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 2023

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

Кафедра систем автоматизации производства
*наименование кафедры*

протокол № 8 от "14" февраля 2023 г.

И.о. заведующего кафедрой
Кафедра 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.Проскур
*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., 2023
© ОГУ, 2023

**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<br>ОПК-12-В-3 Представляет результаты моделирования систем автоматического управления во временной и частотной области<br>ОПК-12-В-4 Оформляет результаты моделирования систем автоматического управления | **Знать:**<br>аналитическое описание систем автоматического управления<br>**Уметь:**<br>выбирать способ представления модели системы управления<br>**Владеть:**<br>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<br>ОПК-13-В-2 Анализирует структуру систем автоматического управления, применяет методы структурной и параметрической оптимизации применительно к системам автоматического управления | **Знать:**<br>классификацию систем автоматического управления, их стандартные методы расчета, принципы и законы управления<br>**Уметь:**<br>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<br>**Владеть:**<br>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:**<br>*- выполнение курсовой работы (КР);*<br>*- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;*<br>*- подготовка к лабораторным занятиям;*<br>*- подготовка к практическим занятиям;*<br>*- подготовка к рубежному контролю).* | **37,75** | **71,5**<br>+ | **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 |
| 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.

### 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», 2016 – 2018.
- Автоматика и телемеханика : журнал. - М. : Наука, 2016.

### 5.4 Интернет-ресурсы

https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/LINACS/ - «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Линейные 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 Webinar.ru.

4 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 и практических 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 и практических 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.