

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»



«Утверждаю»

и.о. ректора РХТУ
им. Д.И. Менделеева

Е.В. Юртов

Юртов 2016 г.

Применяется в части до 01.09.2017

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Системы управления химико-технологическими процессами»
(Б1.Б18)

Уровень высшего образования – бакалавриат

Направление подготовки бакалавров
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»

Квалификация – бакалавр

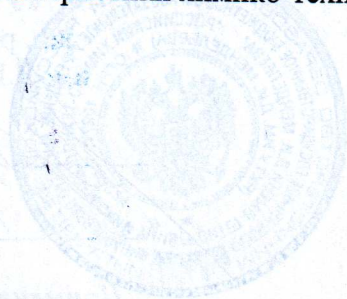
Программа одобрена
Методической секцией Ученого Совета
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«*22*» *июле* 201*6* г.

Председатель *Аристов* В.М. Аристов

Москва 2016 г.

Программа составлена
заведующим кафедрой компьютерно-интегрированных систем в химической технологии
А.Ф. Егоровым,
доцентом кафедры компьютерно-интегрированных систем в химической технологии
П.Г. Михайловой

ассистентом кафедры кибернетики химико-технологических процессов
Лукияновым В.Л.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов РХТУ им. Д.И. Менделеева «3» июни 2016 г., протокол № 14

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры компьютерно-интегрированных систем в химической технологии РХТУ им.Д.И. Менделеева «18» мая 2016 г., протокол № 12

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 4 |
| 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 4 |
| 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ..... | 6 |
| 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 6 |
| 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий..... | 6 |
| 4.2. Содержание разделов дисциплины..... | 7 |
| 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 9 |
| 6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ..... | 10 |
| 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА..... | 11 |
| 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 12 |
| 8.1. Темы и примеры домашних заданий..... | 12 |
| 8.2. Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины на кафедре кибернетики химико-технологических процессов..... | 12 |
| 8.2.1. Перечень контрольных вопросов к лабораторной работе № 1..... | 13 |
| 8.2.2. Перечень контрольных вопросов к лабораторным работам № 2 и № 3..... | 14 |
| 8.3. Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины на кафедре компьютерно-интегрированных систем в химической технологии.... | 14 |
| 8.4. Вопросы для промежуточного контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)..... | 17 |
| 8.5. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой..... | 18 |
| 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 19 |
| 9.1. Рекомендуемая литература..... | 19 |
| 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации..... | 20 |
| 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины..... | 20 |
| 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ..... | 21 |
| 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ..... | 23 |
| 12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ..... | 25 |
| 13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 28 |
| 13.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе..... | 28 |
| 13.2. Учебно-наглядные пособия..... | 28 |
| 13.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы.. | 29 |
| 13.4. Перечень лицензионного программного обеспечения..... | 29 |
| 14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ..... | 30 |

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиля «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», рекомендациями методической секции Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева и накопленным опытом преподавания дисциплины на кафедрах кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) и компьютерно-интегрированных систем в химической технологии (КИС ХТ) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к базовой части учебного плана (Б1.Б.18) и рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Программа дисциплины базируется на знаниях, полученных в ходе изучения дисциплин образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»: «Математика», «Информатика», «Физика», «Электротехника и промышленная электроника», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Математическое моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Цель дисциплины – научить студентов теоретическим знаниям в области анализа и синтеза систем автоматического регулирования, способных грамотно использовать современные методы и средства автоматизации химико-технологических процессов.

Основные задачи дисциплины, решение которых обеспечивает достижение цели:

- изучение основ теории автоматического управления;
- формирование навыков математического описания линейных систем автоматического регулирования;
- формирование навыков анализа и синтеза одно- и многоконтурных САР;
- изучение систем автоматического регулирования типовых химико-технологических процессов.

Дисциплина «Системы управления химико-технологическими процессами» в соответствии с рабочим учебным планом подготовки бакалавров читается в 7 семестре и заканчивается зачетом с оценкой.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (зачетных единиц) (144 академических часа).

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Системы управления химико-технологическими процессами» при подготовке бакалавров по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профилю «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика» способствует формированию следующих компетенций.

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

– способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– основные понятия и определения в области управления химико-технологическими процессами;

– математическое описание элементов систем автоматического регулирования (САР) во временной и частотных областях;

– метод преобразования Лапласа и понятие передаточной функции элементов САР;

– типовые законы регулирования и методы расчета параметров настроек САР;

– методы расчета одноконтурных, каскадных и комбинированных САР;

– структуры систем управления типовыми теплообменными, массообменными и реакторными процессами.

уметь:

– производить линеаризацию аналитическими и численными методами нелинейных ХТП;

– производить аппроксимацию кривых разгона и расчет передаточных функций объекта управления;

– осуществлять преобразование Лапласа;

– осуществлять расчет временных и частотных характеристик элементарных звеньев САР и различных законов регулирования;

– осуществлять синтез и анализ одноконтурных, каскадных и комбинированных СУ ХТП;

– разрабатывать системы управления типовыми химико-технологическими процессами;

владеть:

– навыками структурного и параметрического синтеза СУ ХТП во временной и частотной областях;

– навыками расчета передаточных функций объекта по экспериментальным данным (кривым разгона);

– навыками оптимизации работы СУ ХТП;

– навыками проектирования систем управления типовыми химико-технологическими процессами.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Виды учебной работы | В зачетных единицах | В академ. часах |
|--|---------------------|------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану | 4 | 144 |
| Аудиторные занятия: | 1,3 | 48 |
| Лекции (Лек) | 0,9 | 32 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0,4 | 16 |
| Самостоятельная работа (СР): | 2,7 | 96 |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины | 2,7 | 96 |
| Вид контроля: зачет / экзамен | - | Зачет с оценкой |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Раздел дисциплины | Академ. часов | | | |
|-----------|---|---------------|----------|-------------|-------------|
| | | Всего | Лекции | Лаб. работы | Сам. работа |
| | Введение. | 1 | 1 | | - |
| 1. | Модуль 1. Основные понятия и определения в области управления химико-технологическими процессами | 16 | 4 | - | 12 |
| 1.1. | Основные термины и определения. | 2,5 | 0,5 | - | 2 |
| 1.2. | Иерархическая структура систем управления химическими предприятиями. | 2,5 | 0,5 | - | 2 |
| 1.3. | Классификация систем управления ХТП. | 3 | 1 | - | 2 |
| 1.4. | Качество, быстродействие и устойчивость систем автоматического регулирования (САР). | 4 | 1 | - | 3 |
| 1.5. | Этапы анализа и синтеза САР. | 4 | 1 | - | 3 |
| 2 | Модуль 2. Линейные системы автоматического регулирования. Основы математического описания | 42 | 8 | 6 | 28 |
| 2.1. | Статические и динамические характеристики элементов САР. | 10 | 2 | 2 | 6 |
| 2.2. | Типовые звенья САР. | 7 | 1 | 2 | 4 |
| 2.3. | Преобразование Лапласа. Передаточные функции элементарных звеньев САР. | 8 | 1 | 1 | 6 |
| 2.4. | Частотные характеристики элементарных звеньев САР. | 9 | 2 | 1 | 6 |
| 2.5. | Типовые законы регулирования. | 8 | 2 | - | 6 |
| 3. | Модуль 3. Анализ работы одноконтурной САР | 36 | 8 | 4 | 24 |
| 3.1. | Устойчивость САР. | 19 | 6 | 1 | 12 |
| 3.2. | Расчет параметров настроек САР. | 17 | 2 | 3 | 12 |
| 4. | Модуль 4. Методы повышения качества регулирования химико-технологических процессов | 38 | 8 | 6 | 24 |

| | | | | | |
|-----------|---|------------|-----------|-----------|-----------|
| 4.1. | Каскадные системы автоматического регулирования. | 15 | 4 | 3 | 8 |
| 4.2. | Комбинированные системы автоматического регулирования. | 11 | 2 | 3 | 6 |
| 4.3. | Адаптивные системы автоматического регулирования | 12 | 2 | - | 10 |
| 5. | Модуль 5. Системы автоматического регулирования типовых химико-технологических процессов | 11 | 3 | - | 8 |
| 5.1. | САР теплообменных процессов | 4 | 1 | - | 3 |
| 5.2. | САР массообменных процессов. | 4 | 1 | - | 3 |
| 5.3. | САР реакторных процессов. | 3 | 1 | - | 2 |
| | ИТОГО | 144 | 32 | 16 | 96 |

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение. Цели и задачи курса. Краткий исторический очерк создания систем автоматического регулирования.

Модуль 1. Основные понятия и определения в области управления химико-технологическими процессами

1.1. Основные термины и определения. Химико-технологический процесс. Регулируемая переменная. Управляющие и возмущающие воздействия. Система автоматического регулирования (САР). Блок-схема САР.

1.2. Иерархическая структура систем управления химическими предприятиями. Иерархическая структура химических предприятий. Структура интегрированных автоматизированных систем управления химическими предприятиями. Основные понятия о системах автоматического регулирования ХТП. Блок-схема СУ ХТП.

1.3. Классификация систем управления ХТП. По виду математического описания: линейные и нелинейные СУ ХТП. По принципу регулирования: разомкнутые, замкнутые, комбинированные и адаптивные. По функциональному назначению: стабилизирующие, следящие и программные. По числу контуров управления: одноконтурные и многоконтурные. По числу управляемых переменных и управляющих воздействий: односвязные и многосвязные.

1.4. Качество, быстродействие и устойчивость систем автоматического регулирования (САР). Основные показатели устойчивости, быстродействия и качества СУ ХТП.

1.5. Этапы анализа и синтеза САР. Последовательности этапов синтеза СУ ХТП: анализ ХТП как объекта управления (выявление управляемых переменных, управляющих и возмущающих воздействий), синтез структуры СУ ХТП и выбор закона регулирования. Расчет оптимальных параметров настроек регуляторов и проведение имитационного моделирования САР. Выбор технических средств реализации САР и ее внедрение.

Модуль 2. Линейные системы автоматического регулирования. Основы математического описания

2.1. Статические и динамические характеристики элементов САР. Линейные и нелинейные статические характеристики ХТП. Методы линеаризации: аналитические и численные. Динамические характеристики элементов САР. Переходные процессы в линейных системах. Системы,

описываемые дифференциальными уравнениями первого, второго и более высоких порядков.

2.2. Типовые звенья САР. Временные характеристики элементарных звеньев САР. Временные характеристики усилительного, интегрирующего, идеального дифференцирующего, инерционного звеньев первого и второго порядков и колебательного звена.

2.3. Преобразование Лапласа. Передаточные функции элементарных звеньев САР. Применение операционного исчисления для решения дифференциальных уравнений. Преобразование Лапласа. Основные свойства оригинала. Расчет передаточных функций элементарных звеньев САР: усилительное звено, интегрирующее звено, идеальное дифференцирующее звено, инерционное звено первого порядка.

2.4. Частотные характеристики элементарных звеньев САР. Метод частотных характеристик. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики линейных систем. Вещественные и мнимые частотные характеристики. Расчет частотных характеристик элементарных звеньев: усилительного интегрирующего, дифференцирующего, инерционного звеньев первого и второго порядков и звена чистого запаздывания.

2.5. Типовые законы регулирования. Временные и частотные характеристики законов регулирования. Временные и частотные характеристики П, И, ПИ, ПД и ПИД-законов регулирования.

Модуль 3. Анализ работы одноконтурной САР

3.1. Устойчивость САР. Критерии устойчивости. Передаточные функции разомкнутой и замкнутой одноконтурной САР. Преобразование структурных блок-схем. Сигнальные графы. Алгебраические и частотные критерии устойчивости линейных САР.

3.2. Расчет параметров настроек САР. Прямые и косвенные методы расчета параметров настроек САР. Расчет оптимальных параметров настроек ПИ-регулятора с помощью частотных характеристик.

Модуль 4. Методы повышения качества регулирования химико-технологических процессов

4.1. Каскадные системы автоматического регулирования. Структурная схема каскадных САР. Расчет передаточных функций эквивалентных объектов регулирования для основного и вспомогательных регуляторов.

4.2. Комбинированные системы автоматического регулирования. Условие абсолютной инвариантности регулируемой переменной относительно возмущающего воздействия. Расчет передаточной функции устройства ввода по возмущающему воздействию.

4.3. Адаптивные системы автоматического регулирования. Классификация адаптивных СУ ХТП. Поисковые и беспоисковые самонастраивающиеся системы. Использование эталонных моделей в адаптивных СУ ХТП.

Модуль 5. Системы автоматического регулирования типовых химико-технологических процессов

5.1. САР теплообменных процессов. Структуры и блок-схемы одноконтурных, комбинированных, каскадных и многосвязных САР теплообменных процессов.

5.2. САР массообменных процессов. Структуры и блок-схемы одноконтурных, комбинированных, каскадных и многосвязных САР массообменных процессов.

5.3. САР реакторных процессов. Структуры и блок-схемы одноконтурных, комбинированных, каскадных и многосвязных САР реакторных процессов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| Компетенции | Модуль 1 | Модуль 2 | Модуль 3 | Модуль 4 | Модуль 5 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Знать: | | | | | |
| – основные понятия и определения в области управления химико-технологическими процессами | + | | | | |
| – математическое описание элементов систем автоматического регулирования (САР) во временной и частотных областях | | + | | | |
| – метод преобразования Лапласа и понятие передаточной функции элементов САР | | + | | | |
| – типовые законы регулирования и методы расчета параметров настроек САР | | | + | + | |
| – методы расчета одноконтурных, каскадных и комбинированных САР | | | + | + | |
| – структуры систем управления типовыми теплообменными, массообменными и реакторными процессами | | | | | + |
| Уметь: | | | | | |
| производить линеаризацию аналитическими и численными методами нелинейных ХТП | | + | | | |
| производить аппроксимацию кривых разгона и расчет передаточных функций объекта управления | | + | | | |
| осуществлять преобразование Лапласа | | + | | | |
| осуществлять расчет временных и частотных характеристик элементарных звеньев САР и различных законов регулирования | | + | | | |
| осуществлять синтез и анализ одноконтурных, каскадных и комбинированных СУ ХТП | | | + | + | |
| разрабатывать системы управления типовыми химико-технологическими процессами | | | | | + |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Владеть: | | | | | |
| навыками структурного и параметрического синтеза СУ ХТП во временной и частотной областях | | + | + | + | |
| навыками расчета передаточных функций объекта по экспериментальным данным (кривым разгона) | | + | | | |
| навыками оптимизации работы СУ ХТП | | | + | + | |
| навыками проектирования систем управления типовыми химико-технологическими процессами | | | | | + |
| Общепрофессиональные компетенции: | | | | | |
| способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2) | + | + | + | + | + |

6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Лабораторный практикум по дисциплине «Системы управления химико-технологическими процессами» выполняется в соответствии с Учебным планом в 7 семестре и занимает 16 академических часов.

Лабораторные занятия по дисциплине для обучающихся кафедры КХТП проводятся в лаборатории микропроцессорных систем управления. Лабораторный практикум состоит из трех лабораторных работ, выполняющихся на лабораторных установках – физических моделях объектов управления. Лабораторный практикум состоит из трех лабораторных работ по 4-6 академических часов на каждую, которые охватывают модули 1-4 дисциплины.

Лабораторные занятия предназначены для закрепления знаний, полученных в ходе лекционных занятий и самостоятельной работы, отработки навыков и умений работы с реальным объектом управления.

| № | № модуля дисциплины | Темы лабораторных занятий |
|---|---------------------|--|
| 1 | 1, 2 | Исследование САР с позиционным регулятором. Оценка качества процесса регулирования (6 академических часов). |
| 2 | 2, 3 | Расчет, исследование и моделирование одноконтурной САР. Оценка качества процесса регулирования (4 академических часа). |

| № | № модуля дисциплины | Темы лабораторных занятий |
|-------------|---------------------|--|
| 3 | 4 | Расчет, исследование и моделирование многоконтурной САР. Оценка качества процесса регулирования (6 акад. часов). |
| ИТОГ | | 16 акад. часов |

Лабораторные занятия по дисциплине для студентов кафедры КИС ХТ проводятся в лаборатории кафедры. Лабораторный практикум состоит из трех лабораторных работ по 4-6 акад. часов на каждую, которые охватывают модули 2-4 дисциплины.

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «Системы управления химико-технологическими процессами».

| № | № модуля дисциплины | Темы лабораторных занятий |
|-------------|---------------------|---|
| 1 | 2.1 – 2.4 | Изучение функций программной среды MATLAB/SIMULINK для решения задач разработки и моделирования систем автоматического регулирования (САР). Типовые звенья, структурные преобразования. Передаточные функции. Частотные характеристики (6 акад. часов). |
| 2 | 3.1, 3.2 | Моделирование одноконтурной САР. Задачи регулирования. Расчет параметров настроек. Оценка качества процесса регулирования (4 акад. часа). |
| 3 | 4.1, 4.2 | Разработка, моделирование и исследование многоконтурных САР. Комбинированная САР. Каскадная САР. Управление типовыми процессами химической технологии (6 акад. часов). |
| ИТОГ | | 16 акад. часов |

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Системы управления химико-технологическими процессами» предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 96 акад. часов, в том числе самостоятельное изучение разделов дисциплины и выполнение домашних заданий 96 акад. часов.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает следующие виды:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и лабораторных занятиях учебного материала;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы;
- выполнение домашних заданий;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Темы и примеры домашних заданий

Рабочей программой дисциплины для обучающихся кафедры КХТП предусмотрено 2 домашних задания.

Домашнее задание № 1. Тема: «Математическое описание линейных САР».

Домашнее задание № 1 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по модулям № 1, 2. Максимальная оценка – **10 баллов**.

Домашнее задание № 1 состоит из 1 задачи.

Пример варианта домашнего задания № 1 (10 баллов)

Задача.

Дифференциальное уравнение автоматической системы:

$$\frac{d^3 x_{\text{вых}}(t)}{dt^3} + 10 \frac{d^2 x_{\text{вых}}(t)}{dt^2} + 24 \frac{dx_{\text{вых}}(t)}{dt} = 6 \frac{dx_{\text{вх}}(t)}{dt} + 3x_{\text{вх}}(t).$$

Найти передаточную функцию, представить ее в виде соединения элементарных звеньев. Нарисовать структурную блок-схему данной системы. Как называются элементарные звенья, из которых она состоит, как называются и чему равны параметры этих звеньев? Определить, обладает ли данная система свойством самовыравнивания и колебательными свойствами.

Домашнее задание № 2. Тема: «Устойчивость САР и расчет регулятора методом расширенных частотных характеристик».

Домашнее задание № 2 предусматривает оценку знаний, умений и навыков по модулям № 3, 4 и 5. Максимальная оценка – **15 баллов**.

Домашнее задание № 2 состоит из 2 задач. Задача 1 оценивается **7 баллами**, задача 2 — **8 баллами**.

Пример варианта домашнего задания № 2

Задача 1 (7 баллов).

Система описывается характеристическим уравнением:

$$(0,004p^4 + 0,35p^3 + 4,2p^2 + 30p + 330) \cdot y = 0$$

Определить, устойчива ли она, используя критерий Михайлова

Задача 2 (8 баллов).

Рассчитать методом расширенных частотных характеристик (РЧХ) П-регулятор для одноконтурной АСР, если задана степень затухания $\psi = 0,75$, а передаточная функция объекта регулирования равна

$$W(p) = \frac{18}{(300p + 1)p} e^{-40p}.$$

8.2. Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины на кафедре кибернетики химико-технологических процессов

По итогам выполнения каждой лабораторной работы проводится контрольное занятие, призванное оценить (в баллах):

1. Качество выполнения лабораторной работы (максимальная оценка – **8 баллов** для лабораторной работы № 1 и по **5 баллов** для лабораторных работ № 2 и № 3).

2. Степень освоения обучающимся материалов дисциплины, рассматриваемых в рамках данной лабораторной работы (максимальная оценка – **7 баллов** для лабораторной работы № 1 и по **5 баллов** для лабораторных работ № 2 и № 3).

Итоговая оценка за каждую лабораторную работу выставляется как сумма оценок за п. 1 и п. 2. Максимальная итоговая оценка для лабораторной работы № 1 составляет **15 баллов**, для лабораторной работы № 2 – **10 баллов**, для лабораторной работы № 3 – **10 баллов**.

К контрольному занятию обучающийся должен подготовить отчет (в печатной форме) о выполнении лабораторной работы, в который должны входить: описание объекта управления, полученные экспериментальные и расчетные данные, выводы. К отчету следует приложить электронные документы, полученные в ходе выполнения работы.

Критериями оценки качества выполнения лабораторной работы являются:

- полнота и наглядность описания объекта управления, представления экспериментальных данных;
- правильность и точность выполненных расчетов;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленных учебных задач;
- правильность и логичность сделанных выводов.

На контрольных занятиях проводится устный опрос, в ходе которого обучаемый отвечает на вопросы из перечня контрольных вопросов (пп. 8.2.1 и 8.2.2). Критериями оценки ответа являются:

- правильность ответа;
- полнота и глубина ответа;
- осознанность ответа;
- логика изложения материала.

8.2.1. Перечень контрольных вопросов к лабораторной работе № 1

1. Устройство и принцип действия лабораторной установки, что является объектом управления.

2. Перечислить средства измерения, используемые в работе, какое устройство выполняет функцию автоматического регулятора на данной установке?

3. Что является целью управления?

4. Что является регулируемой(ми) величиной(ами), регулирующим(ми) воздействием(ями), каким возмущениям подвержена(ы) регулируемая(ые) величина(ы)?

5. Что такое статическая характеристика?

6. Сформулировать критерии качества регулирования для позиционных САР.

7. Законы позиционного регулирования в форме математического выражения и графика статической характеристики регулятора.

8. Влияние кратности притока, запаздывания и гистерезиса на качество регулирования.

9. Достоинства и недостатки позиционных регуляторов.

10. Способы повышения качества регулирования в позиционных САР.

8.2.2. Перечень контрольных вопросов к лабораторным работам № 2 и № 3

1. Устройство и принцип действия лабораторной установки, что является объектом управления.
2. Перечислить средства измерения, используемые в работе, какое устройство выполняет функцию автоматического регулятора на данной установке?
3. Что является целью управления?
4. Что является регулируемой(ми) величиной(ами), регулирующим(ми) воздействием(ями), каким возмущениям подвержена(ы) регулируемая(ые) величина(ы)?
5. Что такое динамическая характеристика, кривая разгона?
6. Сформулировать критерии качества регулирования для САР данной лабораторной работы.
7. Что такое аппроксимация? Суть метода(ов) аппроксимации кривых разгона, использовавшегося (ихся) в данной работе.
8. Преобразование Лапласа, передаточная функция (определения).
9. Каналы объекта управления, чему равны их передаточные функции?
10. П-, ПИ- и ПИД-регуляторы: их временные характеристики, передаточные функции, параметры настройки.
11. Суть метода(ов) определения параметров настройки регуляторов, использовавшегося (ихся) в данной работе.
12. Способы повышения качества регулирования в линейных САР.
13. Метод расчета комбинированной САР.
14. Методы расчета каскадных САР.
15. Метод расчета связанной САР.

8.3. Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины на кафедре компьютерно-интегрированных систем в химической технологии

По дисциплине «Системы управления химико-технологическими процессами» для обучающихся кафедры КИС ХТ предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

- Лабораторная работа №1 (модуль 2) – 20 баллов;
- Лабораторная работа №2 (модуль 3) – 20 баллов;
- Лабораторная работа №3 (модуль 4) – 20 баллов.

Примеры лабораторных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Модуль 2. Лабораторная работа 1. Изучение функций программной среды MATLAB/SIMULINK Для решения задач разработки и моделирования систем автоматического регулирования (САР). Типовые звенья, структурные преобразования. Передаточные функции. Частотные характеристики. Максимальная оценка – 20 баллов.

Модуль 3. Лабораторная работа 2. Моделирование одноконтурной САР. Задачи регулирования. Расчет параметров настроек. Оценка качества процесса регулирования. Максимальная оценка – 20 баллов.

Модуль 4. Лабораторная работа 3. Разработка, моделирование и

исследование многоконтурных САР. Комбинированная САР. Каскадная САР. Управление типовыми процессами химической технологии. Максимальная оценка – 20 баллов.

Типовые задания по лабораторным работам

Лабораторная работа 1. Изучение функций программной среды MATLAB/SIMULINK Для решения задач разработки и моделирования систем автоматического регулирования (САР). Типовые звенья, структурные преобразования. Передаточные функции. Частотные характеристики.

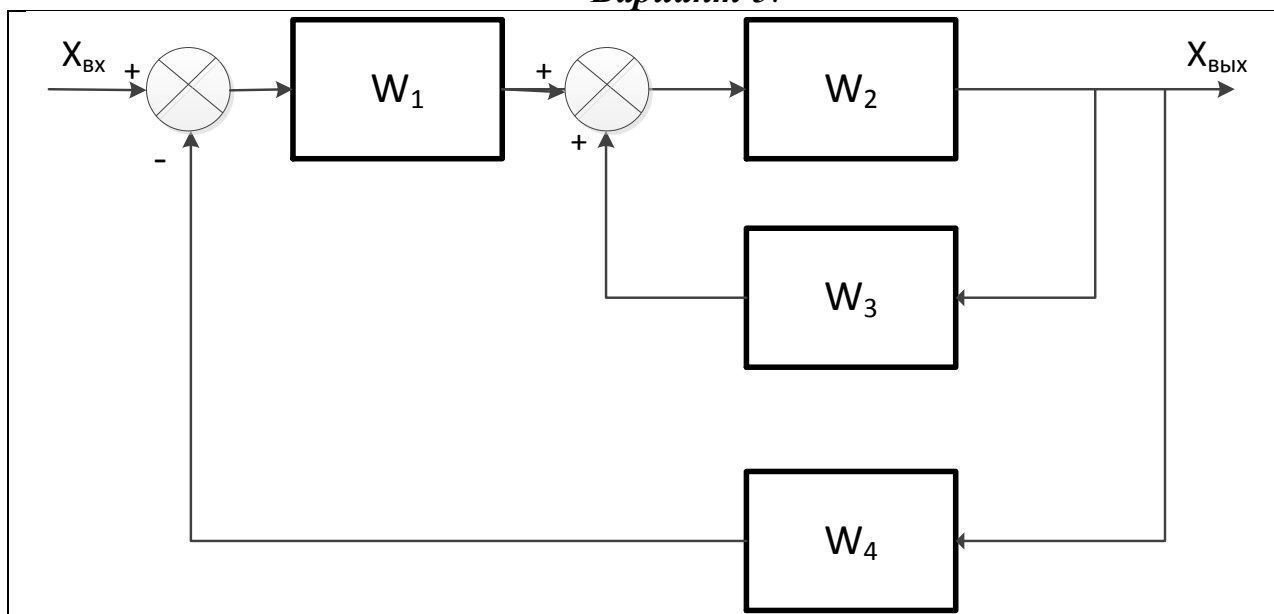
Цель работы:

- ознакомление с составом, структурой и функциональными возможностями модуля Simulink для моделирования систем автоматического управления;
- исследование динамических характеристик типовых звеньев.

Задачи работы:

- изучить характеристики типовых звеньев. Используя понятия передаточных функций, правила структурных преобразований и метод сигнальных графов определить передаточные функции автоматических систем регулирования в соответствии с вариантом задания на лабораторную работу;
- осуществить аналитический вывод временной и амплитудно-фазовой характеристики исследуемой САР;
- в соответствии с вариантом задания на лабораторную работу создать, используя модуль Simulink, модель САР и получить ее динамическую характеристику (кривую разгона);
- аппроксимировать полученную динамическую характеристику передаточной функцией инерционного звена первого порядка со звеном чистого запаздывания;
- построить амплитудно-фазовую частотную характеристику исследуемой САР с использованием Simulink и провести анализ устойчивости системы.

Вариант 5.



| | | |
|-------------------------------|-------------|-----------|
| $W_1 = \frac{K_1}{T_1 p + 1}$ | $K_1 = 1$ | $T_1 = 2$ |
| $W_2 = \frac{K_2}{T_2 p}$ | $K_2 = 1$ | $T_2 = 4$ |
| $W_3 = K_3$ | $K_3 = 0.1$ | – |
| $W_4 = \frac{K_4}{T_4 p + 1}$ | $K_4 = 1$ | $T_4 = 2$ |

Лабораторная работа 2. Моделирование одноконтурной САР. Задачи регулирования. Расчет параметров настроек. Оценка качества процесса регулирования.

Цель работы:

- моделирование одноконтурной САР и изучение влияния параметров настройки регуляторов на качество переходных процессов.

Задачи работы:

- составить блок-схему одноконтурной САР с пропорционально-интегральным (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) законами регулирования;
- рассчитать параметры настроек ПИ- и ПИД-регуляторов по эмпирическим соотношениям Циглера и Никольса по настройке промышленных регуляторов с использованием переходной характеристики объекта регулирования, полученной в работе 1;
- с использованием программной среды MATLAB/Simulink провести моделирование работы одноконтурной САР при ступенчатом изменении заданного значения регулируемой переменной;
- исследовать влияние на качество переходных процессов изменения параметров настроек ПИ- и ПИД-регуляторов.

Лабораторная работа 3. Разработка, моделирование и исследование многоконтурных САР. Комбинированная САР. Каскадная САР. Управление типовыми процессами химической технологии.

Цель работы: приобретение навыков разработки, моделирования и анализа многоконтурных САР.

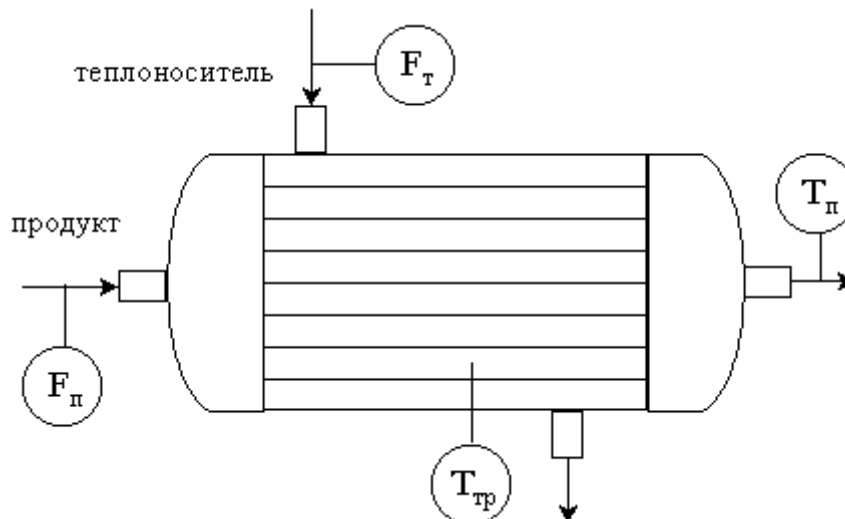
Задачи работы:

- для полученного варианта работы составить структурную схему объекта управления;
- разработать одноконтурную, комбинированную и каскадную САР и составить соответствующие блок-схемы;
- провести расчет параметров настроек ПИ- и ПИД-регуляторов для одноконтурной САР по эмпирическим соотношениям Циглера и Никольса по настройке промышленных регуляторов;
- провести расчет параметров компенсатора для комбинированной САР из условий абсолютной инвариантности и физически реализуемого компенсатора в виде пропорционального звена;
- провести расчет параметров основного и вспомогательного регуляторов

в каскадной САР, используя приближенные эмпирические соотношения;

- провести имитационное моделирование работы синтезированных САР с использованием среды **MATLAB/Simulink**;
- провести анализ качества работы синтезированных САР по основным показателям качества их переходных процессов.

Вариант 1.



Передаточная функция по каналу управления расход теплоносителя, F_t – температура продукта, T_p :

$$W_y = \frac{9}{5p + 1} e^{-2p}$$

Передаточная функция по каналу возмущения расход продукта, F_p – температура продукта, T_p :

$$W_b = \frac{11}{8p + 1} e^{-p}$$

Передаточная функция по вспомогательному каналу расход теплоносителя, F_t – температура в межтрубном пространстве, $T_{гр}$:

$$W_1 = \frac{6}{3p + 1} e^{-p}$$

8.4. Вопросы для промежуточного контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой)

1. Основные определения теории автоматического регулирования.
2. Классификация САР.
3. Статические и динамические характеристики, кривые разгона, основные динамические свойства элементов САР.
4. Двух- и трехпозиционный регуляторы.
5. Двухпозиционное регулирование и кратность притока.
6. Критерии качества позиционного регулирования.
7. Запаздывание и гистерезис в позиционных САР. Их влияние на качество

регулирования.

8. Линейные системы: дифференциальные уравнения, уравнение статической характеристики, характеристическое уравнение.

9. Преобразование Лапласа и его свойства. Передаточные функции.

10. Блок-схемы САР. Соединение элементов САР: последовательное, параллельное, с обратной связью.

11. Декомпозиция передаточных функций. Пропорциональное элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.

12. Инерционное элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.

13. Интегрирующее элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.

14. Дифференцирующее элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.

15. Элементарное звено запаздывания: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример.

16. Процессы регулирования в линейных САР, критерии качества регулирования.

17. Основные законы регулирования (П-, И-, ПИ-, ПД-, ПИД-).

18. Одноконтурные САР. Расчет регуляторов методом Циглера-Никольса.

19. Каскадные САР и методы их расчета.

20. Комбинированные САР и их расчет.

21. Связанные САР.

22. Амплитудно-фазовые характеристики.

23. Расширенные частотные характеристики.

24. Метод расширенных частотных характеристик.

25. Устойчивость САР. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.

26. Устойчивость САР. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Критерий устойчивости Михайлова.

27. Устойчивость САР. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Критерий устойчивости Найквиста-Михайлова.

28. Адаптивные системы автоматического регулирования: поисковые самонастраивающиеся системы.

29. Адаптивные системы автоматического регулирования: беспойсковые самонастраивающиеся системы.

30. Структуры, блок-схемы и описание работы одноконтурных, комбинированных и каскадных САР теплообменных процессов.

31. Структуры, блок-схемы и описание работы одноконтурных, комбинированных и каскадных САР массообменных процессов.

32. Структуры, блок-схемы и описание работы одноконтурных, комбинированных и каскадных САР реакторных процессов.

8.5. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой

Промежуточный контроль освоения материала дисциплины проводится в форме зачета с оценкой. Билет содержит два теоретических вопроса.

Максимальная оценка за теоретический вопрос – 20 баллов. Максимальная оценка за ответ на зачете – 40 баллов.

| | |
|---|--|
| «Утверждаю» Зав. каф. КХТП (Должность, название кафедры) _____ (Подпись) Глебов М.Б. (И. О. Фамилия) « » _____ 20 г. | Министерство образования и науки РФ |
| | Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева |
| | КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ |
| Билет № 1 | |
| 1. Интегрирующее элементарное звено: уравнение, передаточная функция, динамическая и частотная характеристики, пример. | |
| 2. Комбинированные САР и их расчет. | |

| | |
|---|--|
| «Утверждаю» Зав. каф. КИС ХТ (Должность, название кафедры) _____ (Подпись) Егоров А.Ф. (И. О. Фамилия) « » _____ 20 г. | Министерство образования и науки РФ |
| | Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева |
| | КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ |
| Билет № 2 | |
| 1. Статические и динамические характеристики, кривые разгона, основные динамические свойства элементов САР. | |
| 2. Одноконтурные САР. Расчет регуляторов методом Циглера-Никольса. | |

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

1. Дубровский И. И., Лукьянов В. Л. Системы управления химико-технологическими процессами: лабораторный практикум: учеб. пособие. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – 64 с
2. Дубровский И. И., Лукьянов В. Л. Проектирование автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами: учеб. пособие. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. – 212 с.
3. Дубровский И.И., Лукьянов В.Л., Магергут В.З. Теория и практика применения позиционных законов регулирования в химической технологии. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 191 с.
4. Моделирование систем автоматического управления с использованием

программной среды MATLAB/Simulink. Лабораторный практикум: учеб. пособие / П. Г. Михайлова, А. Ф. Егоров. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 76 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами. – М. : Академкнига, 2007. – 696 с.
2. Перов В.Л. Основы теории автоматического регулирования химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1970. – 352 с.
3. Элементы теории управления химико-технологическими процессами и системами [Текст] : конспект лекций / РХТУ им. Д.И. Менделеева ; сост.: В. П. Плюто, И. И. Дубровский. – М. : РХТУ. Издат. центр, 2004. – 146 с.

9.2.Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Журнал «Проблемы управления». ISSN 1819-3161.
- Журнал «Автоматизация в промышленности». ISSN: 1819-5962.
- Журнал «Информатика и системы управления». ISSN: 1814-2400.
- Журнал «Информационно-измерительные и управляющие системы». ISSN: 2070-0814.
- Журнал «СТА» («Современные технологии автоматизации»). ISSN: 0206-975X.
- Журнал «Journal of Process Control». ISSN: 0959-1524.
- Журнал «Computers and Chemical Engineering». ISSN: 0098-1354.
- Журнал «IEEE CONTROL SYSTEMS MAGAZINE». ISSN: 0272-1708.
- Журнал «IEEJ Journal of Industry Applications». ISSN: 2187-1094.
- Журнал «INTERNATIONAL JOURNAL OF PRECISION ENGINEERING AND MANUFACTURING». ISSN: 2234-7593.

9.3.Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк вариантов домашних заданий № 1 – 50 (на кафедре КХТП);
- банк вариантов домашних заданий № 2 – 50 (на кафедре КХТП);
- банк билетов для зачёта с оценкой – 50;
- предустановленное лицензионное программное обеспечение в компьютерном классе и лабораториях – Microsoft Windows, Microsoft Office; Simulink (на кафедре КИС ХТ).

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/2974> (дата обращения: 29.04.2016).

2. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования // Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы. Портал Федеральных образовательных стандартов высшего образования. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvpo/7/6/1> (дата обращения: 29.04.2016).

3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 04.04.2014 № 2 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/документы/6045> (дата обращения: 02.04.2016).

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

1. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.fcior.edu.ru> (дата обращения: 29.04.2016).

2. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Система федеральных образовательных порталов. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/> (дата обращения: 29.04.2016).

3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 29.04.2016).

10.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика») предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине в объеме 16 часов. В рамках учебного процесса студент выполняет 3 лабораторные работы.

Для успешного освоения теоретического материала дисциплины обучающемуся рекомендуется до начала каждой лекции самостоятельно ознакомиться с ее тематикой; используя источники из списков основной и дополнительной литературы, предварительно проработать материал лекции, выделить для себя наиболее интересные или непонятные моменты. В ходе лекции вести конспект, сопровождая его необходимой графической информацией, помещать в него все библиографические и прочие источники, рекомендуемые преподавателем. Если на лекционном занятии проводится обсуждение рассматриваемой темы, принимать активное участие а нем, задавать вопросы преподавателю. Следует регулярно самостоятельно прорабатывать рассмотренный материал с целью закрепления полученных на лекциях знаний, более качественной подготовки к лабораторным работам, домашним заданиям, промежуточной аттестации.

Для обучающихся кафедры КХТП

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение лабораторных работ (максимальная оценка 35 баллов за 3 лабораторные работы) и домашних заданий (максимальная оценка 25 баллов за 2 домашних задания).

При подготовке к выполнению домашнего задания следует изучить соответствующий теоретический материал, разобрать примеры аналогичных задач из лекционного курса и литературы. Выполняя задания в письменной

форме, стараться делать это аккуратно, разборчивым почерком. В решении задачи необходимо приводить все промежуточные результаты расчетов и вывода выражений (формул) таким образом, чтобы был понятен ход решения. В конце следует привести ответы на поставленные в задаче вопросы в полном объеме.

Лабораторные занятия составляют базу для выработки умений и навыков в процессе изучения дисциплины, поэтому обучающимся рекомендуется уделять особое внимание заданиям, выполняемым на лабораторных занятиях.

При подготовке к экспериментальному лабораторному занятию обучающемуся следует:

- ознакомиться с теоретической основой выполняемой работы из лекционного курса;

- изучить инструкцию по выполнению эксперимента на лабораторной установке;

- изучить устройство и принцип действия лабораторной установки.

Перед началом выполнения эксперимента обучающийся также должен знать, что является объектом управления, регулируемые величинами, регулирующими и возмущающими воздействиями, какое устройство выполняет функцию автоматического регулятора, где оно расположено, владеть основными приемами работы с данным устройством. Все непонятные моменты по экспериментальной части работы необходимо выяснить у преподавателя до начала выполнения.

В ходе эксперимента следует внимательно наблюдать за процессом на установке, используя показания измерительных приборов, средства отображения данных на компьютере, визуальный контроль за объектом. При возникновении аварийных ситуаций в работе установки, а также при появлении сомнений в нормальном ходе эксперимента, следует немедленно обратиться к преподавателю, проводящему лабораторное занятие.

По окончании эксперимента все полученные экспериментальные данные необходимо сохранить, занеся их в журнал лабораторной работы, а данные в электронной форме — записав на сменный носитель информации.

Обучающийся должен подготовить отчет о выполнении лабораторной работы, в который должны входить: описание объекта управления, полученные экспериментальные и расчетные данные, выводы.

Графики экспериментальных и расчетных кривых должны быть наглядны, иметь свой заголовок, их масштаб должен быть выбран таким, чтобы кривые занимали большую часть графика, оси должны быть подписаны с указанием обозначения величины и единиц измерения. Если на графике более одной кривой, следует изображать их разными цветами или стилями линий.

Выводы должны соответствовать результатам лабораторной работы, быть понятны и четко сформулированы.

Для обучающихся кафедры КИС ХТ

1. Подготовка к лабораторной работе 1 включает:

- изучение характеристик типовых динамических звеньев;
- определение передаточной функции автоматической системы регулирования различными методами: используя понятия передаточных функций, правила структурных преобразований и метод сигнальных графов;
- аналитический вывод временной и амплитудно-фазовой характеристики

исследуемой автоматической системы регулирования;

- изучение функциональных возможностей программного модуля Simulink расширения математического пакета прикладных программ MatLab (руководства пользователя) для реализации модели САР;

- оформление отчета по лабораторной работе.

2. Подготовка к лабораторной работе 2 включает:

- составление блок-схем одноконтурных САР с пропорционально-интегральным (ПИ-регулятором) и пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД-регулятор) законами регулирования;

- расчет параметров настройки ПИ- и ПИД-регуляторов по эмпирическим соотношениям Циглера и Никольса по настройке промышленных регуляторов с использованием переходной характеристики разомкнутой системы регулирования, полученной в работе 1, а также по эмпирическим соотношениям для получения трех типовых оптимальных процессов регулирования;

- изучение функциональных возможностей программного модуля Simulink расширения математического пакета прикладных программ MatLab (руководства пользователя) для реализации модели одноконтурной САР (в части функциональности блока, реализующего непрерывный ПИД-регулятор) и расчета оптимальных параметров настройки регуляторов;

- оформление отчета по лабораторной работе.

3. Подготовка к лабораторной работе 3 включает:

- составление структурной схемы объекта;

- разработку одноконтурной, комбинированной и каскадной САР и составление соответствующих блок-схем;

- расчет параметров настройки ПИ- и ПИД-регуляторов для одноконтурной САР по эмпирическим соотношениям, перечисленным в работе 2.

- расчет параметров компенсатора для комбинированной САР из условий абсолютной инвариантности и физически реализуемого компенсатора в виде пропорционального звена;

- расчет параметров основного и вспомогательного регуляторов в каскадной САР, используя приближенные эмпирические соотношения;

- оформление отчета по лабораторной работе.

При подготовке к зачету с оценкой обучающимся рекомендуется повторить весь материал дисциплины. Билет содержит два теоретических вопроса. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 20 баллов. Максимальная оценка за ответ на зачете – 40 баллов.

Общая оценка результатов освоения дисциплины складывается из числа баллов, набранных в семестре и на зачете. Максимальная общая оценка всей дисциплины составляет 100 баллов.

11.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для обучающихся кафедры КХТП общая оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение лабораторных работ (максимальная оценка 35 баллов за 3 лабораторные работы) и домашних заданий (максимальная оценка 25 баллов за 2 домашних задания).

Для обучающихся кафедры КИС ХТ общая оценка текущей работы

обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение лабораторных работ (60 баллов за 3 лабораторные работы).

40 баллов отводится на зачет с оценкой.

Наиболее сложные теоретические материалы ведущим преподавателям рекомендуется излагать на лекциях с использованием средств мультимедийной техники и обеспечением необходимым раздаточным материалом. Умения и навыки, необходимые для полного освоения программы в рамках заявленных компетенций, следует получать и закреплять в ходе выполнения лабораторных работ.

Организация лабораторных занятий

Тема лабораторной работы и инструкция по ее выполнению выдается обучающемуся не позднее, чем за неделю до начала работы.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в лаборатории на лабораторных установках, в состав которых входит физическая модель объекта управления и персональный компьютер. Поэтому перед началом работы необходимо проверить работоспособность моделей объектов и компьютеров.

Перед допуском обучающегося к работе следует проверить его готовность путем устного опроса по устройству установки и порядку работы с ней.

Домашние задания

Домашнее задание № 1 состоит из одной задачи, максимальная оценка составляет 10 баллов. Домашнее задание № 2 состоит из двух задач, максимальная оценка составляет за задачу 1 составляет 7 баллов, за задачу 2 – 8 баллов, максимальная суммарная оценка – 15 баллов.

Рекомендуется выдавать домашнее задание № 1 на 6-7 неделе, т. е. по окончании освоения модулей 1 и 2, а домашнее задание № 2 – на 10-11 неделе, т. е. по окончании освоения модуля 3 в соответствии с распределением часов, выделенных программой дисциплины на аудиторные занятия (раздел 4.1).

Срок выполнения домашних заданий рекомендуется назначать в 1 неделю, в случае сдачи задания обучающимся после установленного срока, оценку следует снизить.

Проведение зачета с оценкой

Формой промежуточного контроля знаний по дисциплине является зачет с оценкой. Он направлен на определение итоговой оценки комплекса теоретических знаний, умений и навыков, полученных студентами при изучении данной дисциплины.

Допуск к зачету осуществляется согласно правилам рейтинговой системы, действующей в РХТУ им. Д.И.Менделеева. Студенты, набравшие в семестре от 50 до 60 баллов, имеют право зачет не сдавать, а получить итоговую оценку на основе действующей в РХТУ системы премиальных баллов.

Зачет проводится в устной форме по билетам. В билет включается два теоретических вопроса, охватывающие различные разделы изучаемого материала в соответствии с разделением программы дисциплины на модули. Время, отводимое на подготовку к ответу для каждого студента, составляет в среднем 1 акад. час.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д. И. Менделеева обеспечивает информационную поддержку всем направлениям деятельности университета, содействует подготовке высококвалифицированных специалистов, совершенствованию учебного процесса, научно-исследовательской работы, способствует развитию профессиональной культуры обучающегося.

Структура и состав библиотечного фонда соответствуют требованиям Примерного положения о формировании фондов библиотеки высшего учебного заведения, утвержденного приказом Минобрнауки от 27.04.2000 № 1246. ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по всем дисциплинам основной образовательной программы и гарантирует возможность качественного освоения студентами программы дисциплины «Системы управления химико-технологическими процессами» по направлению 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (профиль: «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»).

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2016 составляет 1 683 362 экз.

Фонд учебной и учебно-методической литературы укомплектован печатными и электронными изданиями из расчета 50 экз. на каждые 100 обучающихся, а для дисциплин вариативной части образовательной программы – 1 экз. на одного обучающегося.

Фонд дополнительной литературы включает помимо учебной литературы официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания.

Информационно-библиотечный центр обеспечивает самостоятельную работу студентов в читальных залах, предоставляя широкий выбор литературы по актуальным направлениям, а также обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология электронной доставки документов.

| № | Электронный ресурс | Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей | Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором |
|----|---|--|--|
| 1. | ЭБС «Лань» | Принадлежность – сторонняя. Реквизиты договора – ООО «Издательство «Лань», договор №43/14 от 15.05.2014 г. Ссылка на сайт ЭБС – http://e.lanbook.com Сумма договора – 35000 р. Количество ключей – доступ для всех пользователей РХТУ с любого компьютера. | Ресурс, включает в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным и техническим наукам |
| 2. | Электронно-библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева (на базе АИБС «Ирбис») | Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – http://lib.muotr.ru/ Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера. | Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП. |
| 3. | Информационно-справочная система «ТЕХЭКСПЕРТ» «Нормы, правила, стандарты России» | Принадлежность сторонняя. Реквизиты договора – ООО «ИНФОРМПРОЕКТ», договор № 165-924/м от 08.04.2015 г. Ссылка на сайт ЭБС – http://reforma.kodeks.ru/reforma/ Сумма договора – 284988 р. Количество ключей – локальный доступ с компьютеров ИБЦ. | Электронная библиотека нормативно-технических изданий. Содержит более 40000 национальных стандартов и др. НТД |
| 4. | Электронная библиотека диссертаций (ЭБД) | Принадлежность – сторонняя Реквизиты договора – РГБ, договор № 095/04/0122 от 30.03.2015 г. Ссылка на сайт ЭБС – http://diss.rsl.ru/ Сумма договора – 99710-00 Количество ключей – 10 (локальный доступ с компьютеров ИБЦ). | В ЭБД доступны электронные версии диссертаций Российской Государственной библиотеки: с 1998 года – по специальностям: "Экономические науки", "Юридические науки", "Педагогические науки" и "Психологические науки"; с 2004 года – по всем специальностям, кроме медицины и фармации; с 2007 года – по всем специальностям, включая работы по медицине и фармации. |
| 5. | ЭБС «Научно-электронная библиотека eLibrary.ru» | Принадлежность – сторонняя Реквизиты договора – ООО «РУНЭБ», договор № SU-20-11/2014-2 от 11.12.2014 г. Ссылка на сайт – http://elibrary.ru Сумма договора -751230-40 р. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам | Электронные издания, электронные версии периодических или непериодических изданий |

| № | Электронный ресурс | Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей | Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором |
|----|--|---|---|
| | | неограничен. | |
| 6. | Springer | Принадлежность сторонняя Реквизиты договора – НП НЭИКОН, договор № 18-3.1-14/15 от 02.12.2014 г. Ссылка на сайт – http://link.springer.com/ Сумма договора – 521146 р. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам. | Электронные научные информационные ресурсы издательства Springer. |
| 7. | Scopus | Принадлежность сторонняя Реквизиты договора – ГПНТБ, договор « 2/БП/41 от 01.12.2014г. Ссылка на сайт – http://www.scopus.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен. | Мультидисциплинарная реферативная и наукометрическая база данных издательства ELSEVIER |
| 8. | Ресурсы международной компании Thomson Reuters на платформе Web of Knowledge | Принадлежность сторонняя Реквизиты договора – ГПНТБ, договор « 1/БП/41 от 01.11.2014г. Ссылка на сайт – http://webofknowledge.com Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен. | Открыт доступ к ресурсам: WEB of SCIENCE – реферативная и наукометрическая база данных. MEDLINE – реферативная база данных по медицине. Journal Citation Reports – сведения по цитируемости журналов. |
| 9. | Справочно-правовая система «Гарант» | Принадлежность сторонняя Реквизиты договора- №76-79з/2013 от 25.12.2013 г. Ссылка на сайт – http://www.garant.ru/ Сумма договора – 397027-20 Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам. | Гарант – справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации. |

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия проводятся в форме лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студента.

13.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

На кафедре КХТП имеется учебная аудитория для проведения лекций вместимостью не менее 30 человек, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью. Компьютерный класс, насчитывающий не менее 15 посадочных мест, с предустановленным лицензионным программным обеспечением (Windows, Microsoft Excel) и выходом в Интернет и лаборатория с лабораторными установками, оснащенными программируемыми логическими контроллерами, микропроцессорными измерителями-регуляторами и персональными компьютерами для проведения лабораторных занятий.

На кафедре КИС ХТ для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 17 компьютерами (2 для работы преподавателей, 15 для работы студентов) и 1 выделенный сервер. Все компьютеры являются IBM-совместимыми и имеют процессоры Pentium-II и выше. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 8 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и одно многофункциональное устройство; компьютерный класс, оборудованный 9 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером.

Кафедра обладает стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 13.4.

Для реализации информационно-образовательных ресурсов дисциплин вариативной части программы на выделенном сервере кафедры КИСХТ под управлением Microsoft Windows Server Standart 2008 развернуты веб-сервер apache 2.2.17, Hypertext Preprocessor (php) 5.3.18, система управления базами данных (СУБД) MySQL 5, система дистанционного обучения (СДО) Moodle 2.6.1. Для доступа к Moodle используется веб-браузер Google Chrome или Mozilla FireFox.

13.2. Учебно-наглядные пособия

Имеются учебные пособия по дисциплине, плакаты с примерами схем систем управления различными химико-технологическими процессами, электронные учебно-наглядные пособия по дисциплине в форме компьютерных презентаций.

13.3. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: инструкции по технике безопасности в компьютерном классе; методические рекомендации к лабораторным занятиям; учебные пособия; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; справочные материалы.

На кафедре КИС ХТ используются учебные пособия; электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; специализированное программное обеспечение.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы по дисциплине (теоретические положения для подготовки к лабораторным работам, типовые примеры решений, варианты заданий для выполнения лабораторных работ и требования к отчетам) представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muotr.ru/alk/> разработанном на кафедре КИС ХТ.

13.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

При выполнении лабораторного практикума по дисциплине используется программное обеспечение:

| № п/п | Наименование программного продукта | Реквизиты договора поставки | Количество лицензий | Срок окончания действия лицензии |
|-------|--|--|---------------------|----------------------------------|
| 1. | Microsoft Office Standard 2013 | Контракт № 62-64ЭА/2013 Номер лицензии 47837477 | 36 | Бессрочно |
| 2. | Microsoft Windows Server – Standard 2008 | Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797 | 9 | Бессрочно |
| 3. | Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine | Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478 | 16 | Бессрочно |
| 4. | Simulink – программа из пакета прикладных программ МАТЛАВ. Пакет лицензий на программное обеспечение | Государственный контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10, Акт № Tr048787, накладная № Tr048787 от | 20 | Бессрочно |

| № п/п | Наименование программного продукта | Реквизиты договора поставки | Количество лицензий | Срок окончания действия лицензии |
|-------|---|-----------------------------|---------------------|----------------------------------|
| | (неисключительные права на программу для ЭВМ) MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License) | 20.12.10 | | |

14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

| Наименование модулей | Основные показатели оценки | Формы и методы контроля и оценки |
|--|--|--|
| Модуль 1. Основные понятия и определения в области управления химико-технологическими процессами | Знает: – основные понятия и определения в области управления химико-технологическими процессами; | Кафедра КХТП: Оценка за лабораторную работу № 1. Оценка на зачете. Кафедра КИС ХТ: Оценка на зачете |
| Модуль 2. Линейные системы автоматического регулирования. Основы математического описания | Знает: – математическое описание элементов систем автоматического регулирования (САР) во временной и частотных областях; – метод преобразования Лапласа и понятие передаточной функции элементов САР. Умеет: – производить линеаризацию аналитическими и численными методами нелинейных ХТП; – производить аппроксимацию кривых разгона и расчет передаточных функций объекта управления; – осуществлять | Кафедра КХТП: Оценка за домашнее задание № 1. Оценка за лабораторную работу № 1 и № 2. Оценка на зачете. Кафедра КИС ХТ: Оценка за лабораторную работу 1. Оценка на зачете |

| Наименование модулей | Основные показатели оценки | Формы и методы контроля и оценки |
|---|---|--|
| | <p>преобразование Лапласа; осуществлять расчет временных и частотных характеристик элементарных звеньев САР и различных законов регулирования.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками структурного и параметрического синтеза СУ ХТП во временной и частотной областях; – навыками расчета передаточных функций объекта по экспериментальным данным (кривым разгона). | |
| <p>Модуль 3. Анализ работы одноконтурной САР</p> | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – типовые законы регулирования и методы расчета параметров настроек САР; – методы расчета одноконтурных, каскадных и комбинированных САР. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – осуществлять синтез и анализ одноконтурных, каскадных и комбинированных СУ ХТП. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками структурного и параметрического синтеза СУ ХТП во временной и частотной областях; – навыками оптимизации работы СУ ХТП. | <p>Кафедра КХТП: Оценка за домашнее задание № 2. Оценка за лабораторную работу № 2. Оценка на зачете.</p> <p>Кафедра КИС ХТ: Оценка за лабораторную работу 2. Оценка на зачете</p> |
| <p>Модуль 4. Методы повышения качества регулирования химико-технологических процессов</p> | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – типовые законы регулирования и методы расчета параметров настроек САР; – методы расчета одноконтурных, каскадных и комбинированных САР. | <p>Кафедра КХТП: Оценка за лабораторную работу № 3. Оценка на зачете.</p> <p>Кафедра КИС ХТ:</p> |

| Наименование модулей | Основные показатели оценки | Формы и методы контроля и оценки |
|---|---|--|
| | <p>Умеет: – осуществлять синтез и анализ одноконтурных, каскадных и комбинированных СУ ХТП.</p> <p>Владеет: – навыками структурного и параметрического синтеза СУ ХТП во временной и частотной областях; – навыками оптимизации работы СУ ХТП.</p> | <p>Оценка за лабораторную работу 3.</p> <p>Оценка на зачете</p> |
| <p>Модуль 5. Системы автоматического регулирования типовых химико-технологических процессов</p> | <p>Знает: – структуры систем управления типовыми теплообменными, массообменными и реакторными процессами.</p> <p>Умеет: – разрабатывать системы управления типовыми химико-технологическими процессами.</p> <p>Владеет: – навыками проектирования систем управления типовыми химико-технологическими процессами.</p> | <p>Кафедра КХТП: Оценка на зачете.</p> <p>Кафедра КИС ХТ: Оценка на зачете</p> |