Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра систем автоматизации производства

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.37 Теория автоматического управления»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
(код и наименование направления подготовки)

Системы автоматизации технологических процессов и производств
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2024

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.37 Теория автоматического управления*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра систем автоматизации производства
наименование кафедры

протокол № 9 от "20" февраля 2024г.

Заведующий кафедрой
систем автоматизации производства _____ Д.А. Проскурин
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:

доцент _____ М. А. Корнипаев
должность *подпись* *расшифровка подписи*

_____ _____ _____
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств _____ Д.А. Проскурин
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ Н.Н. Бигалиева
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству от Аэрокосмического института
_____ А. М. Черноусова
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Корнипаев М.А., 2024
© ОГУ, 2024

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: овладеть теоретическими и практическими навыками, необходимыми для проектирования и эксплуатации систем управления.

Задачи:

- изучение принципов, законов и алгоритмов автоматического управления;
- освоение теории автоматического управления в целях практического использования при поиске технических решений на этапе проектной и при эксплуатационной деятельности.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.15.2 Математический анализ, Б1.Д.Б.16 Физика, Б1.Д.Б.25 Электротехника и основы электроники*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.31 Диагностика и надежность автоматизированных систем, Б1.Д.Б.34 Элементы и системы гидропневмоавтоматики, Б1.Д.Б.36 Моделирование систем автоматизации, Б1.Д.В.3 Программирование оборудования с числовым программным управлением, Б1.Д.В.6 Проектирование автоматизированных систем, Б2.П.В.П.3 Преддипломная практика*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-12 Способен оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы	ОПК-12-В-2 Составляет аналитическое описание систем автоматического управления, выбирает способ представления модели системы управления, оформляет техническую документацию в виде функциональных и структурных схем ОПК-12-В-3 Представляет результаты моделирования систем автоматического управления во временной и частотной области ОПК-12-В-4 Оформляет результаты моделирования систем автоматического управления	**Знать:** аналитическое описание систем автоматического управления **Уметь:** выбирать способ представления модели системы управления **Владеть:** навыками представления результатов моделирования систем автоматического управления
ОПК-13 Способен применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств	ОПК-13-В-1 Понимает классификацию систем автоматического управления, их стандартные методы расчета, принципы и законы управления ОПК-13-В-2 Анализирует структуру систем автоматического управления, применяет методы структурной и параметрической оптимизации применительно к системам автоматического управления	**Знать:** классификацию систем автоматического управления, их стандартные методы расчета, принципы и законы управления **Уметь:** анализировать структуру систем автоматического управления, применять

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	ОПК-13-В-3 Применяет программные средства моделирования при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств	методы структурной и параметрической оптимизации применительно к системам автоматического управления **Владеть:** программными средствами моделирования систем автоматического управления во временной и частотной области

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	5 семестр	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**72**	**108**	**180**
Контактная работа:	**34,25**	**36,5**	**70,75**
Лекции (Л)	18	18	36
Практические занятия (ПЗ)	16		16
Лабораторные работы (ЛР)		16	16
Консультации		1	1
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
Самостоятельная работа: *- выполнение курсовой работы (КР);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю).*	**37,75**	**71,5** +	**109,25**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Основные понятия теории управления	14	4	2		8
2	Анализ непрерывных линейных систем	14	2	2		10
3	Способы описания и характеристики линейных систем	20	4	6		10
4	Оценка устойчивости и качества регулирования непрерывных линейных систем	24	8	6		10
	Итого:	72	18	16		38

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
5	Импульсные линейные системы	22	4		4	14
6	Нелинейные системы автоматического управления	30	6		4	20
7	Оптимальные системы автоматического управления	28	4		4	20
8	Робастные и адаптивные системы	28	4		4	20
	Итого:	108	18		16	74
	Всего:	180	36	16	16	112

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел №1 Основные понятия теории управления

Понятие об автоматическом регулировании и управлении. Принципы автоматического управления: программный, по возмущению, отклонению, комбинированный. Классификация систем автоматического управления (САУ) по назначению, наличию усилителя, закону регулирования, величине статической ошибки, сигналам управления. Принципиальные и функциональные схемы, применяемые на начальной стадии разработки технической документации САУ.

Раздел №2 Анализ непрерывных линейных систем

Анализ непрерывных линейных САУ. Получение дифференциальных уравнений звеньев, как одного из видов аналитического описания САУ. Уравнения динамики и статистики. Линеаризация уравнений САУ. Преобразование Лапласа, решение дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа. Обратное преобразование Лапласа.

Раздел №3 Способы описания и характеристики линейных систем

Способы описания линейных САУ (уравнения состояния, передаточные функции, структурные схемы). Назначение стандартных воздействий. Определение ступенчатого и импульсного воздействия. Определение переходной и весовой функции. Гармоническое воздействие. Получение амплитудной частотной характеристики (АЧХ) и фазовой частотной характеристики (ФЧХ). Построение амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) в декартовых и полярных координатах. Динамические характеристики элементов и систем управления. Определение динамического звена САУ, классификация звеньев. Типовые динамические звенья; их частотные и временные

характеристики. Исследование характеристик типовых динамических звеньев в программных системах моделирования систем управления.

Раздел №4 Оценка устойчивости и качества регулирования линейных непрерывных систем

Понятие устойчивости, инвариантности. Управляемость и наблюдаемость системы. Оценки качества регулирования и устойчивости. Условие устойчивости по Ляпунову. Отечественный и зарубежный опыт разработки критериев устойчивости линейных САУ. Алгебраические критерии устойчивости Рауса и Гурвица. Недостатки алгебраических критериев. Критерии устойчивости Михайлова. Устойчивость САУ с запаздыванием. Критерий устойчивости Найквиста и определение запаса устойчивости. Показатели качества САУ. Прямые и косвенные методы определения показателей качества. Определение времени регулирования и величины перерегулирования по расположению нулей и полюсов на плоскости корней. Оценка качества регулирования по вещественной частотной характеристике (ВЧХ); интегральная оценка (квадратичная и улучшенная). Минимизация ошибки регулирования по интегральным оценкам. Основные качественные оценки переходного процесса по ВЧХ.

Раздел № 5 Импульсные линейные системы

Классификация дискретных систем управления. Импульсные системы. Виды импульсной модуляции. Математическое описание импульсных систем. Линейные дискретные модели систем управления. Разностные уравнения, дискретное преобразование Лапласа, Z-преобразование. Передаточные функции импульсной системы в форме Z-преобразования. Частотные свойства импульсных сигналов и устройств. Устойчивость импульсных систем. Применение теории импульсных систем к цифровым системам. Дискретное представление типовых законов регулирования. Синтез компьютерных систем управления.

Раздел № 6 Нелинейные системы автоматического управления

Определение нелинейных САУ. Виды нелинейностей. Существенные и несущественные нелинейности. Линеаризация нелинейных моделей «в малом». Статические режимы нелинейных систем. Последовательное, параллельное и соединение в виде обратной связи статических нелинейностей. Особенности проблемы устойчивости для нелинейных САУ. Методы А.М. Ляпунова определения устойчивости. Критерий абсолютной устойчивости нелинейных систем В.М. Попова. Особенности динамики релейных систем автоматического регулирования.

Раздел № 7 Оптимальные системы автоматического управления

Постановка задачи оптимального управления. Классификация задач оптимизации динамических режимов САУ. Решение задач оптимального управления методами классического вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Решение задачи оптимального управления с учетом ограничений. Уравнения Эйлера-Лагранжа. Принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования Беллмана.

Раздел № 8 Робастные и адаптивные системы

Общие понятия теории робастных систем. Принципы построения и классификация адаптивных систем. Системы экстремального управления. Самонастраивающиеся системы.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	5	Исследование дискретной САУ	4

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
2	6	Исследование влияния нелинейностей на работу САУ	4
3	7	Оптимизация САУ с помощью корректирующего устройства	4
4	8	Адаптивное управление	4
		Итого:	16

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Составление функциональной схемы САУ и анализ ее работы	2
2	2	Получение передаточной функции по уравнению переходного процесса	2
3	3	Получение передаточной функции корректирующих звеньев САУ	2
4	3	Преобразование структурной схемы	2
5	3	Изучение характеристик типовых динамических звеньев на лабораторном стенде «ОТАУ-МРЦ»	2
6	4	Определение устойчивости САУ по алгебраическим критериям Гурвица и Рауса	2
7	4	Определение устойчивости САУ по частотным критериям Михайлова и Найквиста	2
8	4	Моделирование линейных систем управления с помощью программного комплекса «SimInTech»	2
		Итого:	16

4.5 Курсовая работа (6 семестр)

Тема работы «Анализ системы автоматического управления, оснащенной ПИД-регулятором». Задание на курсовую работу включает функциональную и структурную схемы системы автоматического управления. Коэффициенты передаточных функций элементов заданы по вариантам. В ходе работы студенты исследуют систему на устойчивость и качество, затем включают в схему ПИД-регулятор и определяют его оптимальные настройки.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1 Евсюков В. Н. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] / Евсюков В. Н. - ГОУ ОГУ, 2011. - Режим доступа : http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/2281_20110909.pdf

2 Евсюков, В. Н. Теория автоматического управления [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Евсюков; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т".- 2-е изд., перераб. и доп. - Оренбург : ИП Осиночкин Я.В., 2012. - 260 с.

3 Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев – Электрон. текстовые дан. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 163 с. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208587.

4 Нос, О. В. Теория автоматического управления: теория управления линейными одноканальными непрерывными системами [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Нос, Л. В. Старостина – Электрон. текстовые дан. – Новосибирск : Новосибирский государственный

технический университет, 2018. – 202 с. – ISBN: 978-5-7782-3536-6. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576431.

5 Цветкова, О. Л. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебник / О. Л. Цветкова. – Электрон. текстовые дан. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 209 с. – ISBN: 978-5-4475-8334-7. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415.

6 Карпов, А. Г. Цифровые системы автоматического регулирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Г. Карпов – Электрон. текстовые дан. – Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : ТУСУР, 2015. – 216 с. – ISBN: 978-5-86889-716-0. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480640

5.2 Дополнительная литература

1 Евсюков, В. Н. Анализ линейных автоматических систем: учеб.-метод. пособие / В. Н. Евсюков; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т".- 3-е изд., перераб. и доп. - Оренбург : ИП Осиночкин Я.В., 2012. - 237 с.

2 Нос, О. В. Теория автоматического управления: теория управления особыми линейными и нелинейными непрерывными системами [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Нос – Электрон. текстовые дан. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 166 с. – ISBN: 978-5-7782-3889-3. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576432.

3 Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебник / Е. Э. Страшинин, А. Д. Заколяпин, С. П. Трофимов, А. А. Юрлова. – Электрон. текстовые дан. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. – 459 с. – ISBN 978-5-7996-2788-1. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=697659.

4 Гайдук, А. Р. Применение программного пакета SimInTech для изучения теории автоматического управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Р. Гайдук, Т. А. Пьявченко – Электрон. текстовые дан. – Таганрог : Южный федеральный университет, 2021. – 133 с. – ISBN: 978-5-9275-3862-1. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=691095.

5.3 Периодические издания

- Автоматизация. Современные технологии : журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2017 – 2019, 2024.

- Автоматизация в промышленности : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2021 – 2024.

5.4 Интернет-ресурсы

https://openedu.ru/course/mephi/mephi_tisau/ - «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Теория и системы автоматического управления»;

https://openedu.ru/course/mephi/automatic/?session=spring_2024 - «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Импульсные системы автоматического управления»;

https://www.edx.org/course/dynamics-and-control-2 - «EdX»; МООК: «Dynamics and Control».

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи MTS Link
4. Яндекс.Браузер - браузер, созданный компанией «Яндекс» на основе движка (бесплатная версия) Режим доступа: https://browser.yandex.ru.
5. Среда динамического моделирования технических систем SimInTech. Доступна после регистрации. Режим доступа: http://simintech.ru/

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, лабораторных работ, курсового проектирования, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется «Лаборатория теории управления и автоматизации производства», оснащенная комплектом лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства» ОАП1-С-Р, лабораторным комплексом «Система автоматического управления - расход» исполнение стендовое, компьютерное САУ-Р-СК, стендом лабораторным «Автоматическое управление расходом, давлением, уровнем жидкости», типовым комплектом учебного оборудования «Основы теории автоматического управления», исполнение моноблочное ручное с осциллографом, «ОТАУ-МРЦ», а так же компьютерный класс оснащенный компьютерами с выходом в интернет и в ЭИОС ОГУ, специализированной мебелью; доской аудиторной; экраном стационарным; проектором стационарным; ноутбуком.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся и выполнения курсовой работы оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.