена чистого запаздывания. Предельные значения производительности насоса и длины трубопровода подобраны таким образом, что время чистого запаздывания может достигать 40 секунд. Рабочее место представляет собой место оператора и включает в себя рабочий стол и персональный компьютер, с помощью которого производится управление и настройка технологического оборудования.

5.1 Профессиональная социальная безопасность

5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов

Таблица 13 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ по настройке регулятора Смита на объекте управления с запаздыванием.

Источник	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)	Нормативные
----------	-------------------------------	-------------

фактора, наименовани е видов работ	Вредные	Опасные	документы
1.Работа с компьютером 2.Включение отключение электрически х приборов.	1.Превышение уровня шума; 2.Электромагнитн ое излучение; 3.Отклонение показателей микроклимата. 4. Недостаточная освещенность	1. Электричес кий ток.	1.Шум ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. 2.Микроклимат СанПиН 2.2.4.548–96. 3.Освещение СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. 4.Электробезопа стность ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.

5.1.2 Анализ вредных факторов

5.1.2.1 Отклонения показателей микроклимата

Существуют гигиенические требования СанПиН 2.2.4.548-96 [15] к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, периодов года. Санитарные нормы и правила предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Определим необходимые параметры микроклимата и воздушной

среды для помещения.

Работа на стенде относится к категории работ Ia [15], к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные параметры микроклимата для этой категории работ приведены в таблице 14:

Таблица 14 – Оптимальные параметры микроклимата по СанПиН 2.2.4.548-96

Сезон	Температура воздуха, t, °C	Температура поверхностей, t, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный (средне суточная температура меньше 10°C)	22-24	21 - 25	60-40	0.1
Теплый (среднесуточная температура воздуха 10°C и выше)	23-25	22-26	60-40	0.1

Допустимые параметры микроклимата приведены в таблице 15:

Таблица 15 – Допустимые параметры микроклимата по СанПиН 2.2.4.548-96

Сезон	Температура воздуха, °C		Температура поверхности, °C	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже опт.	Диапазон выше опт.			Диапазон выше опт.	Диапазон ниже опт.
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: в теплое время года для удаления избыточного тепла и влаги используется кондиционер, в холодное время года вводится система центрального отопления.

5.1.2.2. Повышенный уровень шума

Шум возникает во время работы оборудования. Источниками постоянного шума в помещении являются: люминесцентные лампы, печатающее устройство, электрический двигатель, шум различных узлов компьютера: дисководов, винчестеров, вентилятора. Шум воздействует на органы слуха и на весь организм человека через центральную нервную систему, ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе.

По нормам СН 2.2.2/2.1.8.562-96 [16] (таблица 16) при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБ.

Таблица 16 – Допустимый уровень шумов по СН 2.2.2/2.1.8.562-96

пп	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Наиболее действенным способом облегчения работ, является кратковременные отдыхи в течение рабочего дня при выключенных источниках шума.[16]

5.1.2.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимых характер.[17]

Источником электромагнитных излучений в нашем случае является дисплей компьютера. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, нарушениям нервной, эндокринной и сердечно-сосудистых систем, которые являются обратимыми, если прекратить воздействия. Обратимость функциональных сдвигов не является беспредельной и определяется интенсивностью, длительностью излучения и индивидуальными особенностями организма.

Таблица 17 – Допустимые уровни напряженности электромагнитных полей при работе с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами (СанПиН 2.2.2.542-96)[17].

№	Параметры воздействия, частота излучения	Допустимые значения
1	Статическое поле	20 000 В/м
2	На расстоянии 50 см вокруг - диапазон частот 5Гц – 2кГц - диапазон частот 2 – 400 кГц	25 В/м 2,5 В/м
3	Переменное поле на расстоянии 50 см вокруг	0,25 А/м
4	Магнитная индукция не более - диапазон частот 5 Гц – 2кГц - диапазон частот 2 – 400 кГц	250 нТл 25 нТл
5	Поверхностный электростатический потенциал не более	500 В

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранении здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;
- Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.[17]

5.1.2.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неудовлетворительное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма. Неправильная эксплуатация, также, как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок по СП 52.13330.2011 [18].

Рациональное освещение рабочего места позволяет предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность, действует на человека тонизирующие, создаёт хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей деятельности и увеличивает производительность труда. Из-за постоянной занятости перед монитором возникает перенапряжение зрительное.

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 - 1 мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности по СП 52.13330.2011 [18] и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещённости для работы за ПК приведено в таблице 18:

Таблица 18 – Нормирование освещенности для работы с ПК по СП 52.13330.2011

Характеристики зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение				Естественное освещение	
					Освещённость на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Цилиндрическая освещённость, лк	Объединённый показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации освещённости К _п , % не более	КЕО е _н , %, при	
									верхнем или комбинированном	боковом
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	Б	1	Не менее 70	300	100*	21 18**	15	3,0	1,0
			2	Менее 70	200	75*	24 18**	20 15***	2,5	0,7

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК по СП 52.13330.2011

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
между рабочими поверхностями	3:1–5:1

между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

Выполним расчет естественного освещения. Расчет производится согласно СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение». Лабораторная комната имеет размеры 7 х 5 х 2,5 м, в которой установлены 2 окна размером 1,6 х 2,2 м. Освещение боковое, одностороннее, выделение пыли и других аэрозолей допустимо с концентрацией не более 5 мг/м³.

Итак, зная размеры окон и их количество, можем рассчитать эквивалентную площадь световых проемов по формуле (23):

$$S_{\text{экв}} = N \cdot S_{\text{окна}} = 2 \cdot 1,6 \cdot 2,2 = 7,04 \text{ м}^2. \quad (23)$$

Площадь помещения найдём из размеров аудитории по формуле (24):

$$S = 7 \cdot 5 = 35 \text{ м}^2. \quad (24)$$

Далее также будут применены следующие величины СП 52.13330.2011 [18]:

а) $n_0 = 9$ – световая характеристика окна, зависящая от глубины помещения, выступа окна и соотношения длин сторон;

б) $K_{\text{зд}} = 1,2$ – коэффициент, учитывающий уменьшение КЕО от затемнения противостоящим зданием;

в) $r_1 = 3$ – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от внутренних поверхностей;

г) t_0 – общий коэффициент светопропускания, вычисляющийся как

$$д) \quad t_0 = t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \cdot t_4 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 0,27,$$

где:

$t_1 = 0,8$ - зависит от вида светопропускающего материала;

$t_2 = 0,6$ - зависит от вида проема;

$t_3 = 0,7$ -зависит от степени загрязнения светопропускающего материала;

$t_4 = 0,8$ - зависит от несущих конструкций.

Рассчитаем фактический коэффициент естественного освещения (КЕО) по формуле (25):

$$\text{КЕО}_\phi = \frac{S_{\text{экв}} \cdot t_o \cdot r_1 \cdot 100}{S \cdot n_o \cdot K_{3д}} = \frac{7,04 \cdot 0,27 \cdot 3 \cdot 100}{35 \cdot 9 \cdot 1,2} = 1,51. \quad (25)$$

Получили, что фактический коэффициент естественного освещения соответствует норме согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [23].

Рассчитаем фактическое искусственное освещение. Как уже говорилось, основными источниками искусственного освещения являются лампы белого света ЛБ-20 в количестве $N = 20$ шт. Световой поток одной лампы $F = 1180$ лм. Коэффициент запаса примем равным $k = 1,1$, а коэффициент минимальной освещённости $z = 1,1$.

Для начала найдем индекс помещения по формуле (26):

$$i = \frac{S}{h_p \cdot (a + b)}, \quad (26)$$

где:

S – площадь помещения;

a и b – длина и ширина помещения;

h_p – расчетная высота, равная:

$$h_p = h - h_c - h_{\text{р.п}}, \quad (27)$$

где:

h – высота помещения;

$h_c = 0,2$ м – расстояние от перекрытия до светильника;

$h_{\text{р.п}} = 1$ м – расстояние от пола до рабочей поверхности.

Отсюда, индекс помещения равен:

$$i = \frac{S}{(h - h_c - h_{\text{р.п}}) \cdot (a + b)} = \frac{35}{(2,5 - 0,2 - 1) \cdot (6 + 5)} = 2,45. \quad (28)$$

Зная индекс помещения, определим коэффициент использования светового потока по СанПиН 2.2.4.1191-03 [23]. Коэффициент использования светового потока равен $n = 0,62$.

Теперь воспользуемся формулой (29) и рассчитаем фактическое искусственное освещение:

$$E = \frac{F \cdot N \cdot n}{S \cdot z \cdot k} = \frac{1180 \cdot 20 \cdot 0,62}{35 \cdot 1,1 \cdot 1,1} = 345,5 \text{ лк.} \quad (29)$$

Таким образом, из рассчитанных данных видно, что использование имеющегося числа газоразрядных ламп достаточно для соблюдения норм искусственной освещенности на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [23] и удовлетворяет требованиям освещённости на рабочем столе по таблице 19.

5.1.3 Анализ опасных факторов

5.1.3.1. Электробезопасность

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Согласно с ГОСТ 12.1.038-82 [19] рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям [19]:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия.

5.2 Экологическая безопасность

В результате анализа реализации предлагаемых в данной ВКР конструкторских и технологических инноваций, источник загрязнения окружающей среды это люминесцентные лампы, находящиеся в помещении. Сам 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.

Утилизация люминесцентной лампы обязана обеспечиваться в соответствии со всеми пунктами закона о переработке и захоронении высокотоксичных отходов. В противном случае при химическом взаимодействии с воздухом и почвой ртутные пары преобразуются в органические соединения, которые обладают более сильным отравляющим воздействием на все живые организмы.

Утилизация люминесцентных ламп предусматривает несколько технологических процессов, которые позволяют получить безопасные отходы для захоронения и сырье для дальнейшего использования:

- Стекло или колбы – готовы к вторичному применению.
- Алюминий и люминофор – смесь, содержащая ртуть.

Механизм переработки может проходить химическим или термическим методом, каждый из которых имеет несколько вариантов [26]:

- Амальгамирование происходит с участием неорганических материалов – меди, титана, цинка, золота и серебра. Процесс позволяет преобразовать ртуть в полутвердую амальгаму.
- Высокотемпературный обжиг, которому подвергаются отходы с содержанием ртути с целью нейтрализации токсических веществ, предусматривает обязательную очистку воздуха от токсичного пара.

- Утилизация ртутных ламп термическим методом позволяет собирать пары ртути и регенерировать ее в сырье для последующего использования

Наиболее действенным способом защиты окружающей среды, является замена на светодиодные лампы.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На объекте возможные следующие ЧС:

- короткое замыкание;
- утечка жидкости из-за переполнения емкости;
- протечка трубопровода.

Наиболее типичной ЧС для данного объекта является утечка 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 емкость. В данном случае не исключена ситуация переполнения емкости.

Для предупреждения ЧС на объекте приняты следующие меры[24]:

- аварийная сигнализация;
- регулярная проверка работоспособности сливного клапана;
- регулярная 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[25]:

- снижен диапазон рабочих заданий уровня;
- увеличен диаметр сливной трубы;
- уменьшен приток.

В случае возникновения на объекте ЧС будут произведены следующие действия[25]:

- немедленное аварийное отключение установки;
- полное аварийное открытие сливного клапана для опустошения емкости;
- обесточивание всей лаборатории во избежание короткого замыкания;
- уборка вытекшей жидкости;
- проветривание помещения.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Эргономическая безопасность персонального компьютера ТКРФ 197-ФЗ [21] может быть охарактеризована следующими требованиями:

- к визуальным параметрам средств отображения информации индивидуального пользования (мониторы);
- к эмиссионным параметрам ПК – параметрам излучений дисплеев, системных блоков, источников питания и др.

Кроме того, важнейшим условием эргономической безопасности человека при работе перед экраном монитора является СанПиН 2.2.2.542-96 [17] правильный выбор визуальных параметров самого монитора и светотехнических условий рабочего места.

Работа с дисплеем при неправильном выборе яркости и освещенности экрана, контрастности знаков, цветов знака и фона, при наличии бликов на экране, дрожании и мелькании изображения приводит к зрительному утомлению, головным болям, к значительной физиологической и психической нагрузке, к ухудшению зрения и т.п.

Человек должен так организовать свое рабочее место, чтобы условия труда были комфортными и соответствовали следующим требованиям:

- удобство рабочего места (ноги должны твердо опираться на пол; голова должна быть наклонена немного вниз; должна быть специальная подставка для ног);
- достаточное пространство для выполнения необходимых движений и перемещений;
- необходимый обзор (центр экрана монитора должен быть расположен чуть ниже уровня глаз; монитор должен отстоять от глаз человека на расстоянии 45-60 сантиметров; должна регулироваться яркость и контрастность изображения);
- достаточное освещение (внешнее освещение должно быть достаточным и равномерным; должна быть настольная лампа с регулируемым плафоном для дополнительного подсвета рабочей документации).

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы получены следующие основные результаты:

- выполнена идентификация объекта с запаздыванием и получена его передаточная функция;
- на основе предикатора Смита построен контур регулирования уровня, выполнены исследования методом имитационного моделирования и испытания на реальном объекте;
- выполнен сравнительный анализ результатов предикатора Смита и классического ПИД-регулятора;
- сформулированы направления дальнейших исследований.

Идентификация объекта, представляющего собой две емкости, насоса и звено чистого запаздывания в виде протяженного незаполненного трубопровода, выполнена по кривой разгона, т.е. реакцией системы на ступенчатое воздействие. Исследование и анализ полученной кривой позволил получить основные динамические характеристики объекта, такие как: постоянная времени, время запаздывания и коэффициент передачи объекта.

На основании полученных характеристик объекта построен контур регулирования с предикатором Смита и проведены его исследования, получены показатели качества процесса. Исследования выполнены в среде Matlab и на реальном объекте.

Проведён сравнительный анализ качественных характеристик контуров регулирования с предикатором Смита и ПИД- регулятором, исследования которого выполнены в предыдущих работах.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- по времени регулирования регулятор Смита превосходит ПИД-регулятор;

- перерегулирование в случае с ПИД-регулятором ниже, чем с регулятором Смита.

Однако следует отметить, что качественные характеристики системы с предикатором Смита можно совершенствовать, совершенствуя модель объекта, в то время как ПИД-регулятор исчерпал свои возможности.

Интерес представляют и другие регуляторы, например: ППИ-регулятор, регулятор Ресвика.

Conclusion

As a result of qualifying work obtained the following results:

- performed identification of the object with delay and obtained its transfer function;
- based on Smith predictor built a level loop, conducted research by simulation modeling method and testing on real object;
- performed comparative analysis of the results of Smith predictor and the classical PID controller;
- formulated directions for further research.

Identification of the object which consists of two containers, a pump and a pure delay unit in the form of extended dry lines executed on a curve of acceleration, i.e. the system response to a step effect. The research and analysis of the obtained curve allowed us to obtain the basic dynamic characteristics of the object such as: time constant, delay time and the transmission coefficient of the object.

Based on the characteristics of the object is constructed a control loop with Smith predication and conducted its research, obtained the indicators of quality of the process. The research was performed with Matlab and on the real object. Comparative analysis of qualitative characteristics of control loops with Smith predictor and the PID regulator, whose research has done in previous works.

From these results, we can draw the following conclusions:

- time regulation the regulator Smith is superior to the PID controller;
- overshoot in the case of the PID-regulator is lower than with the Smith controller.

However, it should be noted that the qualitative characteristics of the system with Smith predictor can be improved by improving the model of the object, while the PID controller has exhausted its possibilities.

There are other regulators which are interesting, for example: PIP-regulator, the Resvic regulator.

Список используемых источников

1. Фань Чун-вуй, Анализ качества и синтез систем автоматического регулирования с запаздыванием, Автомат.и телемех., 1958, том 19, выпуск 3, 197–207
2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления: учеб. пособие.—СПб.: Профессия, 2007. – 752с.
3. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. Пер. с польского М., «Машиностроение», 1974, 328 с.
4. Статья «Настройка ПИД-регулятора по кривой разгона объекта с самовывравниванием для максимального быстродействия с заданным перерегулированием при идентификации объекта моделью первого порядка с запаздыванием С.В. Стельмашук ВЕСТНИК ТОГУ. 2013. №2(29)
5. 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.
6. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник. – М.: МГИУ, 2003. – 352 с.
7. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. – М.: СОЛОН – Пресс, 2004. – 256 с.
8. 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.
9. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.

10. Автоматический контроль и регулирование в черной металлургии. Справочник. Климовицкий М.Д., Копелович А.П. Изд-во «Металлургия», 1967.

11. Дралюк Б.Н., Синайский Г.В. Системы автоматического регулирования объектов с транспортным запаздыванием. М., «Энергия», 1969. – 72 с.

12. 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

13. 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.: Изда-тельство МГТУ им. Н.Э. Баумана, – 2004. – 656 с.

14. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы»;

15. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;

16. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;

17. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;

18. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

19. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

20. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

21. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
22. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».
23. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
24. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
25. ГОСТ 22.1.01-97 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование.
26. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

Приложение 1

(обязательное)

Таблица - График проведения научного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн			
					T_{Pi}		T_K	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	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
Изучение системы	И	15	18	16,2	8,1	8,1	9,83	9,83
Анализ системы	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 регулятора	И	2	3	2,4	—	2,4	—	2,91
Применение настроек	И	1	3	1,8	—	1,8	—	2,18
Дополнительная подстройка	НР, И	4	6	4,8	2,4	2,4	2,91	2,91

регулятора								
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

Приложение 2 (справочное)

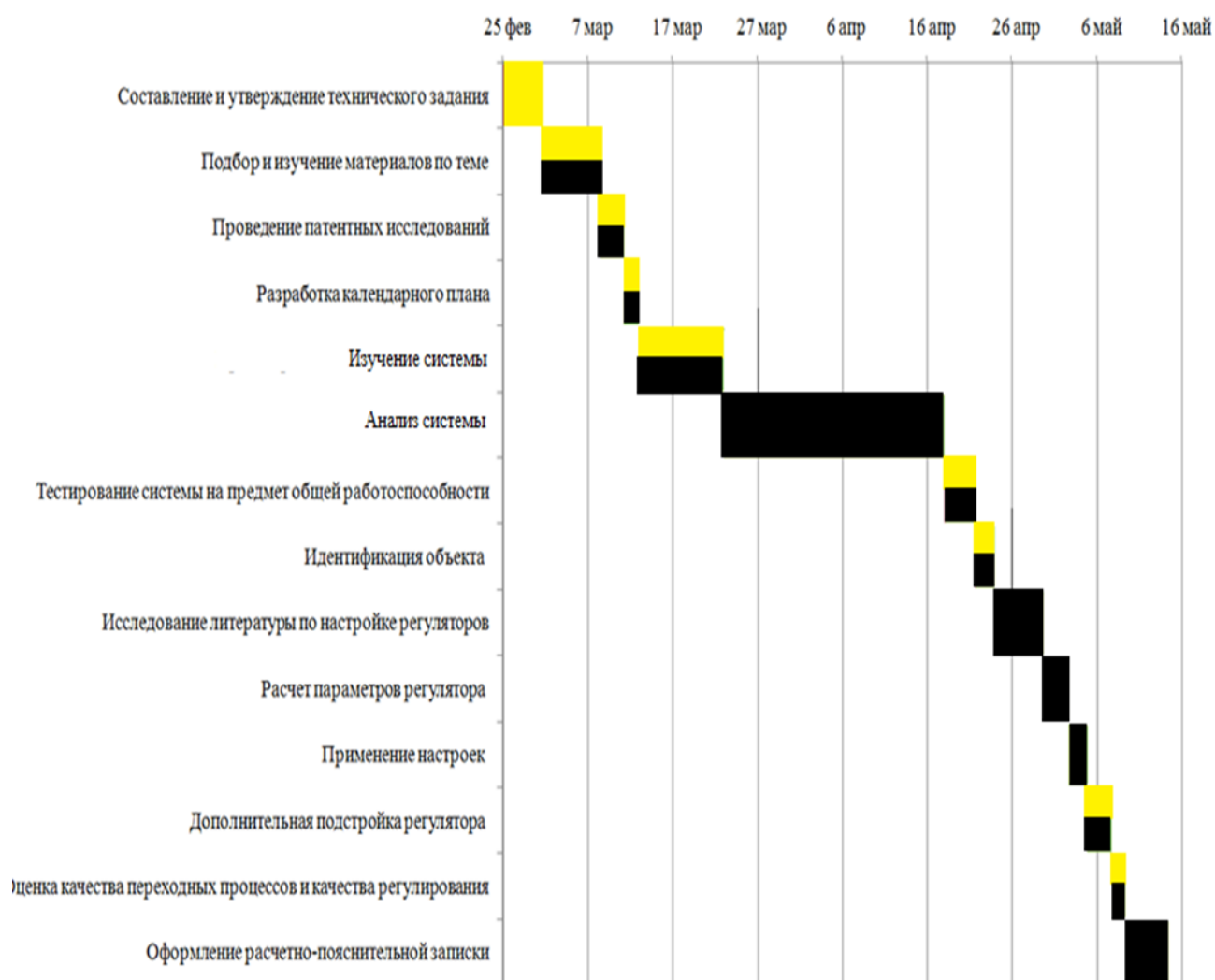


Рисунок – Календарный план график проведения НИОКР

	– Научный руководитель		– Инженер
--	------------------------	--	-----------