

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»
Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ
Директор
С.А. Махновский
«23» марта 2017 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ МОДУЛЮ
ПМ.04 РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСЛОЖНЫХ
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО
15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств
(по отраслям)
базовой подготовки**

Магнитогорск, 2017

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
Автоматизации технологических
процессов

Председатель: Е.В. Менщикова
Протокол №7 от 14 марта 2017 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 23 марта 2017 г.

Разработчик:

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный
колледж Евгения Владимировна Менщикова

Методические указания разработаны на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ.04 Разработка и моделирование несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для студентов очной формы обучения в качестве регламентирующего материала по выполнению и предоставлению курсового проекта по профессиональному модулю «Разработка и моделирование несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов» для специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям).

Выполнение курсового проекта рассматривается как вид учебной деятельности по профессиональному модулю профессионального учебного цикла и реализуется в пределах времени, отведенного на ее (их) изучение (ФГОС п. 7.8).

Выполнение студентом курсового проекта по профессиональному модулю проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений по общепрофессиональным и специальным дисциплинам, междисциплинарным курсам;
- углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных задач, использовать справочную, нормативную и научно-техническую литературу (формирование профессиональных компетенций);
- формирование общих и профессиональных компетенций – развитие творческой инициативы, дисциплинированности, целеустремленности, аккуратности, самостоятельности, ответственности и организованности;
- подготовка к государственной итоговой аттестации (ГИА).

1. Общие положения

В соответствии с рабочей программой ПМ.04 Разработка и моделирование несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов МДК.04.01 Теоретические основы разработки и моделирования несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов предусмотрено выполнение курсового проекта.

Курсовой проект является одним из основных видов учебной деятельности и формой контроля учебной работы студентов.

Продолжительность выполнения курсового проекта – 30 часов. Курсовой проект осуществляется на заключительном этапе изучения междисциплинарного курса МДК.04.01 Теоретические основы разработки и моделирования несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов, в ходе которого формируются умения, ПК и ОК при решении задач, связанных со сферой профессиональной деятельности будущих специалистов.

Курсовой проект выполняется после изучения теоретической части МДК.04.01 Теоретические основы разработки и моделирования несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов.

В результате выполнения курсового проекта, Вы будете уметь:

уметь:

- определять наиболее оптимальные формы и характеристики систем управления;
- составлять структурные и функциональные схемы различных систем автоматизации, компонентов мехатронных устройств и систем управления;
- применять средства разработки и отладки специализированного программного обеспечения для управления технологическим оборудованием, автоматизированными и мехатронными системами;
- составлять типовую модель автоматической системы регулирования (далее - АСР) с использованием информационных технологий;
- рассчитывать основные технико-экономические показатели, проектировать мехатронные системы и системы автоматизации с использованием информационных технологий.

Содержание курсового проекта ориентировано на формирование

общих компетенций:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

профессиональных компетенций:

ПК 4.1. Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов.

ПК 4.2. Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов.

ПК 4.3. Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления.

ПК 4.4. Рассчитывать параметры типовых схем и устройств.

ПК 4.5. Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации.

Курсовой проект по профессиональному модулю выполняется в сроки, определённые рабочим учебным планом по программе подготовке специалистов среднего звена.

Процесс выполнения курсовых проектов включает следующие этапы:

- 1 Изучение настоящих методических указаний.
- 2 Выбор темы и её согласование с руководителем.
- 3 Формулировка цели и составление плана.
- 4 Подбор, изучение и анализ содержания источников.
- 5 Сбор и обобщение материалов, проведение исследований и анализ результатов практической (экспериментальной) части работы.
- 7 Разработка практической части, формулировка выводов и рекомендаций.
- 8 Оформление списка литературы.
- 9 Подготовка к защите и защита курсового проекта.

Контроль за выполнением разделов КП осуществляется преподавателем-консультантом, заведующим отделением.

Примерная тематика курсового проекта:

- Исследование САР температуры ванны травления агрегата непрерывного травления в условиях ЛПЦ-11 ОАО «ММК»
- Исследование САР давления в пространстве методической печи и в условиях СЦ ОАО «ММК»
- Исследование САР температуры в сушке промежуточных ковшей в условиях ЭСПЦ ОАО «ММК»
- Исследование САР уровня в промежуточном ковше МНЛЗ-6 в условиях ККЦ ОАО «ММК»
- Исследование САР температуры шпинделя станка WHN 130 в условиях ОАО «Уралспецмаш»
- Исследование САР расхода аргона на продувку агрегата печь-ковш и в условиях ЭСПЦ ОАО «ММК»
 - Исследование САР температуры в сушке горячим воздухом №2 АНГЦ-2 и в условиях Цеха покрытий ОАО «ММК»

2 Структура курсового проекта

Структура курсового проекта включает:

- пояснительную записку;
- графическую часть.

Текстовый документ курсового проекта должен включать в указанной последовательности следующие элементы:

- титульный лист;
- задание;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников.

К графическому материалу следует относить:

- чертежи;
- эскизы;
- схемы;
- демонстрационные листы.

Объем текстового и графического материала определяется заданием руководителя.

3 Требования к оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка является неотъемлемой частью проекта и представляется вместе с графической частью.

Пояснительная записка курсового проекта включает:

- введение, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формируется цель выполнения курсового проекта;
- исходные данные для выполнения курсового проекта;
- разделы курсового проекта:

ВВЕДЕНИЕ

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Характеристика технологического процесса и конструкции агрегата

1.2 Локальная система автоматического регулирования

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание контрольно измерительных приборов и автоматики (КИПиА) локальной системы автоматического регулирования

2.2 Монтаж системы измерения параметра

2.3 Определение динамических характеристик объекта управления

2.4 Аппроксимация моделью первого порядка

2.5 Аппроксимация моделью второго порядка

2.5.1 Аппроксимация двумя инерционными звеньями первого порядка с разными постоянными времени

2.5.2 Аппроксимация двумя инерционными звеньями первого порядка с одинаковыми постоянными времени

2.7 Определение оптимальной передаточной функции

2.7 Расчет настроек регулятора и его выбор

2.7.1 Расчет пропорционально-интегрального регулятора (ПИ-регулятора)

2.7.2. Расчет пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора (ПИД-регулятора)

2.7.3 Выбор регулятора

2.7.3.1 Выбор регулятора по прямым показателям качества

2.7.3.2 Выбор регулятора по частотным показателям качества

2.8 Исследование системы автоматического регулирования

2.8.1 Определение реакции системы на задающее воздействие (f)

2.8.2 Изучение поведения системы при воздействии помех (f)

2.8.3 Изучение поведения системы при возмущающих воздействиях

2.9 Понятие о математической модели

ЗАКЛЮЧЕНИЕ;

- перечень используемых источников;

- приложения.

Оформление пояснительной записки должно строго соответствовать

–СМК-О-СМГТУ-42-09 Курсовая работа (проект): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления;

–СМК-К-РИ-109-15 Порядок организации выполнения и защиты курсовой работы (проекта) в многопрофильном колледже.

5 Структура курсового проекта (работы)

5.1 КП в общем случае, должен содержать:

– текстовый документ;

– графический материал.

КР в общем случае должна содержать рукопись, представленную в виде текстового документа.

5.2 Текстовый документ (ТД) КП и КР должен включать в указанной последовательности следующие элементы:

– титульный лист;

– задание;

– содержание;

– введение;

– основная часть;

– заключение;

– список использованных источников;

– приложения.

5.3 К графическому материалу следует относить:

– чертежи;

– эскизы;

– схемы;

– демонстрационные листы.

Объем текстового и графического материала определяется заданием руководителя.

5.4 Курсовой проект (работа), наряду с бумажным носителем, может быть полностью или частично представлен на электронных носителях информации (ГОСТ 28388-89), если это установлено заданием.

6 Требования к структурным элементам текстового документа курсового проекта и рукописи курсовой работы

6.1 Общие требования

Текстовый документ КП и КР в краткой и четкой форме должен раскрывать сущность работы, постановку задачи, выбор и обоснование решений, содержать описание методов исследования, анализа и расчетов, описание проведенных экспериментов, анализ полученных результатов, выводы.

6.2 Титульный лист

Титульный лист является первой страницей работы и оформляется по форме, установленной Учебно-методическим управлением (УМУ). Форма титульного листа курсового проекта приведена в приложении А, курсовой работы – в приложении Б.

6.3 Задание

6.3.1 Курсовой проект (работа) выполняется на основании индивидуального задания. Форма задания устанавливается УМУ университета и корректируется кафедрой или предметно – цикловой комиссией (ПЦК). Примерная форма задания приведена в приложении В.

6.3.2 Задание составляется руководителем курсового проектирования в соответствии с темой. Темы КП и КР определяются ведущими преподавателями в соответствии требованиями основных образовательных программ и должны обеспечивать возможность реализации накопленных знаний. При этом студент имеет право выбора темы КП (КР), а также может предложить свою тему, обосновав целесообразность ее разработки.

6.3.4 Тематика КП (КР) должна соответствовать следующим критериям:

- отражать реальные задачи и современные тенденции совершенствования и развития производства, науки, техники, технологии и культуры;
- содержать элементы научных исследований и анализа.

6.3.5 Для решения комплексной задачи допускается выполнение КП (КР) группой студентов. Каждому участнику такой группы выдается индивидуальное задание с указанием разделов, которые разрабатывает и защищает студент самостоятельно.

6.4 Содержание

Содержание должно отражать перечень структурных элементов КП (КР) с указанием номеров страниц, с которых начинается их месторасположение в тексте, в том числе:

- введение;
- разделы, подразделы, пункты (если они имеют наименование);
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка, симметрично тексту, с прописной буквы.

6.5 Введение

Введение кратко характеризует актуальность и социальную значимость темы, степень ее разработанности в отечественной и мировой теории и практике; цели и задачи, объект и предмет, базу исследования или проектирования, методы сбора и обработки информации, научные гипотезы.

Слово «Введение» записывают в виде заголовка, симметрично тексту, с прописной буквы.

6.6 Основная часть

6.6.1 Содержание основной части работы должно соответствовать заданию и требованиям, изложенным в методических указаниях по выполнению КП (КР) по данной дисциплине.

6.6.2 Основную часть следует делить на разделы, подразделы, пункты. Каждый элемент основной части должен представлять собой законченный в смысловом отношении фрагмент работы.

6.6.3 Обязательным структурным элементом основной части КР является аналитический обзор темы.

Аналитический обзор представляет собой результат систематизированной переработки совокупности документов по определенной теме, содержащий обобщенные и критически проанализированные сведения об истории, современном состоянии, тенденциях и перспективах развития предмета обзора.

К тексту аналитического обзора предъявляются следующие основные требования:

- полнота и достоверность информации;
- наличие критической оценки использованной информации;
- логичность структуры;

- композиционная целостность;
- аргументированность выводов;
- ясность и четкость изложения.

Аналитический обзор может быть включен в КП, если это предусмотрено заданием.

6.7 Заключение

В «Заключении» раскрывается значимость рассмотренных вопросов для науки и практики; приводятся главные выводы, характеризующие итоги проделанной работы; излагаются предложения и рекомендации по внедрению полученных результатов и дальнейшему развитию темы. Слово «Заключение» записывают в виде заголовка, симметрично тексту, с прописной буквы.

6.8 Список использованных источников

6.8.1 В «Список использованных источников» включают все источники информации, на которые имеются ссылки в тексте и которые использовались при написании курсового проекта (работы).

6.8.2 Основные требования, предъявляемые к списку использованных источников:

- соответствие теме КП (КР);
- разнообразие видов изданий: официальные, нормативные, справочные, учебные, научные, производственно-практические и др.

6.8.3 Сведения об источниках информации приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.05 и ГОСТ 7.82

6.8.4 Источники в списке нумеруются арабскими цифрами без точки в порядке их упоминания в тексте, либо в алфавитном порядке.

6.9 Приложения

6.9.1 В «Приложения» рекомендуется включать материалы иллюстрационного и вспомогательного характера. В приложения могут быть помещены:

- материалы, дополняющие текст (таблицы, рисунки);
- дополнительные расчеты;
- таблицы вспомогательных данных;
- алгоритмы задач, решаемых с применением ЭВМ;
- распечатки программ и расчетов, описания программных средств;
- характеристики аппаратуры и приборов, применяемых при выполнении работы;
- протоколы испытаний, заключения экспертизы, акты внедрения;
- другие материалы и документы конструкторского, технологического и прикладного характера.

6.9.2 Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого и справочного характера. Статус приложения определяет студент-автор курсового проекта (работы).

6.9.3 Правила представления приложений:

- на все приложения в тексте КП (КР) должны быть даны ссылки;
- приложения располагают и обозначают в порядке ссылок на них в тексте работы;
- приложения оформляют как продолжение КП (КР) на следующих его страницах по правилам и формам, установленным действующими стандартами;
- каждое приложение должно начинаться с нового листа и иметь тематический заголовок и обозначение.

– слово «Приложение» и его буквенное обозначение (заглавные буквы русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ) располагают наверху посередине страницы, а под ним в скобках указывают статус приложения, например: (рекомендуемое), (справочное), (обязательное). Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита за исключением букв I и O;

- при наличии одного приложения, оно обозначается «Приложение А»;
- помещаемые в приложении рисунки, таблицы и формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого приложения, например: «... рисунок А.5...».

4 Требования к изложению текста курсового проекта

Текст излагается кратким чётким языком. Терминология и обозначения должны соответствовать установленным стандартам, а при отсутствии стандартов - общепринятым нормам в научно - технической литературе.

Изложение текста курсового проекта должно строго соответствовать

–СМК-О-СМГТУ-42-09 Курсовая работа (проект): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления;

–СМК-К-РИ-109-15 Порядок организации выполнения и защиты курсовой работы (проекта) в многопрофильном колледже.

7 Требования к оформлению текстовой части курсового проекта (работы)

7.1 Общие требования

Оформление текста КП (КР) выполняют в соответствии с требованиями настоящего стандарта, ГОСТ 7.32 и ГОСТ 2.105. Страницы текста, включая иллюстрации и таблицы, должны соответствовать формату А4 (210х297 мм) по ГОСТ 9327.

Текст должен быть выполнен с одной стороны листа белой бумаги рукописным способом, а также с применением печатающих и графических устройств ЭВМ с соблюдением следующих размеров полей: левое – 20 мм, правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм. При наборе текста в Microsoft Word следует придерживаться следующих требований: основной шрифт Times New Roman или Arial, размер шрифта 12-14 пт, цвет – черный, абзацный отступ 10-12,5 мм, межстрочный интервал – одинарный или полуторный. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры.

7.2 Построение текста

7.2.1 Текст КП (КР) следует делить на разделы, подразделы, пункты. Пункты, при необходимости, могут быть разделены на подпункты.

7.2.2 Каждый раздел текста рекомендуется начинать с новой страницы.

7.2.3 Разделы КП (КР) должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела, пункты – в пределах подраздела, подпункты – в пределах пункта.

Если раздел или подраздел состоит, соответственно, из одного подраздела или пункта, то этот подраздел или пункт нумеровать не следует. Точка в конце номеров разделов, подразделов, пунктов, подпунктов не ставится. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

7.2.4 Внутри разделов, подразделов, пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждым перечислением следует ставить дефис или, при необходимости, в случае наличия ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву (за исключением ё, з, о, ь, й, ы, ь), после которой ставится скобка.

Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

7.2.5 Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа. Если ТД подразделяют только на разделы, то их следует нумеровать, за исключением приложений, порядковыми номерами в пределах всего ТД.

Если раздел или подраздел имеет только один пункт, или пункт имеет один подпункт, то нумеровать его не следует.

7.3 Заголовки

7.3.1 Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты и подпункты заголовков могут не иметь.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов, пунктов.

7.3.2 Заголовки разделов, подразделов и пунктов следует начинать с абзацного отступа, с прописной буквы, без точки в конце, не подчеркивая. В начале заголовка помещают номер

соответствующего раздела, подраздела, либо пункта. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

7.3.3 Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно удвоенному межстрочному расстоянию; между заголовками раздела и подраздела - одному межстрочному расстоянию.

7.4 Требования к тексту курсового проекта (работы)

7.4.1 В ТД должны применяться термины, обозначения и определения, установленные стандартами по соответствующему направлению науки, техники и технологии, а при их отсутствии - общепринятые в научно-технической литературе.

7.4.2 В ТД не допускается:

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

- применять произвольные словообразования;

- применять индексы стандартов (ГОСТ, ГОСТ Р, ОСТ и т.п.), технических условий (ТУ), строительных норм и правил (СНиП) и других документов без регистрационного номера;

- использовать в тексте математические знаки и знак $\varnothing$ (диаметр), а также знаки № (номер) и % (процент) без числовых значений. Следует писать: «температура 20 °С»; «номер опыта» (но не «№ опыта»); «влажность 98 %», «процент выхода» (но не «% выхода»).

7.4.3 Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах.

7.4.4 В ТД следует применять стандартизированные единицы физических величин, их наименования и обозначения.

5 Оформление иллюстраций и таблиц

Оформление иллюстраций и таблиц курсового проекта должно строго соответствовать:

- СМК-О-СМГТУ-42-09 Курсовая работа (проект): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления;

- СМК-К-РИ-109-15 Порядок организации выполнения и защиты курсовой работы (проекта) в многопрофильном колледже.

Выписать из перечисленных документов требования к оформлению иллюстраций и таблиц.

Оформление таблиц:

7.5 Построение таблиц

7.5.1 Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей и, как правило, оформляются в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1 – Пример оформления таблицы

7.5.2 Таблица помещается в тексте сразу же за первым упоминанием о ней или на следующей странице.

7.5.3 Таблицы, за исключением приведенных в приложении, нумеруются в пределах каждого раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы в

пределах раздела, разделенных точкой. Допускается сквозная нумерация таблиц арабскими цифрами по всему ТД. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Если в тексте одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В.

7.5.4 Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы помещают над таблицей после ее номера через тире, с прописной буквы (остальные строчные), без абзацного отступа. Надпись «Таблица...» пишется над левым верхним углом таблицы и выполняется строчными буквами (кроме первой прописной) без подчеркивания (рисунок 1).

7.5.5 Заголовки граф таблицы выполняют с прописных букв, а подзаголовки - со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописной - если они самостоятельные. В конце заголовка и подзаголовка знаки препинания не ставятся. Заголовки указываются в единственном числе. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте. Диагональное деление головки таблицы не допускается.

7.5.6 Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу заголовков помещают только перед первой частью таблицы, над другими частями справа пишется слово «Продолжение» и указывается порядковый номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 2.7». Нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

7.5.7. Таблицы с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну под другой на одном листе. Над последующими частями таблиц указывается слово: «Продолжение», а при наличии нескольких таблиц в ТД указывается номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 2.3».

7.5.8 Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае – боковик.

7.5.9 Если цифровые данные в пределах графы таблицы выражены в одних единицах физической величины, то они указываются в заголовке каждой графы в соответствии с рисунком 2. Включать в таблицу отдельную графу «Единицы измерений» не допускается. Числовые значения величин, одинаковые для нескольких строк, допускается указывать один раз в соответствии с рисунком 2 (графы L1, L2, L3).

Таблица 6.1 –

Масса, кг, не более	Длина, мм	В миллиметрах		
		L1	L2	L3
160	1000	4	5	6
170	1125	52	60	39
190	1165	389	405	247

Рисунок 2 – Пример оформления таблицы с буквенными обозначениями в заголовках граф

Допускается в заголовках и подзаголовках граф отдельные понятия заменять буквенными обозначениями, но при условии, чтобы они были установлены стандартами, либо пояснены в тексте, например: D - диаметр, H - высота. Показатели с одним и тем же буквенным обозначением группируют последовательно в порядке возрастания индексов в соответствии с рисунком 2.

7.5.10 Обозначение единицы физической величины, общей для всех данных в строке, следует выносить в боковик таблицы в соответствии с рисунком 3.

Таблица 6.2 - Основные характеристики прибора

Наименование параметра	Норма для типа		
	Р - 25	Р - 75	Р - 150
1	2	3	4
1 Максимальная пропускная способность, л/мин, не более	25	75	15 0
2 Масса, кг, не более	10	20	40

Рисунок 3- Пример оформления таблиц с нумерацией граф

7.5.11 Слова «более», «не более», «менее», «не менее», «в пределах» и другие ограничительные слова следует помещать в боковике таблицы рядом с наименованием соответствующего параметра, после обозначения единицы физической величины и отделять запятой в соответствии с рисунком 3.

7.5.12 Не допускается включать в таблицу графу «№ п/п».

7.5.13 Нумерация граф и указание номера в боковике таблицы, перед наименованием соответствующего параметра, допускается только в случае необходимости ссылок на них в тексте документа и оформляется в соответствии с рисунком 3.

7.5.14 Повторяющийся в графе таблицы текст, состоящий из одного слова, допускается заменять кавычками, если строки в таблице не разделены линиями. Если повторяющийся текст состоит из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же» и далее кавычками в соответствии с рисунком 4.

Таблица 6.3 – Основные требования к продукции

Наименование отливки	Положение оси вращения
Гильза цилиндрическая То же «	Горизонтальное « «

Рисунок 4 - Пример оформления таблиц с повторяющимся текстом

Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков математических и химических символов не допускается.

Если цифровые или иные данные в таблице не приводятся, то в графе ставится прочерк.

7.6 Иллюстрации

7.6.1 Количество иллюстраций, помещаемых в ТД, должно быть достаточным для раскрытия содержания работы. Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки и т.п.) следует располагать непосредственно после первого упоминания в тексте, или на следующей странице. Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные.

7.6.2 Все иллюстрации именуются в тексте рисунками и нумеруются в пределах каждого раздела. Номер иллюстрации составляется из номера раздела и порядкового номера иллюстрации в пределах данного раздела, разделенных точкой, например: «рисунок 5.1» (первый рисунок пятого раздела). Допускается сквозная нумерация рисунков арабскими цифрами по всему ТД. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1». Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, «Рисунок А.3».

7.6.3 На все иллюстрации должны быть даны ссылки в ТД. При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

7.6.4 Иллюстрации, помещаемые в ТД, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и системы проектной документации по строительству (СПДС).

7.6.5 Иллюстрация располагается по тексту документа, если она помещается на листе формата А4. Если формат иллюстрации больше А4, то ее следует помещать в приложении. Фотоснимки размером меньше формата А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги. Иллюстрации следует размещать так, чтобы их можно было рассматривать без поворота документа или с поворотом по часовой стрелке.

7.6.6 Иллюстрации следует выполнять на той же бумаге, что и текст, либо на кальке того же формата с соблюдением тех же полей, что и для текста. При этом кальку с иллюстрацией следует помещать на лист белой непрозрачной бумаги.

7.6.7 Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование, например: «Рисунок В.2 - Схема алгоритма» и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «рисунок», его номер и наименование помещают ниже изображения после пояснительных данных симметрично иллюстрации.

7.6.8 Графики, отображающие качественные зависимости, изображаются на плоскости, ограниченной осями координат, заканчивающихся стрелками. При этом слева от стрелки оси ординат и под стрелкой оси абсцисс проставляется буквенное обозначение, соответственно, функции и аргумента без указания их единиц измерения (рисунок 5).

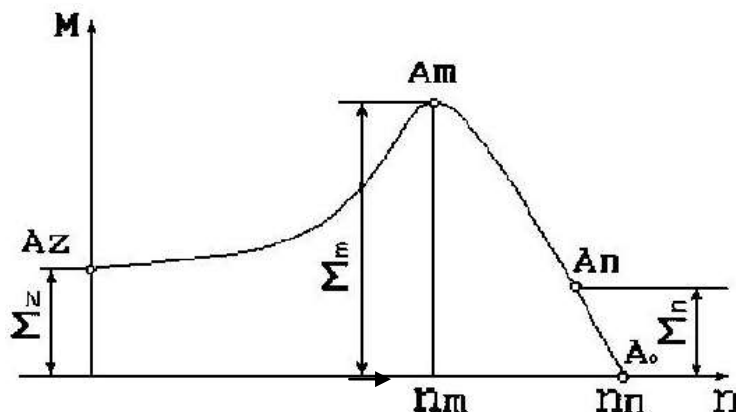


Рисунок 5 – График зависимости

Графики, по которым можно установить количественную связь между независимой и зависимыми переменными, должны снабжаться координатной сеткой равномерной или логарифмической. Буквенные обозначения изменяющихся переменных проставляются вверху слева от левой границы координатного поля и справа под нижней границей поля. Единицы измерения проставляются в одной строке с буквенными обозначениями переменных и отделяются от них запятой. Числовые значения должны иметь минимальное число значащих цифр в соответствии с рисунком 6.

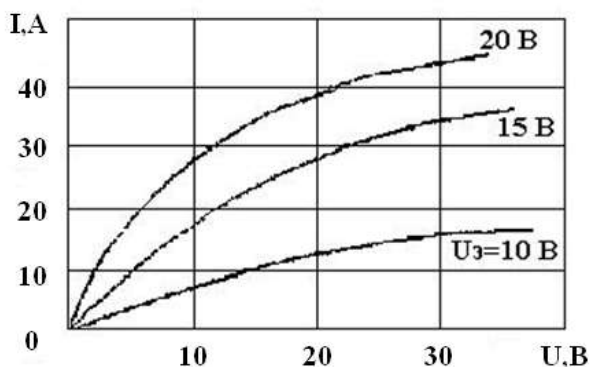


Рисунок 6

Допускается написание названия изменяющейся величины вдоль соответствующей оси (единиц измерения) с обязательным указанием единиц измерения, при этом название вертикальной оси должно читаться с поворотом по часовой стрелке в соответствии с рисунком 7.

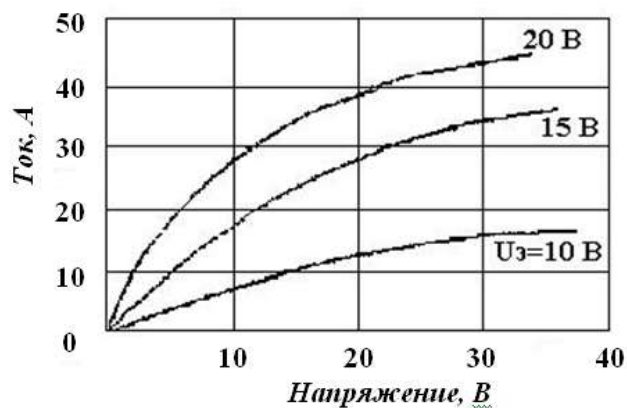


Рисунок 7

6 Требования к оформлению графической части

6 Требования к оформлению графической части

Графическая часть курсового проекта представлена чертежами, включающими в себя:

- функциональную схему автоматизации объекта;
- принципиальную электрическую схему локальной САР.

При курсовом проектировании графическая часть выполняется на стадии рабочих чертежей. Чертежи проектов должны отвечать требованиям графического оформления, предусмотренными правилами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) должно строго соответствовать:

–СМК-О-СМГТУ-42-09 Курсовая работа (проект): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления;

–СМК-К-РИ-109-15 Порядок организации выполнения и защиты курсовой работы (проекта) в многопрофильном колледже.

8 Требования к оформлению графического материала

8.1 Графический материал, представленный в виде чертежей, эскизов и схем, характеризующих основные выводы и предложения исполнителя, должен совместно с ТД раскрывать содержание КП (КР).

8.2 Состав и объем графического материала, применительно к работам по конкретной образовательной программе или конкретному образовательному направлению, должны определяться методическими указаниями кафедры, руководителем КП (КР) и указываться в задании.

8.3 Графический материал должен отвечать требованиям действующих стандартов по соответствующему направлению науки, техники или технологии и может выполняться:

- традиционным способом - карандашом или тушью;
- автоматизированным способом - с применением графических и печатающих устройств вывода ЭВМ.

Цвет изображений чертежей и схем - черный на белом фоне. В оформлении комплекта листов графического материала работы следует придерживаться единого стиля. Каждый лист графического материала должен иметь угловой штамп, оформленный и заполненный по соответствующему стандарту. При оформлении демонстрационных листов допускается

использование возможностей цветового акцентирования внимания на отдельных элементах представляемого материала.

7 Список использованных источников

Список использованных источников указывается в соответствии с действующими нормами для научно - технической литературы.

Сведения о книгах (учебники, справочники и др.) должны включать: фамилию и инициалы автора, заглавие книги (без кавычек), год издания, объём в страницах.

8 Защита курсового проекта

В процессе подготовки к защите студент готовит доклад на 5 минут. В докладе должно быть раскрыто содержание курсового проекта, раскрыты главные положения, больше половины доклада должно быть посвящено практической части, заканчивается доклад выводами и предложениями.

Защита курсового проекта осуществляется перед комиссией, состоящей из преподавателей.

9 Критерии оценки курсового проекта

Курсовой проект оценивается по пятибалльной системе.

Критериями оценки курсовой работы по дисциплине являются:

- качество содержания работы (достижение сформулированной цели и решение задач исследования, полнота раскрытия темы, системность подхода, отражение знаний литературы и различных точек зрения по теме, нормативно-правовых актов, аргументированное обоснование выводов и предложений);
- соблюдение графика выполнения курсового проект;
- обоснование актуальности выбранной темы;
- соответствие содержания выбранной теме;
- соответствие содержания глав и параграфов их названию;
- логика, грамотность и стиль изложения;
- наличие практических рекомендаций;
- внешний вид работы и ее оформление, аккуратность;
- соблюдение заданного объема работы;
- наличие хорошо структурированного плана, раскрывающего содержание темы курсовой работы;
- наличие сносок и правильность цитирования;
- качество оформления рисунков, схем, таблиц;
- правильность оформления списка использованной литературы;
- достаточность и новизна изученной литературы;
- ответы на вопросы при публичной защите работы.

Пример

Оценка «**отлично**» выставляется при выполнении курсового проекта в полном объеме; используется основная литература по проблеме, работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

Оценка «**хорошо**» выставляется при выполнении курсового проекта в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент твердо владеет теоретическим материалом, может

применять его самостоятельно или по указанию преподавателя; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при выполнении курсового проекта в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, когда студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или вовсе не отвечает на них

Положительная оценка выставляется в ведомость и зачетную книжку. Студент, получивший неудовлетворительную оценку, должен доработать курсовую работу. В этом случае смена темы не допускается.

Оценка уровня сформированности профессиональных и общих компетенций во время подготовки и защиты курсового проекта по профессиональному модулю определяется руководителем по универсальной шкале оценки образовательных достижений, которые включают в себя основные показатели оценки результатов

Оценка образовательных достижений студента (ки)

Код и наименование компетенций	Код и наименование ОПОР (основных показателей оценки результата)	Оценка (положительная – 1/ отрицательная – 0)		
		Выполнение КП (КР)	Защита КП (КР)	Интегральная оценка ОПОР как результатов выполнения и защиты КП (КР)
ПК 4.1. Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов	ОПОР 4.1.1 Составление структурной схемы технологического процесса			
	ОПОР 4.1.2. Анализ принципа регулирования систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов			
	ОПОР 4.1.3. Анализ показаний параметра системы автоматического управления			
ПК 4.2. Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов	ОПОР 4.2.1. Выбор первичных преобразователей для локальной системы управления с учетом специфики технологических процессов			
	ОПОР 4.2.2. Выбор контроллера для локальной системы управления с учетом специфики технологических процессов			
	ОПОР 4.2.3. Выбор исполнительного устройства для локальной системы управления с учетом специфики технологических процессов			
ПК 4.3. Составлять схемы специализированных узлов, блоков,	ОПОР 4.3.1. Составление функциональной схемы автоматизации локальной системы АУ			

устройств и систем автоматического управления	ОПОР 4.3.2. Составление функциональной схемы автоматизации объекта управления			
	ОПОР 4.3.3. Составление принципиальной электрической схемы локальной системы АУ			
ПК 4.4. Рассчитывать параметры типовых схем и устройств	ОПОР 4.4.1. Расчет динамических настроек объекта управления			
	ОПОР 4.4.2. Расчет динамических настроек регулятора локальной системы управления			
	ОПОР 4.4.3. Проведение сравнительного анализа параметров систем АУ			
ПК 4.5. Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации	ОПОР 4.5.1. Определение эргономических характеристик схем и систем автоматизации			
	ОПОР 4.5.2. Оценка эргономических характеристик схем и систем автоматизации в соответствии с нормативными требованиями			
	ОПОР 4.5.3. Обеспечение эргономических характеристик схем и систем автоматизации в соответствии с нормативными требованиями			
ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	ОПОР 2.1 Аргументированно обосновывает профессиональную задачу или проблему.			
	ОПОР 2.2 Составляет план решения профессиональной задачи.			
	ОПОР 2.3 Оценивает результаты решения профессиональной задачи.			
ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	ОПОР 3.1 Принимает решение в стандартной профессиональной ситуации.			
	ОПОР 3.2 Принимает решение в нестандартной профессиональной ситуации.			
	ОПОР 3.3 Оценивает результаты и последствия своих действий в стандартных и нестандартных ситуациях.			
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	ОПОР 4.1 Подбирает необходимые источники информации для решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.			
	ОПОР 4.2 Структурирует получаемую информацию.			
	ОПОР 4.3 Оформляет результаты поиска информации в соответствии с принятыми нормами.			

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии профессиональной деятельности.	ОПОР 5.1 Использует средства информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности.			
	ОПОР 5.2 Применяет специализированное программное обеспечение при решении профессиональных задач.			
	ОПОР 5.3 Демонстрирует культуру поведения в сети интернет с учетом требований информационной безопасности.			
ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	ОПОР 6.1 Демонстрирует навыки работы в коллективе и/или команде.			
	ОПОР 6.2 Осуществляет взаимодействие с коллегами, руководством, потребителями в смоделированной ситуации профессиональной деятельности.			
	ОПОР 6.3 Демонстрирует владение способами решения конфликтной ситуации в профессиональной деятельности.			
ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.	ОПОР 7.1 Планирует деятельность членов команды и распределяет роли.			
	ОПОР 7.2 Выбирает оптимальные решения при выполнении заданий.			
	ОПОР 7.3 Выполняет функции лидера команды (руководителя проекта).			
	ОПОР 7.4 Анализирует деятельность членов команды при решении профессиональных задач.			
	ОПОР 7.5 Планирует деятельность членов команды по улучшению достигнутых результатов.			
ОК 8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.	ОПОР 8.1 Составляет свою профиограмму.			
	ОПОР 8.2 Планирует собственное повышение квалификации в соответствии с намеченным планом.			
	ОПОР 8.3 Осваивает дополнительные образовательные программы.			
ОК 9 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности	ОПОР 9.1 Владеет информацией в области инноваций в профессиональной сфере деятельности.			
	ОПОР 9.2 Составляет алгоритм действий при смене технологий в профессиональной деятельности.			
	ОПОР 9.3 Анализирует актуальность технологических процессов при выполнении профессиональных задач.			
% положительных оценок				

Приложение А
Форма титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова»

Многопрофильный колледж

ПЦК _____

КУРСОВАЯ РАБОТА
РАСЧЁТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

по МДК _____

на тему: _____

Исполнитель: _____ студент _____ курса, группа _____

Руководитель: _____
(Ф.И.О., должность, уч. степень, уч. звание)

Работа допущена к защите “ _____ ” _____ 20____ г. _____
(подпись)

Работа защищена “ _____ ” 20____ г. с оценкой _____
(оценка) (подпись)

Магнитогорск, 20____

Приложение Б
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова»
Многопрофильный колледж

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Тема: _____

Студент _____

Задание

Исходные
данные: _____

Состав и содержание проекта (работы) _____

Срок сдачи: «_____» _____ 201__ г.

Руководитель: _____ / _____
«_____» _____ 201__ г.

Задание получил: _____ / _____
«_____» _____ 201__ г.

Магнитогорск, 20____

Приложение В

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Характеристика технологического процесса и конструкции агрегата

В данном разделе рассматривается назначение, конструкция, описание технологического процесса. Представляется структурная схема рассматриваемого контура регулирования с обоснованием важности регулирования данного параметра, а также статические характеристики датчика параметра и самого объекта регулирования.

1.2 Локальная система автоматического регулирования

В данном разделе необходимо указать назначение САР, описать прохождение сигнала от датчика до исполнительного механизма с указанием типов поборов и видов сигнала, а также представить функциональную схему локальной САР и ее структурную схему.

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание контрольно - измерительных приборов и автоматики (КИПиА) локальной системы автоматического регулирования

В данном разделе необходимо каждый прибор локальной САР представить в плане:

- назначение и область применения;
- диапазон измерения;
- входные и выходные сигналы;
- питание;
- потребляемая мощность и др. необходимые характеристики.

2.2 Монтаж системы измерения параметра

Необходимо дать описание монтажа датчика, показывающего прибора, соединительных линий, сопровождая это соответствующими иллюстрациями.

2.3 Определение динамических характеристик объекта управления

Задается переходный процесс, взятый с производства, в виде графика, изображенного на рисунке 1.

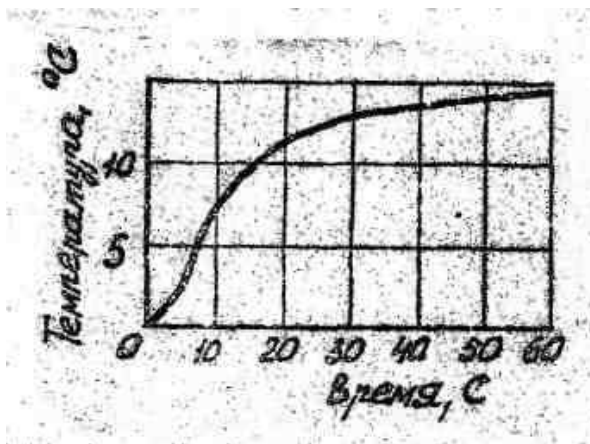


Рисунок 1- Переходный процесс

Нанеся сетку на рисунок 1 и произведя оцифровку точек на графике, заполняется таблица 1 исходных значений и по ним строится переходный процесс (рисунок 2):

Таблица 1 - Исходные данные по заданной кривой разгона

Время, с	Температура, °C

По построенному переходному процессу определяются статические и динамические характеристики объекта.

Постоянная времени будет определяться как разница между абсциссой точки В и точки А. Координаты этих точек находим из уравнения касательной АВ.

Находится уравнение касательной АВ, для этого используется метод наименьших квадратов. Для этого выбираются 3 точки: С (x_i ; y_i), F(x_i ; y_i) и D (x_i ; y_i), одновременно принадлежащие касательной и кривой переходного процесса.

По рисунку 2 определяются характеристики объекта:

- коэффициент передачи объекта $k_{об}$;
- постоянная времени $T_{об}$;
- время запаздывания $\tau_{об}$;
- время переходного процесса $t_{пер.пр.}$.

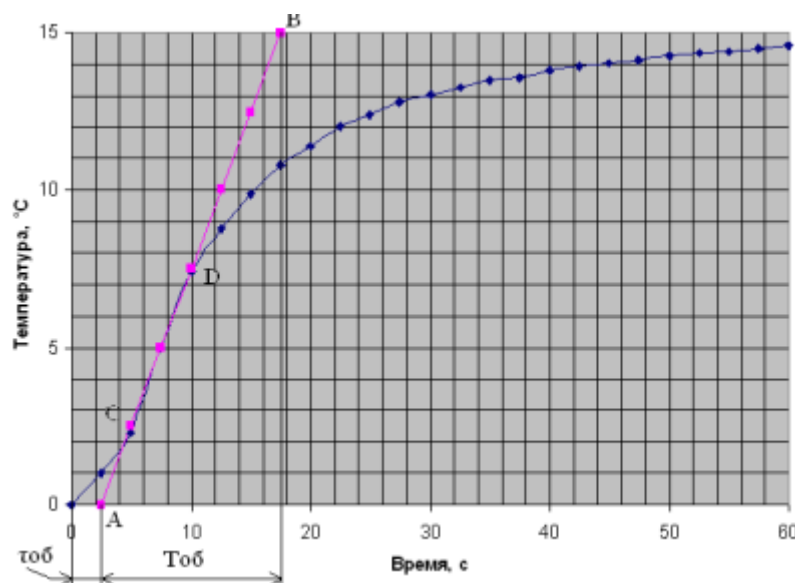


Рисунок 2 - График для определения динамических характеристик объекта, построенный по таблице исходных значений

2.4 Аппроксимация моделью первого порядка

Исходные данные об объекте задаются в виде графика его переходной функции. Предполагается, что у переходной функции отсутствуют колебания, т.е. она имеет качественный вид, показанный на рис. 3.

Передачная функция ищется в виде

$$H_M(p) = \frac{k_{об} e^{-\tau_M p}}{T_M + 1},$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;

τ_m, T_m – параметры математической модели.

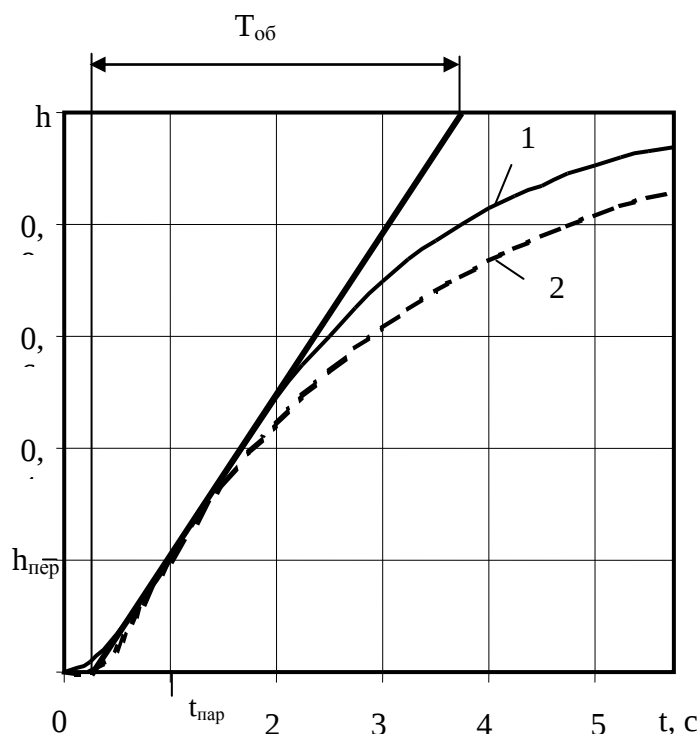


Рисунок 3 - Переходная функция объекта:

- 1 – переходный процесс объекта;
- 2 – переходный процесс модели.

Ей соответствует переходная функция

$$h_m(t) = k_{об} \left(1 - e^{-\frac{(t-\tau_m)}{T_m}} \right) \quad (1)$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;

τ_m, T_m – параметры математической модели.

Выбираются следующие два условия приближения переходной функции модели к переходной функции объекта:

1. В точке перегиба переходной функции объекта, значения переходных функций должны совпадать.

2. В точке перегиба переходной функции объекта, скорость изменения переходной функции объекта должна совпадать со скоростью изменения переходной функции модели.

Эти два условия удовлетворяют следующим образом. Находится точка перегиба переходной функции. Для этого время от начала переходного процесса до его завершения разбивается на 20-30 равных частей, и находятся приращения переходной функции на каждом временном интервале Δt . На отрезке времени, где приращение переходной функции максимально и лежит абсцисса точки перегиба. Если таких интервалов несколько (приращения максимальны и одинаковы), то берётся интервал ближе всего расположенный к началу координат. Выбирается точка в середине найденного интервала и принимается за точку перегиба. Координаты этой точки обозначаются соответственно $t_{пер}$ и $h_{пер}$ (рис. 3). Через точку перегиба проводится касательная к переходной функции и находится точка пересечения касательной с установившимся значением переходной функции и с осью абсцисс. Находится длина отрезка, обозначенного на рис. 3 как $T_{об}$.

Установившееся значение переходной функции равно передаточному коэффициенту, т.е. $h(\infty)=k_{об}$. Из графика на рис. 3 находится скорость изменения переходной функции в точке перегиба:

$$\frac{dh(t)}{dt} \Big|_{t=t_{пер}} = \frac{k_{об}}{T_{об}}$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;
 $T_{об}$ – постоянная времени объекта.

и значение коэффициента b , как отношение двух отрезков:

$$b = \frac{h_{пер}}{k_{об}}$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;
 $h_{пер}$ – координата точки перегиба.

Первое условие соответствия в аналитическом виде будет таким: $h_{пер}=h_m(t_{пер})$; используя его и уравнение (1), получается

$$1 - b = e^{-\frac{(t_{пер}-\tau_m)}{T_m}}. \quad (2)$$

где $t_{пер}$ – координата точки перегиба;
 b – коэффициент;
 τ_m, T_m – параметры математической модели.

Производная для переходной функции модели

$$\frac{dh_m(t)}{dt} = \frac{k_{об}}{T_m} e^{-\frac{(t-\tau_m)}{T_m}}.$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;
 τ_m, T_m – параметры математической модели.

Используя эту формулу и второе условие соответствия, получают:

$$\frac{k_{об}}{T_{об}} = \frac{k_{об}}{T_m} e^{-\frac{(t_{пер}-\tau_m)}{T_m}}. \quad (3)$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;
 $t_{пер}$ – координата точки перегиба;
 τ_m, T_m – параметры математической модели.

Из формул (2) и (3) следует первая рабочая формула

$$T_m = T_{об}(1 - b). \quad (4)$$

где $T_{об}$ – постоянная времени объекта;
 b – коэффициент;
 T_m – параметры математической модели.

Подставляя (2) в выражение (3), получают

$$1 - b = e^{-\frac{(t_{пер} - \tau_m)}{T_m}}.$$

где $T_{об}$ – постоянная времени объекта;

b – коэффициент;

T_m – параметры математической модели.

Логарифмируя правую и левую части последнего выражения, получают вторую рабочую формулу

$$\tau_m = t_{пер} + T_m \ln(1 - b). \quad (5)$$

где $T_{об}$ – постоянная времени объекта;

b – коэффициент;

$t_{пер}$ – координата точки перегиба;

τ_m, T_m – параметры математической модели.

Формулы (4) и (5) позволяют получить параметры математической модели. Далее по формуле (1) следует построить переходную функцию модели и сравнить её с переходной функцией объекта. При этом следует иметь ввиду, что формулой (1) можно пользоваться, начиная с $t = \tau_m$, а до этого момента принимать $h_m(t) = 0$.

Для расчета можно использовать программу ТАУ-3. Полученная передаточная функция в виде:

$$H_m(p) = \frac{k_{об} e^{-\tau_m p}}{T_m + 1}$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;

τ_m, T_m – параметры математической модели.

задается в программе ТАУ-3 Linsys. Полученный переходный процесс оцифровывается по тому же принципу, что и исходная кривая разгона. И производится построение исходной и аппроксимированной кривых разгона на одном графике для произведения сравнительного анализа.

На рис. 3 переходная функция модели, построенная по формуле (1), показана пунктирным графиком. Графики 1 и 2 рис. 3 показывают, что хорошее совпадение переходных функций имеет место только в окрестности $t = t_{пер}$. Для $t > t_{пер}$ переходная функция модели проходит значительно ниже переходной функции объекта. Чтобы "пригнать" график модели ближе к графику объекта, следует взять более сложную модель.

2.5 Аппроксимация моделью второго порядка

2.5.1 Аппроксимация двумя инерционными звеньями первого порядка с разными постоянными времени

Если на графике переходной функции объекта $h_o(t)$ не просматривается характерный для s -образных кривых прямолинейный участок, а сама переходная кривая приближается к установившемуся значению $h_o(\infty) = k_o$ сравнительно медленно, то для аппроксимации можно выбрать передаточную функцию второго порядка с запаздыванием τ_q и различными постоянными времени:

$$H_M(p) = \frac{k_{об} e^{-\tau_ч p}}{(T_{o1} p + 1) \cdot (T_{o2} p + 1)}.$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;
 $\tau_ч$ – время запаздывания;
 T_{o1}, T_{o2} – постоянные времени объекта.

Постоянные времени T_{o1} и T_{o2} определяются по некоторым характерным точкам переходного процесса.

В большинстве случаев модель обеспечивает достаточную точность для практических расчетов, если принять $T_{o1}/T_{o2}=0,5$. При этом постоянные времени T_{o1} и T_{o2} определяют следующим образом: по ординате $h(t_2)=0,63k_0$ экспериментальной переходной характеристики находят момент времени t_2 , отсчитываемый от окончания времени чистого запаздывания, а затем вычисляют $T_{o2}=0,64t_2$ и $T_{o1}=0,5T_{o2}$. Такая аппроксимация целесообразна, когда $h(0,5 t_2)>0,3k_0$.

Полученная передаточная функция в виде:

$$H_M(p) = \frac{k_{об} e^{-\tau_ч p}}{(T_{o1} p + 1) \cdot (T_{o2} p + 1)}$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;
 $\tau_ч$ – время запаздывания;
 T_{o1}, T_{o2} – постоянные времени объекта.

задается в программе ТАУ-3 Linsys. Полученный переходный процесс оцифровывается по тому же принципу, что и исходная кривая разгона. И производится построение исходной кривой разгона и аппроксимированной с различными постоянными времени на одном графике для произведения сравнительного анализа.

2.5.2 Аппроксимация двумя инерционными звеньями первого порядка с одинаковыми постоянными времени

Модель второго порядка с одинаковыми постоянными времени и запаздыванием имеет вид:

$$H_M(p) = \frac{k_o \cdot e^{-p\tau'_o}}{(T_{oi} p + 1)^2},$$

где $T_{oi} = T_o/2,72$;

$$\tau'_o = \tau_o - \tau'_n = \tau_o - 0,107 \cdot T_o.$$

Параметры данной модели однозначно выражаются через параметры T_o и τ_o экспериментальной переходной характеристики (рисунок 4).

Этой передаточной функции соответствует кривая 2, которая начинается в точке D' . Очевидно, что при данном способе аппроксимации почти весь интервал τ_o должен быть смоделирован как чистое запаздывание, т.е. $\tau_ч = \tau'_o$.

Полученная передаточная функция в виде:

$$H_M(p) = \frac{k_o \cdot e^{-p\tau'_o}}{(T_{oi} p + 1)^2}$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта;

τ_q – время запаздывания;
 T_{01}, T_{02} – постоянные времени объекта.

задается в программе ТАУ-3 Linsys. Полученный переходный процесс оцифровывается по тому же принципу, что и исходная кривая разгона. И производится построение исходной кривой разгона и аппроксимированной с одинаковыми постоянными времени на одном графике для произведения сравнительного анализа.

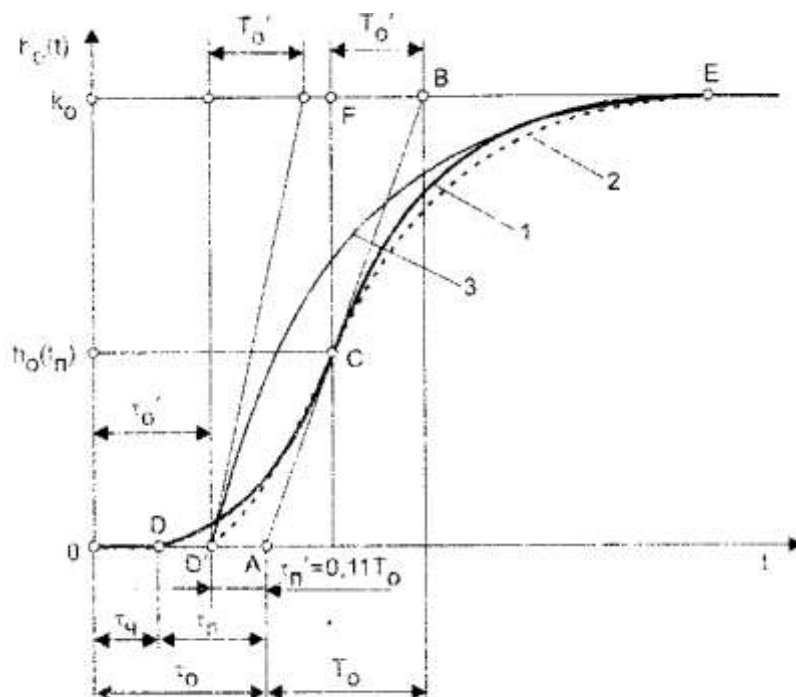


Рисунок 4 - Переходные характеристики реального объекта (кривая 1) и его приближенных моделей второго (кривая 2) и первого (кривая 3) порядков с запаздыванием

2.7 Определение оптимальной передаточной функции

Критерием выбора выбирается квадратичный интегральный критерий качества, характеризующий суммарную площадь, ограниченную кривой переходного процесса.

Таблица 2 - Определение интегральной квадратичной ошибки для различных моделей аппроксимации

Время	Переходные функции объектов и моделей				Вычисление ошибки		
	Исходная	1 пор.	2 п. разл. T	2 п. одн. T	1 пор.	2 п. разл. T	2 п. одн. T
Ошибка:					σ_1	σ_{2p}	σ_{2o}

Интегральная квадратичная ошибка вычисляется по формуле:

$$\sigma = \sum_{i=1}^{t_{\text{ПЕР}}} (y_i^{\text{аннр}} - y_i^{\text{исх}})^2.$$

Подсчитывается квадратичная ошибка для каждой модели и объекта: σ_1 , σ_2 , σ_3 . Рассчитанные квадратичные ошибки сравниваются между собой, и в дальнейших расчетах за объект принимается модель с наименьшей ошибкой.

2.7 Расчет настроек регулятора и его выбор

Выбирается типовой переходный процесс апериодическим, окончание переходного процесса при вхождении в зону 0,1% от заданного значения.

Показатель колебательности принимается равным 1,3.

2.7.1 Расчет пропорционально-интегрального регулятора (ПИ-регулятора)

Расчет ПИ-регулятора осуществляется по формуле:

$$W_p(p) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right),$$

где k_p , k_i – коэффициенты соответственно пропорциональной и интегральной частей;

T_i и $T_{из}$ – постоянные времени интегрирования и изодрома.

Для упрощенной типовой модели первого порядка с запаздыванием настроечные параметры регулятора принимают вид:

$$K_p = 0,6 / (k_o \cdot (\tau_o / T_o)) ; T_i = 0,6 T_o.$$

где k_o – коэффициент передачи объекта;

τ_o – время запаздывания;

T_o – постоянная времени объекта.

В программе ТАУ-3 Control для объекта задаются параметры выбранной модели, а для регулятора – полученная передаточная функция. Представить график.

По переходному процессу определяются следующие показатели качества:

1) величина перерегулирования σ – это отношение первого максимального отклонения управляемой переменной $y(t)$ от ее установившегося значения $y(\infty)$ к этому установившемуся значению:

$$\sigma = \frac{y_m - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100 \%$$

2) длительность переходного процесса t_n – интервал времени от момента приложения ступенчатого воздействия до момента, когда переходный процесс вошел в зону $\pm 0,1\%$ от заданного значения.

3) количество колебаний n .

4) коэффициент затухания:

$$\zeta = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100 \%$$

2.7.2. Расчет пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора (ПИД-регулятора)

Расчет ПИД-регулятора осуществляется по формуле:

$$W_p(p) = k_n \left(1 + \frac{1}{T_{ин} p} + T_d p \right),$$

где k_n , $k_{ин}$ – коэффициенты соответственно пропорциональной и интегральной частей;
 $T_{ин}$ и $T_{из}$ – постоянные времени интегрирования и изодрома.

Для упрощенной типовой модели с запаздыванием настроечные параметры регулятора принимают вид:

$$K_p = 0,95/k_o \tau_o / T_o; T_{ин} = 2,4 \tau_o; T_d = 0,4 \tau_o.$$

где k_o – коэффициент передачи объекта;

τ_o – время запаздывания;

T_o – постоянная времени объекта.

В программе ТАУ-3 Control для объекта задаются параметры выбранной модели, а для регулятора – полученная передаточная функция. Представить график.

По переходному процессу определяются следующие показатели качества:

1) величина перерегулирования σ – это отношение первого максимального отклонения управляемой переменной $y(t)$ от ее установившегося значения $y(\infty)$ к этому установившемуся значению:

$$\sigma = \frac{y_m - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100 \%,$$

2) длительность переходного процесса t_n – интервал времени от момента приложения ступенчатого воздействия до момента, когда переходный процесс вошел в зону $\pm 0,1\%$ от заданного значения.

3) количество колебаний n .

4) коэффициент затухания:

$$\zeta = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100 \%,$$

2.7.3 Выбор регулятора

2.7.3.1 Выбор регулятора по прямым показателям качества

Таблица 4 - Сравнительная таблица для разных типов регуляторов

Регулятор/ Параметр	Перерегулирование σ , %	Время переходного процесса $t_{пер}$, с	Затухание ξ , %	Число колебаний переходного процесса n
ПИ-регулятор				
ПИД-регулятор				

2.7.3.2 Выбор регулятора по частотным показателям качества

В программе ТАУ-3 Control для системы с полученными параметрами при помощи функции критерия Найквиста строятся годографы АФЧХ и определяются запасы устойчивости по фазе γ и по модулю a для каждой модели регуляторов (рисунок 5). Представить график.

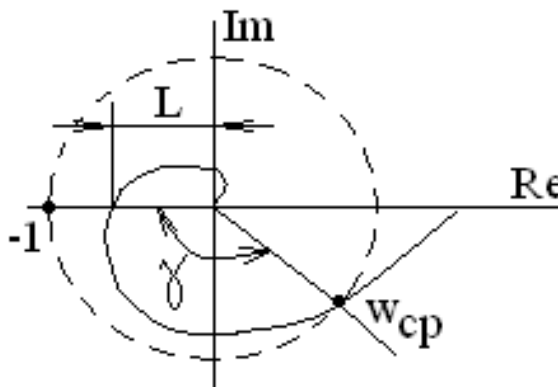


Рисунок 5 - Определение частотных показателей качества системы

Для нормально работающей системы запас устойчивости по фазе γ составляет $30 - 40^\circ$.

Запасы устойчивости по модулю a показывает, во сколько раз можно увеличить текущее k_p , чтобы выйти на границу устойчивости.

$$a = 1/L.$$

ω_{cp} – это частота среза. При данной частоте амплитуда входного сигнала равна амплитуде выходного сигнала.

Таблица 5 - Сравнительная таблица для разных моделей регуляторов

Регулятор/Параметр	Запас по модулю	Запас по фазе, $^\circ$	Частота среза, рад/с
ПИ-регулятор			
ПИД-регулятор			

По результатам двух сравнительных анализов выбирается наилучший регулятор, который будет использоваться при дальнейшем исследовании САР.

2.8 Исследование системы автоматического регулирования

2.8.1 Определение реакции системы на задающее воздействие (f)

2.8.1.1 Реакция на ступенчатое воздействие

В программе ТАУ-3 Control на вход САР с выбранными ранее параметрами объекта и регулятора подается ступенчатое единичное однократное скачкообразное воздействие в виде $f(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$ ($a_0 = 1$, $a_1, a_2 = 0$). Представить полученный переходный процесс $y(t)$.

2.8.1.2 Реакция на синусоидальное воздействие

В программе ТАУ-3 Control на вход САР с выбранными ранее параметрами объекта и регулятора подается синусоидальное воздействие в виде $f(t) = a_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) + a_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2) + a_3 \sin(\omega_3 t + \varphi_3)$ (задаются a_1, ω_1 и φ_1). Представить полученный переходный процесс $y(t)$.

2.8.1.3 Анализ полученных результатов

По полученным данным делается вывод о поведении системы при различных входных воздействиях.

2.8.2 Изучение поведения системы при воздействии помех (f)

В программе ТАУ-3 Control на вход САР с выбранными ранее параметрами объекта и регулятора подается импульсное воздействие в виде $f(t) = a$ при $t < t_1$ и $f(t) = 0$ при $t > t_1$. Исследовать влияние на работу САР величины параметров a и t_1 . Представить полученные переходные процессы $y(t)$. Сделать вывод о помехоустойчивости системы.

2.8.3 Изучение поведения системы при возмущающих воздействиях

2.8.3.1 Возмущение по каналу измерения (z)

В программе ТАУ-3 Control на вход САР с выбранными ранее параметрами объекта и регулятора подается возмущающее воздействие в виде $f(t) = a$ при $t < t_1$ и $f(t) = 0$ при $t > t_1$ ($a = 0,025$ и $t = 10$). Исследовать влияние на работу САР величины параметра t . Представить полученные переходные процессы $y(t)$. Сделать вывод.

2.8.3.2 Возмущение по нагрузке (g)

В программе ТАУ-3 Control на вход САР с выбранными ранее параметрами объекта и регулятора подается возмущающее воздействие в виде $f(t) = a$ при $t < t_1$ и $f(t) = 0$ при $t > t_1$ ($a = 0,5$ и $t = 10$). Исследовать влияние на работу САР величины параметра t . Представить полученные переходные процессы $y(t)$. Сделать вывод.

2.8.3.3 Возмущение по управляющему воздействию (v)

В программе ТАУ-3 Control на вход САР с выбранными ранее параметрами объекта и регулятора подается возмущающее воздействие в виде $f(t) = a$ при $t < t_1$ и $f(t) = 0$ при $t > t_1$ ($a = 0,5$ и $t = 10$). Исследовать влияние на работу САР величины параметра t . Представить полученные переходные процессы $y(t)$. Сделать вывод.

2.9 Понятие о математической модели

Динамические свойства любой системы проявляются в ее работе. Для того, чтобы эти свойства выявить, на вход системы необходимо подать возмущение. Однако, практика показывает, что исследование системы в условиях производства экономически нецелесообразно. Поэтому в автоматическом управлении вводится понятие модели, исследование которой выполняется в процессе проектирования.

Модель – система, сохраняющая существенные черты оригинала и допускающая исследование физическими или математическими методами.

Модель должна отображать сущность исследуемого процесса, давать все необходимые данные для решения конкретной задачи исследования и не содержать второстепенных связей. Поведение модели и реального объекта должно подчиняться одинаковым законам. Изучив динамику на доступной для исследователя модели, оказывается возможным предсказать свойства, как реального объекта, так и системы. По способу построения все множество моделей можно разделить на физические и математические.

Физическая модель – это устройство, позволяющее проводить замену изучаемого объекта, подобным ему с сохранением его физической природы.

Физическое моделирование в отдельных случаях неприемлемо из-за значительных затрат на изготовление модели. Поэтому исследование выполняют экономически эффективнее на математических моделях.

Математической моделью объекта системы называют его описание на математическом языке: алгебраических, дифференциальных, интегральных уравнений.

При автоматизации технологических процессов автоматическая модель дает возможность рассчитывать различные выходные параметры процесса и соответствующие управляющие воздействия.

Математическая модель сложного технологического объекта (процесса) дает упрощенное приближенное описание этого объекта. Применение ЭВМ и численных методов решения дает возможность для усложнения математической модели до любого требуемого уровня точности. Однако при составлении модели следует исходить из реальной оценки необходимой точности. Она зависит от назначения модели: совершенствование технологии, повышение качества управления или технико-экономический анализ.

По свойствам математические модели процессов делятся на статические и динамические. Первые представляют собой совокупность алгебраических уравнений, отражающих балансы энергии или вещества. Они позволяют рассчитывать итоговые значения управляемых величин и управляющих воздействий.

Динамические модели позволяют определить значение параметров во времени и строятся на основании дифференциальных уравнений.

В курсовой работе математическая модель представляет собой схему, в которой все элементы САР представлены типовыми динамическими звеньями.

Заполняется следующая таблица:

Таблица 6 - Математическая модель САР

Название прибора	Тип прибора	Динамическое звено	Передаточная функция звена

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основные источники

1. Афонин, А. М. Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. М. Афонин, Ю. Н. Царегородцев, А. М. Петрова и др. – Москва : Форум, 2019. – 192 с. – Режим доступа: <https://new.znaniium.com/read?id=338851>

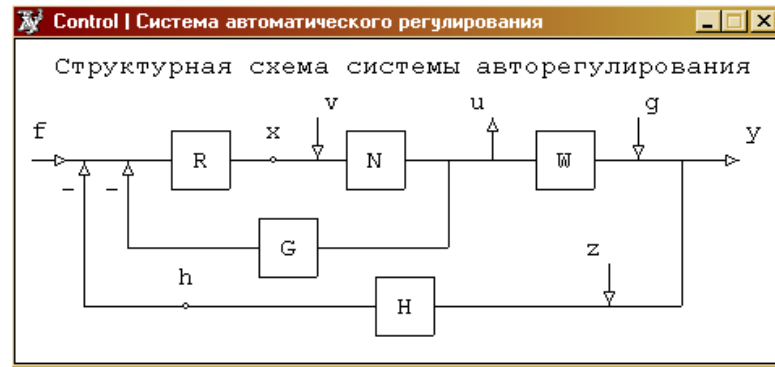
2. Рульников, А. А. Автоматическое регулирование [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Рульников, И. И. Горюнов, К. Ю. Евстафьев. - 2-е изд., стер. - Москва : ИНФРА-М, 2019. - 219 с. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-006216-7. - Режим доступа: <https://new.znaniium.com/read?id=329639>

Дополнительные источники

1. Афонин, А. М. Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. М. Афонин, Ю. Н. Царегородцев, А. М. Петрова и др. – Москва : Форум, 2014. – 192 с. – Режим доступа: <http://znaniium.com/bookread.php?book=219000>

2. Рульников, А. А. Автоматическое регулирование [Электронный ресурс]: учебник для СПО / А. А. Рульников. – Москва : Инфра-М, 2017. – 218 с. - Режим доступа: <https://new.znaniium.com/read?id=148508>

Приложение Г



- f – задающее воздействие
- R – регулятор
- x – входная величина объекта
- v – возмущение по управляющему воздействию
- N – нелинейный элемент (x – линейная система)
- u – управляющее воздействие
- W – объект управления
- g – возмущение по нагрузке
- y – выходная величина
- z – возмущение по каналу измерения
- H – обратная связь ($H = 1$)
- h – сигнал обратной связи
- G – местная обратная связь ($G = 0$)

Приложение Д
Порядок работы с прикладной программой ТАУ 3 Linsys

1. Открыть папку ТАУ 3;
2. Найти программу Linsys;
3. Запустить Linsys, должно открыться следующее окно:

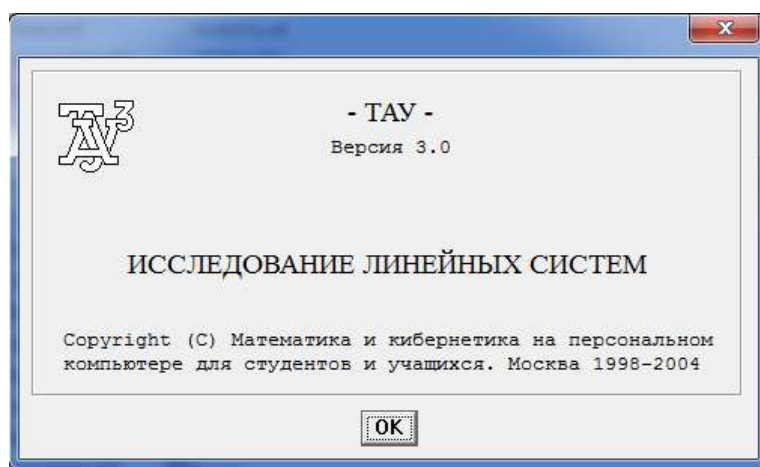


Рисунок 1.

4. Нажать Ок, откроется окно:



Рисунок 2.

5. Щелкнув правой кнопкой мыши, выйдет следующее поле:

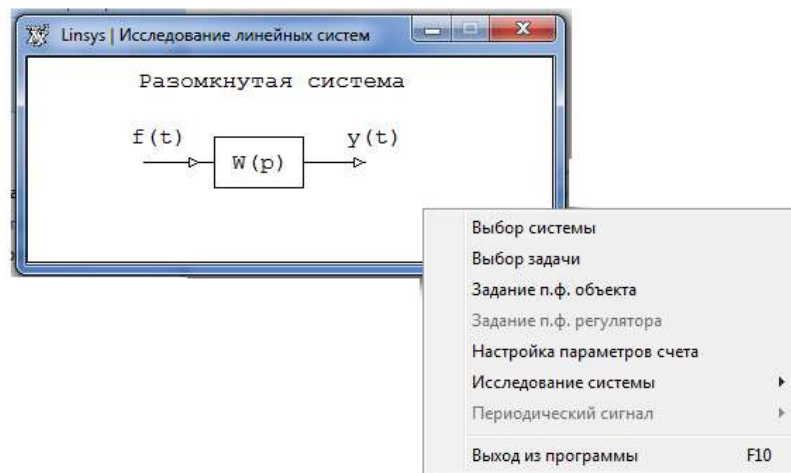


Рисунок 3.

6. Выбрать «задание п.ф. (передаточной функции) объекта, появится таблица:

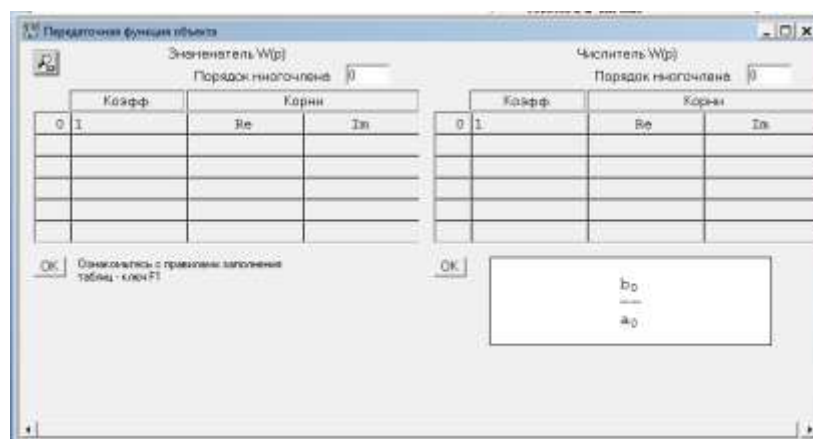


Рисунок 4.

7. В поле «Знаменатель» задать порядок многочлена 2, т.к. рассчитывается аппроксимация модели 2 порядка. После ввода или введения каких-либо изменений **обязательно** нажать Ок как в знаменателе, так и в числителе. Числитель остается без изменений:

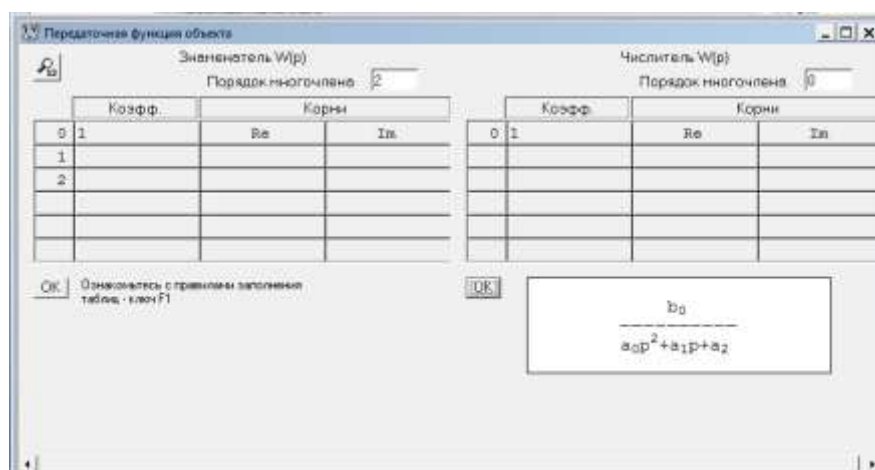


Рисунок 5.

8. В низу таблицы в поле появится передаточная функция модели 2 порядка. Для ее реализации необходимо ввести коэффициенты b_0 , a_0 , a_1 , a_2 . Для решения поставленной задачи необходимо вспомнить передаточную функцию инерционного звена второго порядка с разными постоянными времени:

$$W(p) = \frac{K_{об}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} = \frac{K_{об}}{T_1 T_2 p^2 + p(T_1 + T_2) + 1}.$$

Таким образом, можно провести соответствие между коэффициентами программы и коэффициентами передаточной функции звена:

$$\begin{aligned} b_0 &= K_{об}, \\ a_0 &= T_1 T_2, \\ a_1 &= T_1 + T_2, \\ a_2 &= 1. \end{aligned}$$

Постоянные времени T_1 и T_2 находятся по методическим рекомендациям из пункта 2.6.1.

9. После расчета требуемых величин их необходимо внести в числитель и знаменатель таблицы (рис. 5). Для этого заполняется графа «Коэффициенты», причем 0 соответствует коэффициенту a_0 , b_0 , 1 - a_1 , 2 - a_2 . После ввода чисел, необходимо **обязательно** нажать Ок как в знаменателе, так и в числителе. Таблицу можно закрывать.

10. Щелкнув правой кнопкой мыши (рис.3), выбрать «исследование системы»:

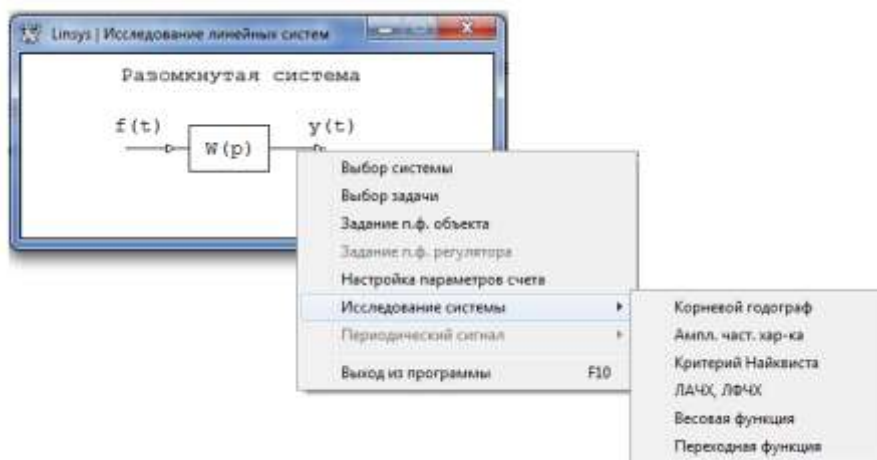


Рисунок 6.

11. Выбрать «Переходная функция». Появится переходная характеристика модели второго порядка (рис. 7). Выбор соответствующей области данных можно выбрать, щелкнув правой кнопкой мыши на поле функции, при этом выйдет окно (рис. 8):

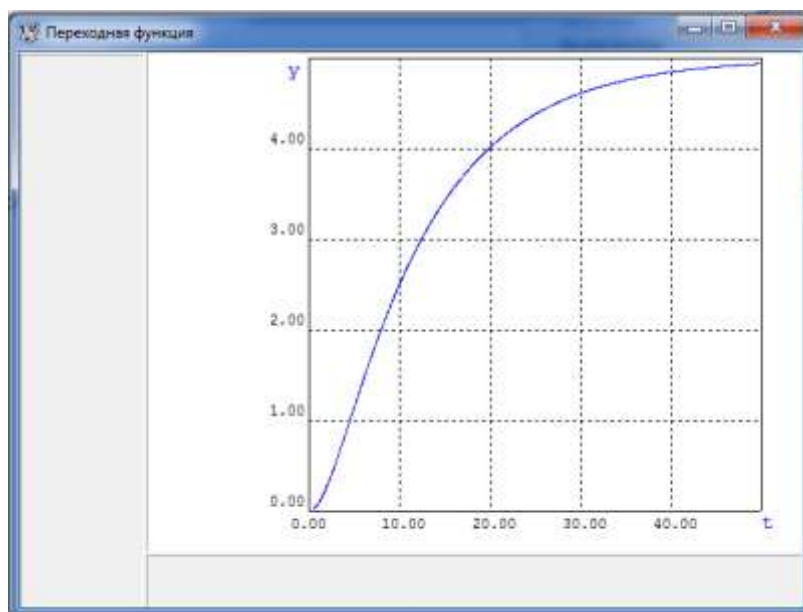


Рисунок 7.

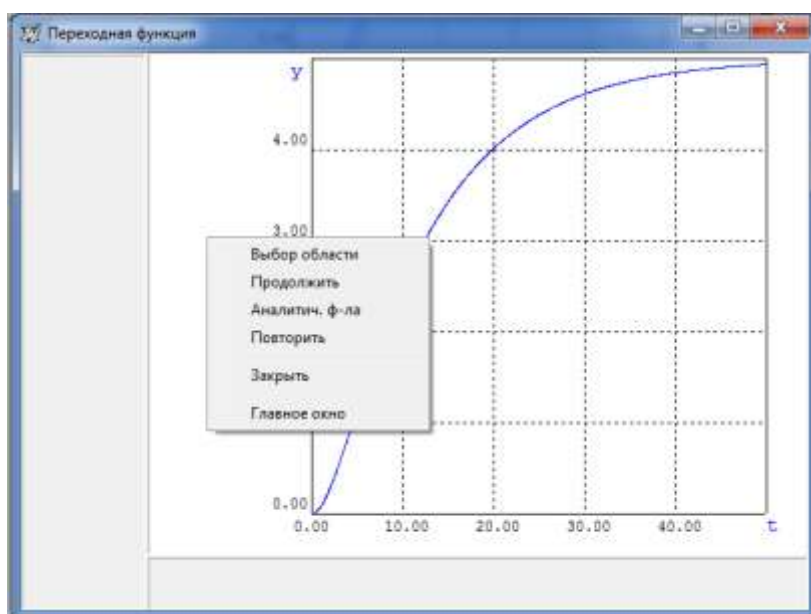


Рисунок 8.

12. Полученный процесс оцифровывается и переносится в программу Excel.

13. Пункт 2.6.1 заканчивается сравнением реальной характеристики с полученной.

14. Аналогично выполняется пункт 2.6.2 для модели второго порядка с одинаковыми постоянными времени.

Передаточная функция инерционного звена с одинаковыми постоянными времени имеет вид:

$$W(p) = \frac{K_{об}}{(Tp + 1)(Tp + 1)} = \frac{K_{об}}{T^2 p^2 + 2Tp + 1}.$$

Коэффициенты определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} b_0 &= K_{об}, \\ a_0 &= T^2, \\ a_1 &= 2T, \end{aligned}$$

$$a_2 = 1.$$

Приложение Е

Порядок работы с прикладной программой ТАУ 3 Control

1. Открыть папку ТАУ 3;
2. Найти программу Control;
3. Запустить Control, должно открыться следующее окно:

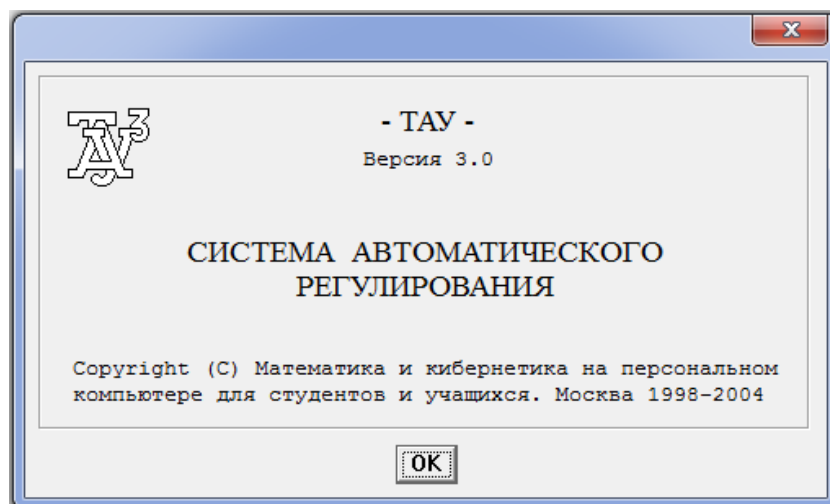


Рисунок 1.

4. Нажать Ок, откроется окно:



Рисунок 2.

5. Щелкнув правой кнопкой мыши, выйдет следующее поле:

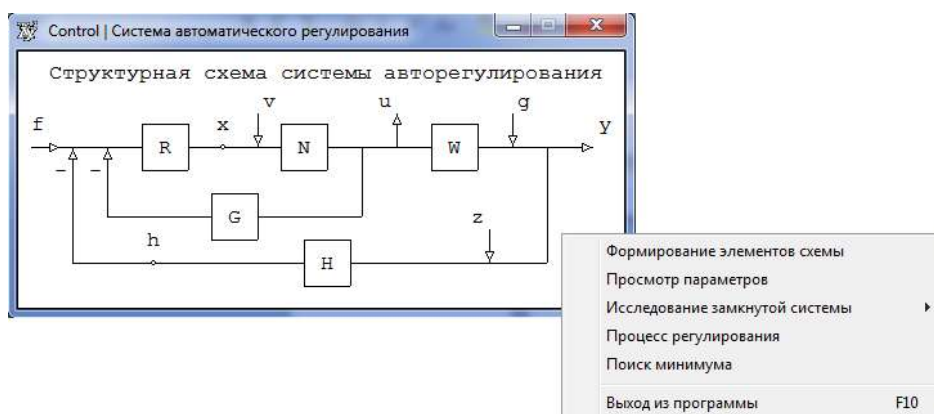


Рисунок 3.

6. Выбрать «Формирование элементов схемы».

7. Задать задающее воздействие f (ввести 1). После ввода или введения каких-либо изменений **обязательно** нажать Ок:

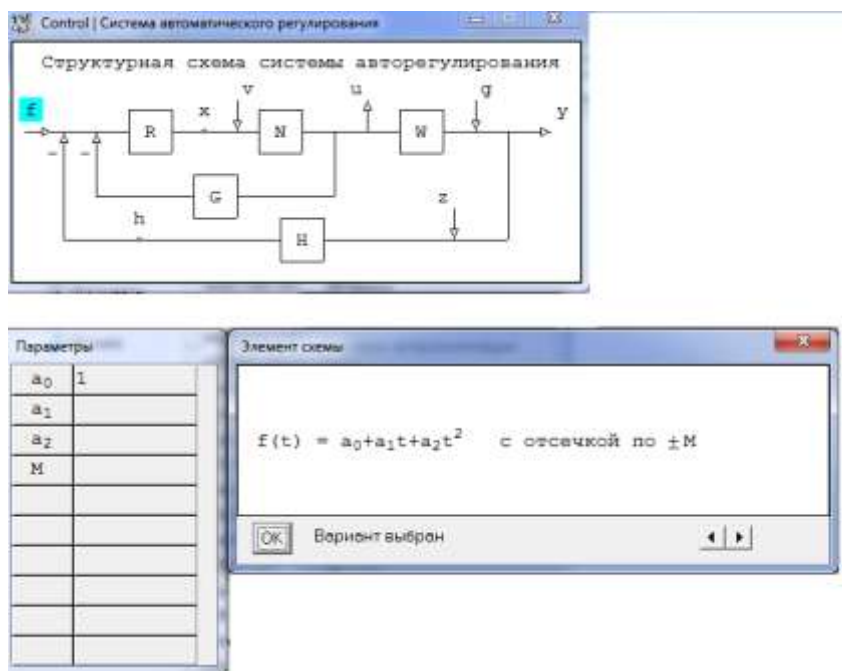


Рисунок 5.

8. Затем необходимо задать объект W . Для этого задается следующая передаточная функция:

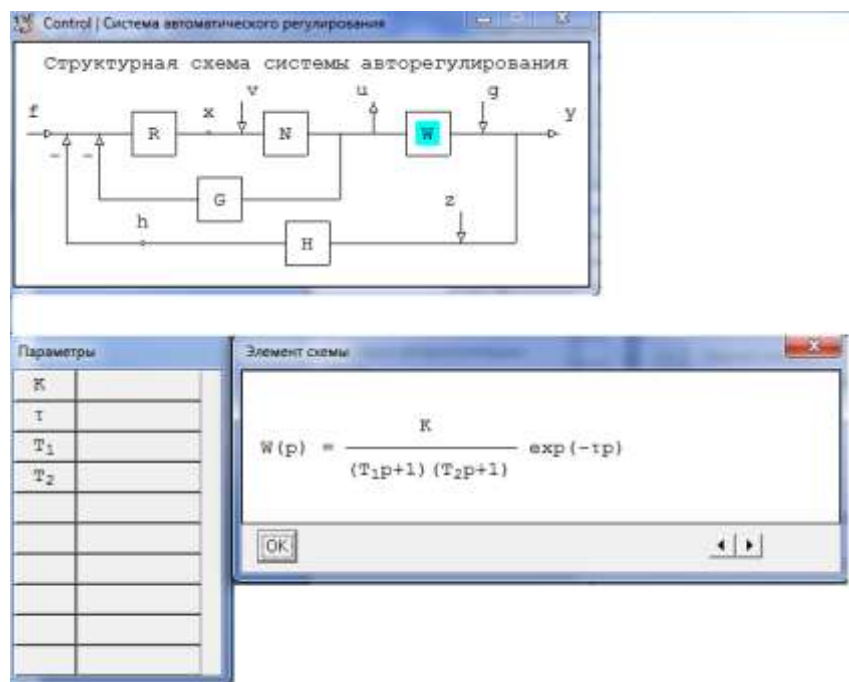


Рисунок 6.

где $K = K_{\text{об}} = \Delta Y$

T_1 и T_2 – это значения постоянных времени, рассчитанных в пунктах 2.5 или 2.6 (выбрать по модели с наименьшей квадратичной ошибкой)

$\tau_p = \tau_M$ из пункта 2.5

После ввода чисел, необходимо **обязательно** нажать Ок.

9. После этого задается регулятор R. Для ПИ-регулятора выбирается следующая передаточная функция:

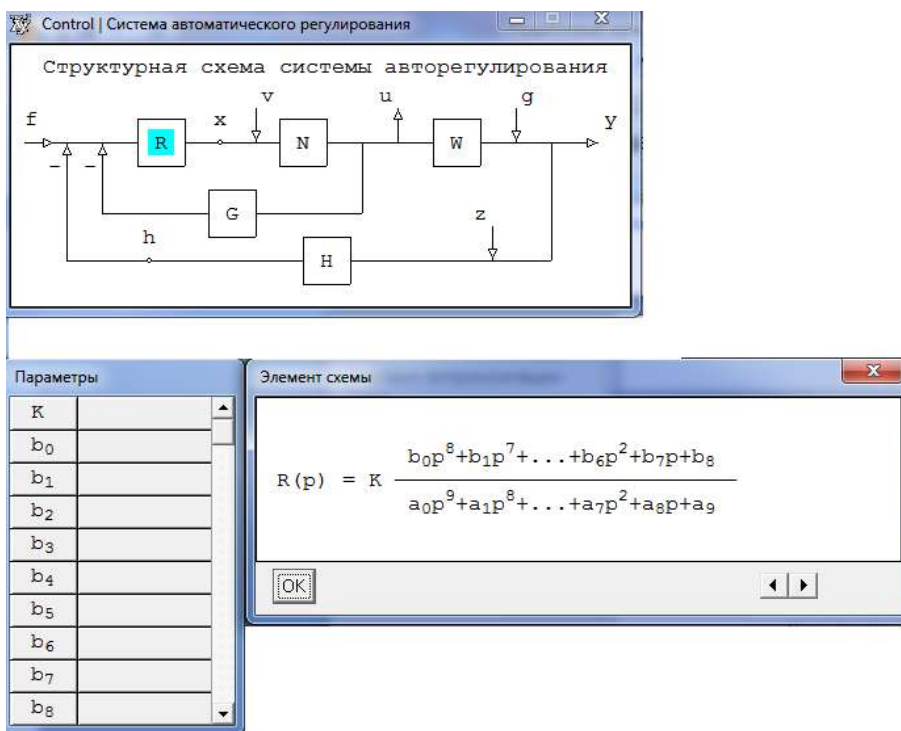


Рисунок 7.

где $K = K_p$ (рассчитывать по формуле из пункта 2.8.1)

$b_7 = a_8 = T_{из}$ (рассчитывать по формуле из пункта 2.8.1)

$b_8 = 1$

После ввода чисел, необходимо **обязательно** нажать Ок

10. После, щелкнув правой кнопкой мыши, появится окно (рис. 3), выбрать «Процесс регулирования», нажать Ок:

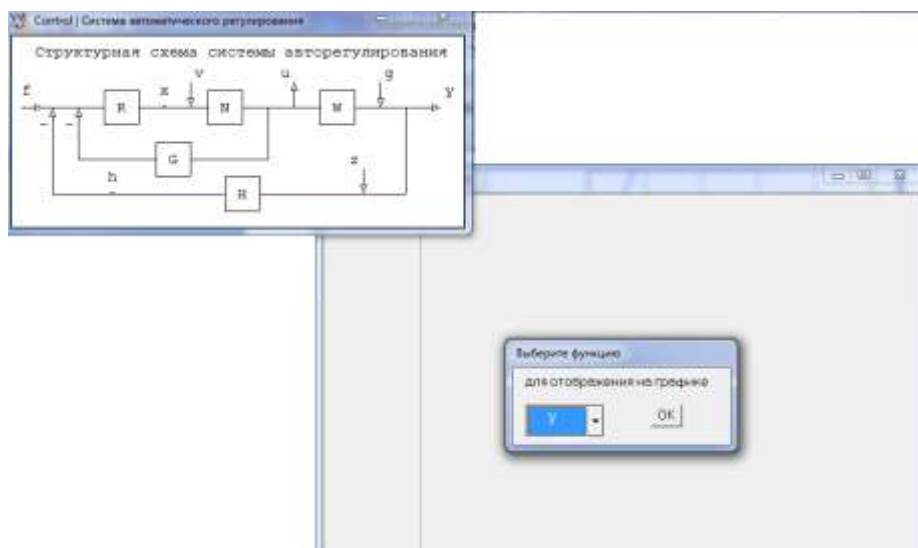


Рисунок 8.

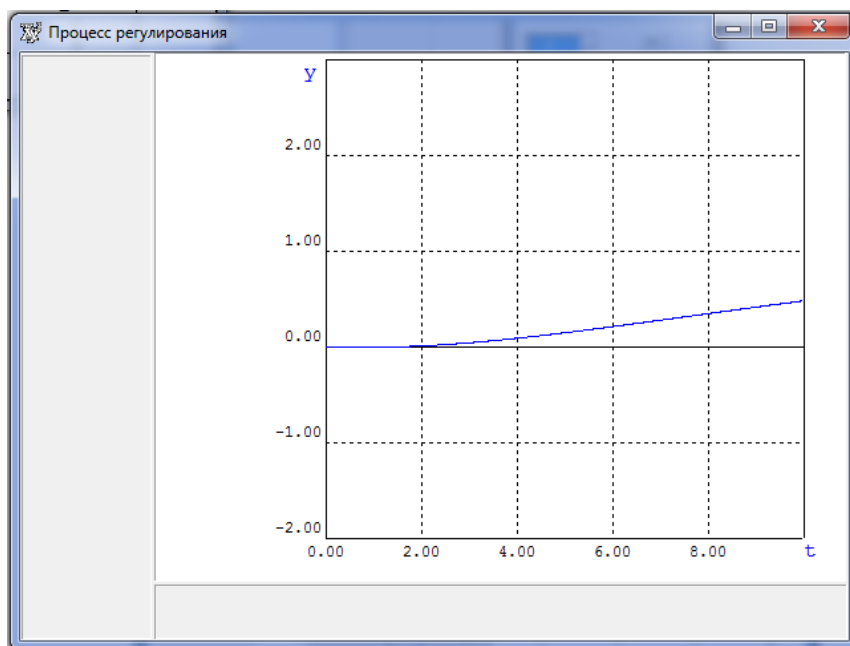


Рисунок 9.

11. При помощи выбора области ввести необходимые значения по оси X и Y.

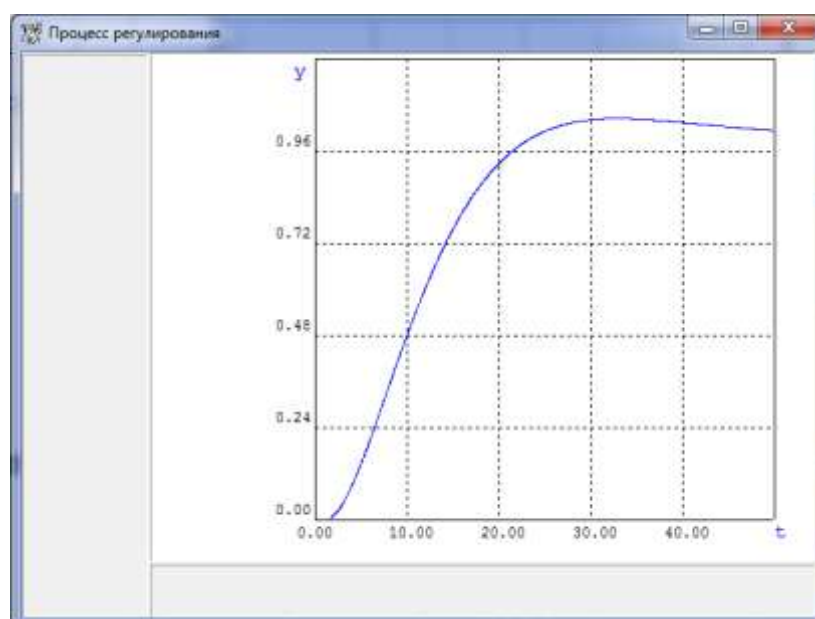


Рисунок 10.

12. Далее по полученной характеристике определяются прямые показатели качества (см. пункт 2.8.1).

13. После определения показателей определяются частотные показатели качества. Для этого закрыть график и выполнить пункт 5, выбрать исследование замкнутой системы, критерий Найквиста:



Рисунок 11.

Появится следующая таблица:

The screenshot shows a dialog box titled 'Критерий Найквиста'. It contains a section labeled 'Частоты' (Frequencies) with a table for inputting frequency data. The table has columns for ω (frequency) and 'от' (from). The rows are labeled 'до' (to) and 'шаг' (step). There is an 'OK' button at the bottom of the table.

ω	от
до	
шаг	

Рисунок 12.

Частота подбирается произвольно. Итогом будет получение АФЧХ системы:

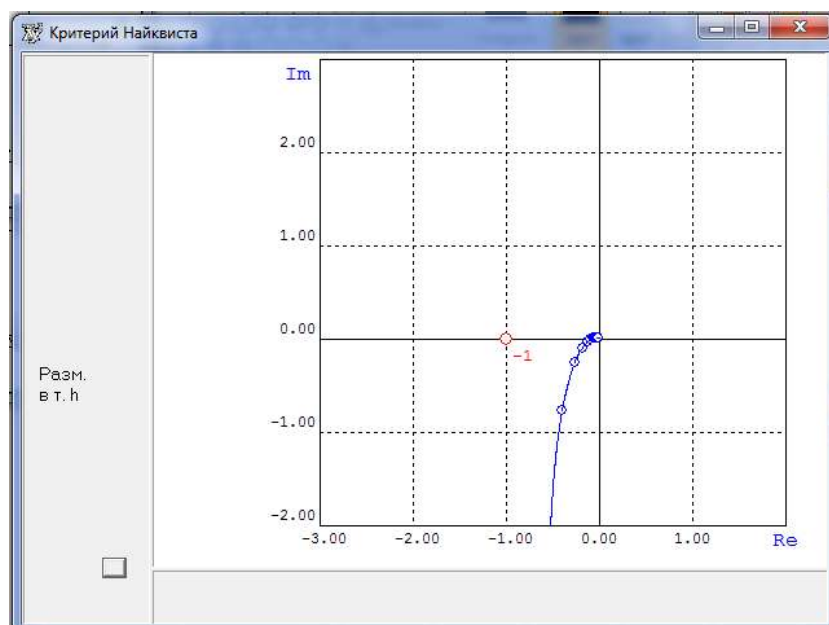


Рисунок 13.

14. Далее по полученной АФЧХ определяются частотные показатели качества (см. пункт 2.8.3.2).

15. Для ПИД - регулятора выбирается следующая передаточная функция:

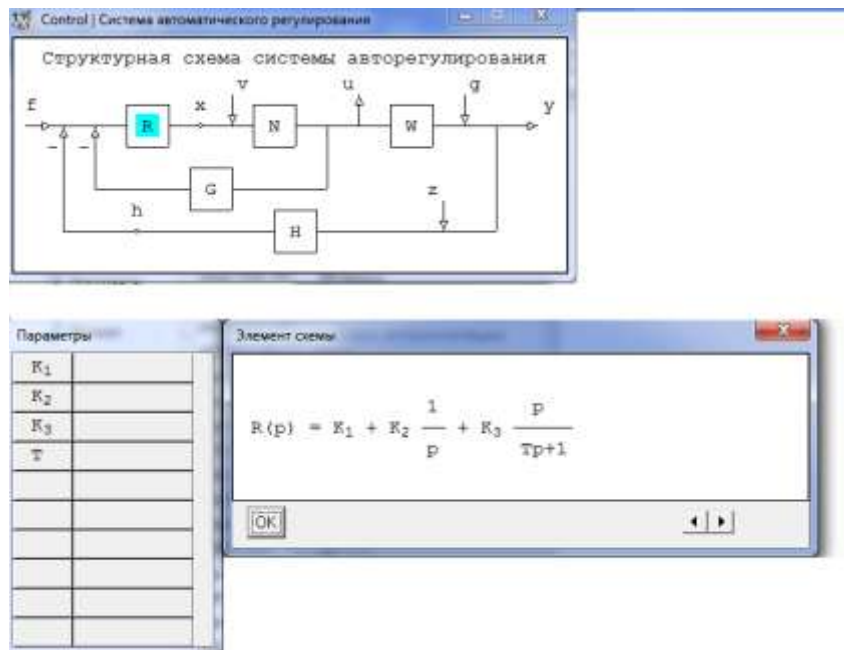


Рисунок 14.

где $K_1 = K_p$ (рассчитывать по формуле из пункта 2.8.2)

$K_2 = K_{p1}$ (рассчитывать из лекций по регуляторам)

$K_3 = K_{p2}$ (рассчитывать из лекций по регуляторам)

$T = T_d$ (рассчитывать по формуле из пункта 2.8.2)

После ввода чисел, необходимо **обязательно** нажать Ок.

15. Затем выполняются пункты с 10 по 14.

16. Итогом пункта 2.8 является заполнение таблиц 4 и 5.

17. К каждой таблице формулируется вывод о выборе регулятора.