

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Автоматизации и управления»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №11 от 11 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»

Направление: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Системы и средства автоматизации в промышленности

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Овсюков Александр Евгеньевич Дата подписания: 26.06.2025
--

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил и согласовал: Елшин Виктор Владимирович Дата подписания: 26.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Теория автоматического управления» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-1 Способность применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК ОС-1.19, ОПК ОС-1.20
ОПК ОС-7 Способность применять стандартные методы расчета, пакеты прикладных программ при решении задач профессиональной деятельности	ОПК ОС-7.4, ОПК ОС-7.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-1.19	Способен выбирать структуры и схемы систем автоматического регулирования и управления; владеет навыками их математического анализа	Знать основные принципы построения систем автоматического регулирования и управления Уметь осуществлять преобразование структурных схем автоматического управления Владеть навыками выбора структуры системы автоматического регулирования
ОПК ОС-1.20	Способен использовать законы и алгоритмы оптимального управления объектами; владеет навыками параметрической оптимизации регулирующих и управляющих устройств	Знать методы теории оптимального управления; классификацию задач оптимального управления Уметь поставить задачу оптимального управления Владеть алгоритмическими процедурами применения методов оптимального управления
ОПК ОС-7.4	Способен составлять математическое описание автоматических систем регулирования и управления, проводить исследование их свойств и состояний с помощью специальных математических пакетов	Знать методы описания систем автоматического управления; специальные математические пакеты, применяемые для анализа систем автоматического управления Уметь составлять математическое описание автоматических систем регулирования и управления; уметь составлять структурные схемы систем автоматического управления в специальных математических пакетах Владеть методами экспериментального получения характеристик объектов

		управления; математическими пакетами для анализа систем автоматического управления
ОПК ОС-7.5	Способен осуществлять анализ устойчивости и качества автоматических систем регулирования и управления, применять современные программные средств для оценки показателей качества таких систем и их оптимизации	Знать методы оценки устойчивости, оценки качества систем автоматического управления Уметь проводить анализ систем автоматического управления на устойчивость, определить показатели качества системы автоматического управления Владеть навыками повышения точности, устойчивости систем автоматического управления; применения специальных математических пакетов для оптимизации показателей качества

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Теория автоматического управления» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Математические основы теории автоматического управления»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Моделирование процессов и систем», «Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазохимическом комплексе»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 7 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 5	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144
Аудиторные занятия, в том числе:	112	48	64
лекции	32	16	16
лабораторные работы	32	16	16
практические/семинарские занятия	48	16	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	104	60	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	0	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовая работа, Зачет с оценкой	Зачет с оценк	Экзамен, Курсовая работа

		ой	
--	--	----	--

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение в теорию автоматического управления	1	2					2, 4	4	Устный опрос
2	Математические модели систем управления	2	5	2	4	1	6	1, 2, 3, 4	9	Устный опрос
3	Частотные характеристики	3	2			2	2	2, 3, 4	7	Устный опрос
4	Временные характеристики систем	4	1					2, 4	4	Устный опрос
5	Типовые звенья и их характеристики	5	2	3	4	3	2	1, 2, 3, 4	11	Устный опрос
6	Устойчивость систем	6	2	4	4	4	4	1, 2, 3, 4	11	Устный опрос
7	Оценка качества систем управления	7	2			5	2	2, 3, 4	6	Устный опрос
8	Математические пакеты в задачах анализа и синтеза систем автоматического управления	8		1	4			1, 2, 3, 4	8	Отчет по лабораторной работе
	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой
	Всего		16		16		16		60	

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Точность и чувствительность систем управления	1	2	1	4	1	6	2, 3, 4	3	Устный опрос
2	Типовые регуляторы	2	2	2	4			2, 3, 4	3	Устный опрос
3	Расчет настроечных параметров регулятора	3	2	3	4	2	5	2, 3, 4	3	Устный опрос

4	Нелинейные системы	4	2			3	6	3, 4	2	Устный опрос
5	Основы дискретных систем	5	3			4	5	3, 4	2	Устный опрос
6	Основы оптимального управления	6	3	4	4	5	5	2, 3, 4	3	Устный опрос
7	Основы адаптивных систем управления	7	2			6	5	3, 4	2	Устный опрос
8	Исследование системы автоматического управления	8						1	26	Отчет
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовая работа
	Всего		16		16		32		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение в теорию автоматического управления	Задачи теории автоматического управления. Классификация автоматических систем
2	Математические модели систем управления	Дифференциальные уравнения объектов автоматизации. Передаточные функции объектов автоматизации. Структурные схемы и структурные преобразования. Модели в переменных состояния. Модели в виде сигнальных графов
3	Частотные характеристики	Виды частотных характеристик. Получение частотных характеристик. Построение частотных характеристик
4	Временные характеристики систем	Виды временных характеристик. Получение временных характеристик. Связь между временными характеристиками
5	Типовые звенья и их характеристики	Классификация типовых звеньев. Позиционные звенья. Интегрирующие звенья. Дифференцирующие звенья. Звено запаздывания. Минимально фазовые и не минимально фазовые звенья
6	Устойчивость систем	Основные понятия. Алгебраические критерии устойчивости. Частотные критерии устойчивости. Область устойчивости. D-разбиение. Логарифмические частотные критерии устойчивости. Устойчивость систем с запаздыванием
7	Оценка качества систем управления	Требования к качеству систем управления. Прямые оценки качества. Частотные оценки качества. Корневые оценки качества. Интегральные оценки качества

8	Математические пакеты в задачах анализа и синтеза систем автоматического управления	
---	---	--

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Точность и чувствительность систем управления	Процесс управления и требования к нему. Постоянные ошибки. Астатические системы. Точность при гармоническом воздействии. Установившаяся ошибка при произвольном действии (коэффициенты ошибок). Чувствительность автоматических систем
2	Типовые регуляторы	Типы регуляторов. Позиционные регуляторы. Непрерывные регуляторы. Импульсный регулятор
3	Расчет настроечных параметров регулятора	Аналитические методы расчета параметров регулятора. Инженерные методы расчета параметров регулятора
4	Нелинейные системы	Понятие нелинейных систем. Нелинейные статические характеристики. Особенности нелинейных систем. Устойчивость нелинейных систем. Методы линеаризации
5	Основы дискретных систем	Введение в дискретные системы. Импульсные системы. Цифровые системы.
6	Основы оптимального управления	Постановка задачи оптимального управления. Методы классического вариационного исчисления. Принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования Беллмана
7	Основы адаптивных систем управления	Назначение адаптивных систем управления. Структура и типы адаптивных систем управления. Общая постановка задачи адаптивного управления. Общая характеристика методов синтеза адаптивных систем управления
8	Исследование системы автоматического управления	

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Среда моделирования SimInTech в задачах анализа и синтеза систем автоматического управления	4
2	Математические модели систем управления	4
3	Исследование динамических и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического регулирования	4

4	Исследование устойчивости систем автоматического управления	4
---	---	---

Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Анализ точности систем автоматического управления	4
2	Исследования влияния настроечных параметров типовых законов регулирования на переходные процессы в системах автоматического регулирования	4
3	Расчёт настроечных параметров типовых регуляторов систем автоматического регулирования	4
4	Оптимизация настроечных параметров типовых законов регулирования	4

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Математические модели систем управления	6
2	Частотные характеристики систем автоматического управления	2
3	Получение передаточных функций систем автоматического управления	2
4	Применение критериев устойчивости при анализе систем автоматического управления	4
5	Оценка качества систем автоматического управления	2

Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Определение точностных характеристик систем автоматического управления	6
2	Расчёт настроечных параметров типовых регуляторов	5
3	Анализ нелинейные систем управления	6
4	Дискретные системы управления	5
5	Методы оптимального управления	5
6	Адаптивные системы управления	5

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	8
2	Подготовка к зачёту	20
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	16
4	Проработка разделов теоретического материала	16

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	26
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	7
4	Проработка разделов теоретического материала	7

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Компьютерные симуляции

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Исходные данные

Наименование темы: «Исследование системы автоматического регулирования»

В качестве исходных данных для расчета настроечных параметров системы регулирования задано дифференциальное уравнение объекта, которое приведено в таблице 1. Так же в таблице приведены дополнительные условия для выполнения курсовой работы. Вариант для выполнения курсовой работы выбирается в соответствии с порядковым номером в списке группы.

Таблица 1– варианты задания на курсовую работу

№	Дифференциальное уравнение объекта управления	Регулятор	X _{зад} (t)
Метод расчета			
параметров регулятора		Критерий для оценки устойчивости	
1	$635 (d^2 y(t))/(dt^2) + 37,4 (dy(t))/dt + 0,44y(t) = x(t-5)$	ПИ 2	По кривой разгона объекта
2	$180 (d^2 y(t))/(dt^2) + 13,2 (dy(t))/dt + 0,17y(t) = x(t-5)$	ПИД 5	По частотному отклику
3	$[10] ^4 (d^2 y(t))/(dt^2) + 310 (dy(t))/dt + 3,1y(t) = x(t-5)$	ПИ 1	По кривой разгона объекта
4	$3,5* [10] ^4 (d^2 y(t))/[dt] ^2 + 0,6* [10] ^4 dy(t)/dt + 280y(t) = x(t-3)$	ПИД 0,5	По частотному отклику
5	$171,7 (d^2 y(t))/(dt^2) + 30,5 (dy(t))/dt + 1,5y(t) = x(t-3)$	ПИ 3	По кривой разгона объекта

6	8600 (d ² y(t))/(dt ²)+4060 (dy(t))/dt+250y(t)=x(t-3)	ПИД	0,7	По частотному
отклику	Найквиста			
7	115 (d ² y(t))/(dt ²)+13,8 (dy(t))/dt+0,387y(t)=x(t-4)	ПИ	3	По кривой
разгона объекта	Гурвица			
8	37,5 (d ² y(t))/(dt ²)+47 (dy(t))/dt+12,5y(t)=x(t-2,5)	ПИД	1	По частотному
отклику	Михайлова			
9	5,78 (d ² y(t))/(dt ²)+39,6 (dy(t))/dt+57y(t)=x(t-1,1)	ПИ	5	По кривой
разгона объекта	Найквиста			
10	342 (d ² y(t))/(dt ²)+153 (dy(t))/dt+10y(t)=x(t-10)	ПИД	7	По частотному
отклику	Гурвица			
11	1960 (d ² y(t))/(dt ²)+54 (dy(t))/dt+0.36y(t)=x(t-30)	ПИ	8	По кривой
разгона объекта	Михайлова			
12	9000 (d ² y(t))/(dt ²)+680 (dy(t))/dt+3.1y(t)=x(t-40)	ПИД	3	По частотному
отклику	Найквиста			
13	56,8* [10] ^3 (d ² y(t))/(dt ²)+1630 dy(t)/dt+8,3y(t)=x(t-40)	ПИ	2	По
кривой разгона объекта	Гурвица			
14	15,2 (d ² y(t))/(dt ²)+780 (dy(t))/dt+7,1y(t)=x(t-30)	ПИД	10	По частотному
отклику	Михайлова			
15	270 (d ² y(t))/(dt ²)+21 (dy(t))/dt+0,31y(t)=x(t-20)	ПИ	0,7	По кривой
разгона объекта	Найквиста			
16	1380 (d ² y(t))/(dt ²)+58,5 (dy(t))/dt+0,5y(t)=x(t-18)	ПИД	3,5	По частотному
отклику	Гурвица			
17	540 (d ² y(t))/(dt ²)+23,2 (dy(t))/dt+0,2y(t)=x(t-18)	ПИ	10	По кривой
разгона объекта	Михайлова			
18	198 (d ² y(t))/(dt ²)+10,3 (dy(t))/dt+0,11y(t)=x(t-18)	ПИД	0,45	По частотному
отклику	Найквиста			
19	25,3* [10] ^3 (d ² y(t))/(dt ²)+740 dy(t)/dt+4,1y(t)=x(t-20)	ПИ	0,4	По
кривой разгона объекта	Гурвица			
20	0,62 (d ² y(t))/(dt ²)+5,1 (dy(t))/dt+6,9y(t)=x(t-0,12)	ПИД	3	По частотному
отклику	Михайлова			
21	120 (d ² y(t))/(dt ²)+14 (dy(t))/dt+0,24y(t)=x(t-11)	ПИ	7	По кривой
разгона объекта	Найквиста			
22	183,2 (d ² y(t))/(dt ²)+38,3 (dy(t))/dt+2,3y(t)=(t-4)	ПИД	15	По частотному
отклику	Гурвица			
23	0,94 (d ² y(t))/(dt ²)+6,4 (dy(t))/dt+7,3y(t)=x(t-0,13)	ПИ	3	По кривой
разгона объекта	Михайлова			
24	2,7* [10] ^4 (d ² y(t))/ [dt] ^2 +0,45* [10] ^4 dy(t)/dt+190y(t)=x(t-4)	ПИД		
0,5	По частотному			
отклику	Найквиста			
25	87 (d ² y(t))/(dt ²)+9,4 (dy(t))/dt+0,265y(t)=x(t-3)	ПИ	3	По кривой
разгона объекта	Гурвица			
26	84,8* [10] ^3 (d ² y(t))/(dt ²)+2120 dy(t)/dt+10,1y(t)=x(t-45)	ПИД	12	По
частотному				
отклику	Михайлова			

Задание. Методические рекомендации по выполнению работы:

Составить структурную схему системы и определить передаточные функции разомкнутой и замкнутой систем (относительно задающего воздействия).

Произвести расчет настроечных параметров ПИД регулятора методом Циглера-Никольса (способ в соответствии с вариантом).

Оценить устойчивость системы автоматического регулирования, используя критерий устойчивости в соответствии со своим вариантом

Для полученной передаточной функции замкнутой системы рассчитать нули и полюса системы. Изобразить их на комплексной плоскости.

Построить АФЧХ разомкнутой системы. Определить запасы устойчивости по амплитуде и фазе.

Построить переходный процесс относительно задающего воздействия. Определить основные показатели переходного процесса:

перерегулирование;

степень затухания;

время переходного процесса (по вхождению регулируемой величины в зону $\Delta = \pm 0,05 X_{\text{зад}}$ (t);

количество перерегулирований.

Найти статические и динамические ошибки системы регулирования:

$[\Delta x]_{\text{уст}}$;

$\int_0^\infty [(\Delta x(t))]^2 dt$.

Сопоставить показатели качества, полученные в пункте 6 с показателями качества приведенными ниже:

перерегулирование $\sigma \leq 20 \%$;

количество перерегулирований $n \leq 2$.

Если показатели переходного процесса не удовлетворяют требованиям, то посредством вариации параметров (k_p , k_i , k_d) добейтесь удовлетворительных показателей качества.

Сделайте выводы по проделанной работе.

Рекомендации по оформлению работы

Курсовая работа оформляется в виде расчетно-пояснительной записки, на листах формата А4. Оформление должно соответствовать требованиям СТО 005-2020 «Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических направлений подготовки и специальностей».

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист;
- задание;
- содержание;
- введение;
- текстовую часть в соответствии с содержанием курсовой работы;
- заключение с выводами по работе;
- список использованной литературы.

Наименования разделов расчетно-пояснительной записки должны отражать содержание работы. Изложение расчетно-пояснительной записки должно быть логичным, четким и кратким, а терминология и определения – едиными и соответствовать установленным стандартам или общепринятым терминам в научно-технической литературе.

Условные буквенные обозначения физических, математических и других величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам. Все обозначения в формулах должны быть пояснены.

Иллюстрации к расчетно-пояснительной записке (схемы, графики и др.) должны нумероваться и иметь тематические наименования, а при необходимости снабжаться подрисовочными текстами. В расчетно-пояснительной записке должны помещаться

таблицы с результатами расчетов.

В работе должен быть представлен следующий графический материал:

Структурная схема САР;

Схема моделирования САР в среде SimInTech;

Графики используемые для расчета настроечных параметров регуляторов методом Циглера-Никольса (в соответствии с вариантом), рассчитанные параметры типового закона регулирования(в соответствии с вариантом)

График переходного процесса САР с отображением всех показателей качества;

АФЧХ разомкнутой системы, с указанием запасов устойчивости по амплитуде и фазе.

Данный материал может быть размещен либо по тексту работы, либо вынесен в графическую часть. Материал, вынесенный в графическую часть работы, не должен дублироваться аналогичными иллюстрациями в расчетно-пояснительной записке. В расчетно-пояснительной записке должна быть ссылка на графическую часть работы.

Вопросы к защите курсовой работы

Типовая структура системы автоматического регулирования

Каковы сущность и область использования типовых законов регулирования (П-, ПД-, ПИ-, ПИД-законов регулирования)?

Дайте определение понятия качества САР.

Какие оценки качества САР по переходным функциям знаете?

Какие частотные критерии оценки качества САР знаете?

Назовите интегральные оценки качества переходного процесса

Последовательность действий при получении настроенных параметров регулятора методом Циглера-Никольса (по кривой разгона объекта)

Последовательность действий при получении настроенных параметров регулятора методом Циглера-Никольса (по частотному отклику)

Литература:

Певзнер Л.Д. Теория систем управления. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002. — 472 с. ISBN 5-7418-0076-9 (в пер.)

Теория систем автоматического управления / В. А. Бессерский, Е. П. Попов. - Изд. 4-с. перераб. и доп. — СПб, Изд-во «Профессия», 2003. -752 с. - (Серия: Специалист)

Теория автоматического управления : учеб. для студентов вузов / В. Я. Ротач. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Изд-во МЭИ, 2004 (ОАО Тип. Новости). - 399 с. : ил., табл.; 25 см.; ISBN 5-7046-0924-4 (в пер.)

Основы автоматического регулирования и управления. Под ред. Пономарева В. М. и Литвинова А. П. Учебн. пособие для неэлектротехн. специальностей вузов. М., «Высшая школа», 1974 439 с.

Дорф Ричард. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп, 2002. - 831.

Цыпкин Я. З. Основы теории автоматических систем. Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М., 1977, 560 стр.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

5 семестр

Практическая работа № 1. Математические модели систем управления

Цель работы: получить представления о различных формах описания систем автоматического управления

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

Практическая работа № 2. Частотные характеристики
систем автоматического управления

Цель работы: Научиться получать частотные характеристики и применять их для анализа систем автоматического управления

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

Практическая работа № 3. Получение передаточных функций систем автоматического управления

Цель работы: научиться получать описание элементов систем автоматического управления в виде передаточных функций

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

Практическая работа № 4. Применение критериев устойчивости при анализе систем автоматического управления

Цель работы: научиться применять различные критерии устойчивости для анализа систем автоматического управления

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

Практическая работа № 5. Оценка качества систем автоматического управления

Цель работы: Научиться определять качественные показатели систем автоматического управления применяя различные критерии оценки

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

6 семестр

Практическая работа № 1. Определение точностных характеристик систем автоматического управления

Цель работы: научиться оценивать точностные параметры систем автоматического управления

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;

выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

Практическая работа № 2. Расчёт настроечных параметров типовых регуляторов

Цель работы: научиться рассчитывать настроечные параметры типовых регуляторов

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;

выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

Практическая работа № 3. Анализ нелинейных систем управления

Цель работы: научиться проводить линеаризацию нелинейных систем

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;

выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

Практическая работа № 4. Дискретные системы управления

Цель работы: получить представление о дискретных системах автоматического управления

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;

выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

Практическая работа № 5. Методы оптимального управления

Цель работы: получить представление о методах оптимального управления, о последовательности действий при решении задач оптимального управления

Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;

выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий.

Практическая работа № 6. Адаптивные системы управления

Цель работы: получить представление о структуре и типах адаптивных систем
Порядок выполнения работы:

изучение теоретического материала;

выполнение заданий

Практические работы выполняются в тетрадях для практических занятий

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторные работы направлены на исследование систем автоматического управления с применением пакетов прикладных программ.

Структура отчета по ЛР и правила его оформления должны соответствовать «СТО 027-2021 Общие требования к организации и проведению лабораторных работ».

Отчет является документом, свидетельствующим о выполнении обучающимся ЛР, и должен включать:

1. титульный лист, оформленный в соответствии с СТО 027-2021(Приложение 3);
2. цели выполненной лабораторной работы;
3. описание задания (постановка задач, подлежащих выполнению обучающимся в ходе выполнения лабораторной работы);
4. используемые материалы, технические и программные средства;
5. описание основной части (например: краткая характеристика объекта исследования; методика или программа лабораторной работы; результаты измерений, наблюдений и расчетов, представленные в форме таблиц, графиков, диаграмм и т.д.);
6. термины и определения (при необходимости);
7. описание принципиально необходимых доказательств, обоснований, разъяснений, анализов, оценок, обобщений и выводов;
8. список использованных источников;
9. приложения (при необходимости).

При оформлении отчёта необходимо соблюдать следующие требования. Для заголовков: полужирный шрифт, 16 пт, центрированный. Для основного текста: нежирный шрифт, 14 пт, выравнивание по ширине. Во всех случаях тип шрифта – Times New Roman, абзацный отступ 1,25 см, одинарный междустрочный интервал. Поля: левое – 3 см, остальные – 2 см. Рекомендуется для основного текста использовать расстановку переносов. Переносы в заголовках и точки в конце заголовков не допускаются. При оформлении отчёта используется сквозная нумерация страниц, считая титульный лист первой страницей. Номер страницы на титульном листе не ставится. Нумерация осуществляется внизу страницы с центрированием посередине. Содержание отчета оформляется (при необходимости) в виде перечня разделов отчета по лабораторной работе с указанием номера первой страницы каждого раздела. Допускается оформление отчета без использования ПК.

Отчет сдается преподавателю в электронном виде.

Отчет в электронном виде сдается преподавателю одним из следующих способов (по согласованию с преподавателем):

- загружается в систему Moodle;
- отправляется по электронной почте;
- предоставляется на электронном носителе информации;
- иным способом.

Рекомендуемые форматы файла отчета: PDF, DOC, DOCX. Рисунки из отчёта, при необходимости, могут сохраняться отдельными файлами. Рекомендуемые форматы файлов рисунков:– JPG, PNG.

Отчет составляется каждым обучающимся индивидуально. При выполнении лабораторной работы в малых группах, по решению преподавателя, допускается оформление одного отчета на команду, при этом на титульном листе указываются фамилии всех обучающихся, выполнявших лабораторную работу одной группой.

5 семестр

Лабораторная работа №1. Среда моделирования SimInTech в задачах анализа и синтеза систем автоматического управления

Цель работы: получить представление о структуре, функциях и возможностях программной среды SimInTech

- изучение теоретического материала;
- выполнение заданий

Лабораторная работа №2. Математические модели систем управления

Цель работы: получить представление о различных формах математического представления систем автоматического управления

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Лабораторная работа №3. Исследование динамических и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического регулирования

Цель работы: Исследовать типовые звенья систем автоматического управления, получить их характеристики

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Лабораторная работа №4. Исследование устойчивости систем автоматического управления

Цель работы: Исследование систем автоматического управления на устойчивость с применением различных критериев

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

6 семестр

Лабораторная работа №1. Анализ точности систем автоматического управления

Цель работы: Исследование точности систем автоматического регулирования при различных входных воздействиях

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Лабораторная работа №2. Исследования влияния настроечных параметров типовых законов регулирования на переходные процессы в системах автоматического регулирования

Цель работы: изучение влияния настроечных параметров ПИД регулятора на переходные процессы в системах автоматического управления

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Лабораторная работа №3. Расчёт настроечных параметров типовых регуляторов систем автоматического регулирования

Цель работы: изучить методы расчета настроечных параметров типовых регуляторов

изучение теоретического материала;
выполнение заданий

Лабораторная работа №4. Оптимизация настроечных параметров типовых законов регулирования

Цель работы: Провести оптимизацию системы автоматического управления с использованием пакета SimInTech

изучение теоретического материала;

выполнение заданий

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)

Главной целью лабораторных работ по дисциплине является закрепление теоретических навыков

В каждой работе студенту необходимо ознакомиться с теоретическим материалом, разобрать предоставленный пример и самостоятельно произвести решение и задачи с учетом индивидуального варианта.

Подготовка к практическим работам включает в себя: изучение теоретического материала

Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам

Студенты оформляют отчеты по лабораторным работам в соответствии с предъявляемыми требованиями

Подготовка к зачёту

Необходимо иметь собственный конспект лекций, повторить пройденный материал и темы практических работ и ответить на контрольные вопросы/ вопросы экзаменационного билета

Подготовка к экзамену

Необходимо иметь собственный конспект лекций, повторить пройденный материал и темы практических работ и ответить на контрольные вопросы/ вопросы экзаменационного билета.

Проработка отдельных разделов теоретического курса.

Согласно темам раздела(см. п. 4.2) найти информацию в рекомендуемой литературе (пункты 7 и 8).

Написание курсового проекта (работы)

Студенты работают над выполнением курсовой работы в соответствии с индивидуальным заданием

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 5 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос. Задаются вопросы по пройденному материалу

Критерии оценивания.

Оценивается понимание пройденного материала обучающимся

6.1.2 семестр 5 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Устный опрос. Задаются вопросы по пройденному материалу

Критерии оценивания.

Оценивается понимание пройденного материала обучающимся

6.1.3 семестр 6 | Отчет**Описание процедуры.**

Устный опрос. Задаются вопросы по пройденному материалу

Критерии оценивания.

Оценивается понимание пройденного материала обучающимся

6.1.4 семестр 6 | Устный опрос**Описание процедуры.**

Устный опрос. Задаются вопросы по пройденному материалу

Критерии оценивания.

Оценивается понимание пройденного материала обучающимся

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации**

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-1.19	Составляет структуру системы автоматического управления, применяет принципы и законы регулирования, их математическое описание	Решение практических задач, устное собеседование по вопросам
ОПК ОС-1.20	Использует методы оптимального управления, применяет алгоритмические процедуры применения методов оптимального управления	Решение практических задач, устное собеседование по вопросам
ОПК ОС-7.4	Составляет дифференциальное уравнение для заданного объекта, получает передаточную функцию, строит частотные характеристики, составляет описание в терминах пространства состояний. Применяет математические пакеты для анализа и синтеза систем управления	Решение практических задач, устное собеседование по вопросам

ОПК ОС-7.5	Проводит анализ устойчивости систем автоматического управления используя различные методы. Применяет программные средства для анализа систем управления	Решение практических задач, устное собеседование по вопросам
------------	---	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен/дифференцированный зачёт проводится в устной форме по вопросам, в которых содержатся вопросы (задания) по изученным темам курса или в виде тестирования. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.

Пример задания:

-Выбрать правильную последовательность действий при применении критерия Найквиста для оценки устойчивости системы автоматического управления

Получить выражение передаточной функции для разомкнутой системы автоматического управления

В выражении передаточной функции произвести замену аргумента p на $j\omega$, выделить действительную и мнимую части

Построить АФЧХ разомкнутой системы в соответствии с полученным выражением

Оценить прохождение АФЧХ на комплексной плоскости и сделать вывод об устойчивости замкнутой системы автоматического управления

Выбрать правильную последовательность действий при моделировании систем автоматического регулирования (САР) в среде SimInTech

С использованием блоков составить структурную схему моделирования САР

Настроить блоки в соответствии с параметрами САР, а так же настроить параметры моделирования

Произвести моделирование САР

При необходимости уточнить параметры моделирования

Определитель, составляемый на основе характеристического уравнения замкнутой системы для анализа системы автоматического регулирования на устойчивость, называется определитель

Гурвица

Если АФЧХ разомкнутой системы не охватывает точку $(-1;0)$, то в таком случае замкнутая система автоматического регулирования будет являться

Устойчивой

Частотные характеристики систем автоматического управления

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Студент показывает высокий, уровень сформированности и компетенций, если он глубоко и прочно усвоил программный материал курса, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами и вопросами, не затрудняется с ответами при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.	Студент показывает достаточно высокий уровень сформированности и компетенций, твердо знает материал курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	Студент показывает пороговый уровень сформированности компетенций, имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических задач	Студент показывает недостаточное освоения порогового уровня сформированности компетенций, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи или не справляется с ними самостоятельно

6.2.2.2 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Экзамен/дифференцированный зачёт проводится в устной форме по вопросам, в которых содержатся вопросы (задания) по изученным темам курса или в виде тестирования. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.

Пример задания:

24. Классификация систем автоматического регулирования
25. Понятие точности и чувствительности систем автоматического управления. Виды ошибок
26. Типовые звенья систем автоматического управления
27. Критерий устойчивости Михайлова.
28. Критерий устойчивости Найквиста
29. Постановка задач оптимального управления; классификация задач оптимального управления
30. Выделение области устойчивости. D- разбиение.
31. Расчет настроечных параметров ПИД регулятора методом Циглера-Никольса (по незатухающим колебаниям и кривой разгона).

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Студент показывает высокий, уровень сформированности и компетенций, если он глубоко и прочно усвоил программный материал курса, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами и вопросами, не затрудняется с ответами при видоизменении заданий, правильно обосновывает	Студент показывает достаточно высокий уровень сформированности и компетенций, твердо знает материал курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	Студент показывает пороговый уровень сформированности компетенций, имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических задач	Студент показывает недостаточное освоения порогового уровня сформированности компетенций, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи или не справляется с ними самостоятельно

принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.			
--	--	--	--

6.2.2.3 Семестр 6, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.3.1 Описание процедуры

Защита курсовой работы проводится в устной форме.

Преподаватель задает студенту два-три вопроса, по теме работы

6.2.2.3.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Чётко и уверенно формулирует цель и задачу курсовой работы. Правильно объясняет методику математического описания исследуемого объекта и получения диф. уравнения, выбора алгоритма управления и расчёта настроечных параметров. Делает правильную оценку показателей качества регулирования и влияние настроечных параметров на процесс управления	Чётко и уверенно формулирует цель и задачу курсовой работы. Правильно объясняет методику математического описания исследуемого объекта и получения диф. уравнения, выбора алгоритма управления и расчёта настроечных параметров. Затрудняется сделать правильную оценку показателей качества регулирования и влияние настроечных параметров на процесс	Не чётко и не уверенно формулирует цель и задачу курсовой работы. С трудом объясняет методику математического описания исследуемого объекта и получения диф. уравнения, не может правильно выбрать алгоритма управления и рассчитать настроечные параметры АУУ. Делает правильную оценку показателей качества регулирования и влияние настроечных параметров на процесс управления	НЕ чётко и не уверенно формулирует цель и задачу курсовой работы. Не правильно объясняет методику математического описания исследуемого объекта и получения диф. уравнения. Не умеет выбрать алгоритма управления и рассчитать настроечные параметры. Затрудняется дать правильную оценку показателей качества регулирования и влияние настроечных параметров на процесс управления

	управления		
--	------------	--	--

7 Основная учебная литература

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления : [учеб. пособие] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов, 2003. - 747.
2. Ротач В. Я. Теория автоматического управления : учеб. для вузов по специальности "Автоматизация технол. процессов и пр-в (энергетика)" ... / В. Я. Ротач, 2005. - 399.
3. Гайдук А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко, 2019. - 464 с
4. Куропаткин Петр Васильевич. Теория автоматического управления : учеб. пособие для электротехн. спец. вузов / Петр Васильевич Куропаткин; Под ред. Д. В. Васильева, 1973. - 527.
5. Гайдук А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями Matlab : учебное пособие для вузов по спец. "Автоматизация технологических процессов и производств", направл. подготовки "Автоматизированные технологии и производства" / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко, 2011. - 463.
6. Гайдук А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие для вузов по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (энергетика)" (направление подготовки дипломированных специалистов "Автоматизированные технологии и производства") / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко, 2017. - 463.
7. Теория автоматического управления : учеб. для вузов по спец. "Автоматика и телемеханика": В 2ч. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления / Под ред. А. А. Воронова, 1986. - 367.
8. Теория автоматического управления : учеб. для вузов по специальности "Автоматика и телемеханика": в 2 ч. Ч. 2. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления/А. А. Воронов, Д. П. Ким, В. М. Лохин и др. / под ред. А. А. Воронова, 1986. - 504.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Цыпкин Я. З. Основы теории автоматических систем : учеб. пособие / Я. З. Цыпкин, 1977. - 559.
2. Куропаткин. Теория автоматического управления. Ч. 2 : Специальные вопросы теории автоматических систем, 1969. - 283.
3. Куропаткин. Теория автоматического управления : учебное пособие. Ч. 1 : Основы теории линейных автоматических систем, 1967. - 331.
4. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления : учеб. пособие для вузов / В. А. Бесекерский [и др.], 1978. - 510.
5. Ерофеев А. А. Теория автоматического управления : учебник для вузов по направлениям "Автоматизация и управление", "Системный анализ и управление" / А. А. Ерофеев, 2005. - 301.

6. Ким Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для академического бакалавриата вузов по инженерно-техническим направлениям и специальностям / Д. П. Ким, 2016. - 275.

7. Ротац В. Я. Теория автоматического управления : учеб. для вузов / В. Я. Ротац, 2004. - 399.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. SiminTech Academic Classroom

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
2. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
3. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
4. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
5. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
6. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
7. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
8. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
9. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
10. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
11. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
12. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
13. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
14. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП
15. Компьютер Intel i3/Mb ASUS/2Gb/HDD500Gb/GF512/DVDRW/ATX450W/LCD 22/ИБП