

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Направление подготовки/специальность: 27.03.04 Управление в технических  
системах

Направленность/специализация: Информационное и техническое обеспечение  
цифровых систем управления

Квалификация выпускника: бакалавр

**Кострома  
2021**

Рабочая программа дисциплины Теория автоматического управления разработана в соответствии с Федеральным(и) государственным(и) образовательным(и) стандартом(ами) № 871 от 31.07.2020

Разработал: (ФИО), должность, ученая степень, ученое звание

доцент кафедры АМТ КГУ, кандидат технических наук Воронова Л.В.

Рецензенты: (ФИО), должность, организация

доцент кафедры АМТ КГУ, кандидат технических наук Олоничев В.В.

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

Заведующий кафедрой профессор, доктор технических наук Староверов Б.А.:

Протокол заседания кафедры №\_\_9\_\_ от 12.05.2021 г.

ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры Автоматики и микропроцессорной техники:

Протокол заседания кафедры №\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

(ФИО), ученая степень, ученое звание

# 1. Цели и задачи освоения дисциплины

## Цель дисциплины:

- овладение общими принципами построения математических моделей объектов и систем автоматического управления (САУ);
- методами анализа качества и синтеза линейных САУ;
- изучение особенностей нелинейных процессов и объектов автоматизации и управления;
- освоение методов анализа и синтеза нелинейных САУ;
- освоение методов синтеза оптимальных систем автоматизации и управления.

## Задачи дисциплины:

- обеспечить подготовку студентов в области теории автоматического управления для управления техническими системами;
- научить студентов решать задачи, возникающие в процессе проектирования, анализа и синтеза систем автоматизации с применением информационного и аппаратно-программного обеспечения и пакетов прикладных программ;
- ознакомить студентов с принципами построения САУ техническими системами и навыками эксплуатационного обслуживания.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен освоить компетенции:  
ОПК-3

### Код и содержание индикаторов компетенции ОПК-3:

Способность использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности

#### знать:

- основные понятия и определения теории автоматического управления и принципы построения контуров автоматического управления;
- получение передаточных функций объектов управления и правила структурных преобразований функциональных схем САУ;
- критерии оценки устойчивости и методы получения статической точности;
- типовые линейные регуляторы и методики их настройки;
- принципы функционирования и методы получения математических моделей нелинейных процессов и объектов автоматизации и управления;
- точные и приближенные методы расчета нелинейных систем управления;
- основы синтеза оптимальных систем автоматизации и управления.

#### уметь:

- представлять в различных формах математические модели линейных и нелинейных процессов и объектов автоматизации и управления;
- рассчитывать точность и устойчивость линейных и нелинейных систем управления;
- синтезировать оптимальные законы управления техническими системами;
- применять изучаемые методики оценки качества работы замкнутых систем автоматического управления, решать типовые задачи синтеза САУ;
- использовать в профессиональной деятельности различные виды математических пакетов прикладных программ.

#### владеть:

- навыками практического использования результатов математического моделирования.

- навыками получения математических моделей линейных и нелинейных объектов управления;
- аналитическими методами анализа и синтеза линейных и нелинейных систем и с использованием вычислительной техники;
- основными методами синтеза оптимальных законов управления процессами и объектами автоматизации;
- способностью анализировать и выбирать оптимальные алгоритмы решения задач параметрического и структурного синтеза;
- вычислительной техникой для расчетов линейных, нелинейных и оптимальных процессов управления техническими системами.

#### **Индикаторы освоения компетенций:**

ИОПК3.1. Знает основные понятия и определения теории автоматического управления, принципы построения контуров управления автоматическими и автоматизированными системами, правила структурных преобразований функциональных схем САУ, виды соединений звеньев, критерии оценки устойчивости, математические методы получения моделей объектов управления и других элементов САУ, типовые линейные регуляторы и методики их настройки, особенности анализа и синтеза нелинейных и оптимальных законов управления;

ИОПК3.2 . Умеет применять изучаемые методики оценки качества работы замкнутых систем автоматического управления, решать типовые задачи, использовать в профессиональной деятельности различные виды математических пакетов прикладных программ.

ИОПК3.3. Владеет способностью анализировать и выбирать оптимальные алгоритмы решения задач параметрического и структурного синтеза, навыками практического использования результатов математического моделирования.

### **3. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Дисциплина относится к Блоку 1 обязательной части учебного плана. Изучается в 4-5 семестре(ах) обучения.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах/практиках: основы алгоритмизации, информационно-коммуникационные технологии, математика, прикладное программирование.

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин: программирование на языке Python для систем управления, средства и методы управления в робототехнических системах, средства автоматизации управления, управляющие системы реального времени, научно-исследовательская работа, выпускная квалификационная работа.

### **4. Объем дисциплины**

#### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма	Очно-заочная	Заочная
<b>4 семестр</b>			
Общая трудоемкость в зачетных единицах	4		
Общая трудоемкость в часах	144		
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	–		
Лекции	34		
Практические занятия	–		
Лабораторные занятия	34		
Практическая подготовка			
Самостоятельная работа в часах	71,75		
Форма промежуточной аттестации	зачет		
<b>5 семестр</b>			
Общая трудоемкость в зачетных единицах	4		
Общая трудоемкость в часах	144		
Аудиторные занятия в часах, в том числе:			
Лекции	18		
Практические занятия	36		
Лабораторные занятия			
Практическая подготовка			
Самостоятельная работа в часах	51,65		
Форма промежуточной аттестации	Экзамен		

#### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма	Очно-заочная	Заочная
<b>4 семестр</b>			
Лекции	17		
Практические занятия			
Лабораторные занятия	17		
Консультации			
Зачет/зачеты	4,25		
Экзамен/экзамены			
Курсовые работы			
Курсовые проекты	34		
Практическая подготовка			
<b>Всего</b>	<b>72,25</b>		
<b>5 семестр</b>			
Лекции	18		
Практические занятия			
Лабораторные занятия	36		
Консультации			
Зачет/зачеты			
Экзамен/экзамены	2,25		
Курсовые работы			
Курсовые проекты			

Практическая подготовка			
<b>Всего</b>	56,25		

## 5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
4 семестр						
1	Введение. Основные определения и термины ТАУ.	6	2			4
2	Математическое описание элементов СУ.	10	4			6
3	Структурная схема СУ. Правила структурных преобразований СУ.	10	4		0	6
4	Понятие о точности управления в установившемся режиме.	16	2		6	8
5	Устойчивость САУ	15	4		5	6
6	Оценка качества процесса регулирования и управления	15	4		5	6
7	Синтез САУ с заданными свойствами	18	6		6	6
8	Особенности нелинейных САУ и методы исследования их устойчивости	6	2			4
9	Исследование нелинейных систем на фазовой плоскости	18	4		6	8
10	Исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации	18,	4		6	8
11	ИКР	18		4,25		13,75
	<b>Всего</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>4,25</b>	<b>34</b>	<b>71,75</b>
5 семестр						
12	Определение оптимального управления, критерии оптимальности	16	2		8	8
13	Применение вариационного исчисления для решения задач оптимального управления	18	4		8	10
14	Применение принципа максимума и динамического	26	6		10	12

	программирования для решения задач оптимального управления					
15	Синтез оптимальных законов управления	22	6		10	12
	Всего	144	18		36	72

## 5.2. Содержание: 4 семестр

### **Раздел 1. Введение. Основные определения и термины ТАУ.**

Основные термины и определения. Основные задачи ТАУ. Принципы построения СУ. Классификации СУ.

### **Раздел 2. Математическое описание элементов СУ.**

Понятие о звене СУ и его статической характеристике. Описание объектов управления. Модели «вход-выход». Понятие передаточной функции. Частотные характеристики объектов управления. Типовые динамические звенья и их свойства.

### **Раздел 3. Структурная схема СУ. Правила структурных преобразований СУ.**

Параллельное, последовательное и встречно-параллельное соединение звеньев. Перенос сумматора через звено. Понятия местной и главной обратной связи.

### **Раздел 4. Понятие о точности управления в установившемся режиме.**

Разомкнутые статические САУ. Замкнутые статические и астатические САУ. Следящие астатические САУ.

### **Раздел 5. Устойчивость САУ**

Понятие устойчивости: математическое и физическое. Алгебраические критерии устойчивости Рауса, Гурвица. Принцип аргумента, частотные критерии устойчивости Михайлова, Найквиста.

### **Раздел 6. Оценка качества процесса регулирования и управления**

Критерии качества процессов регулирования: временные, частотные, корневые, интегральные. Методы задания статических и динамических свойств СУ: типовыми переходными процессами, типовыми передаточными функциями, частотными характеристиками, интегральными критериями.

### **Раздел 7. Синтез САУ с заданными свойствами**

Методы повышения точности СУ. Синтез инвариантных СУ, технические ограничения реализации. Синтез СУ с помощью обратных связей (по желаемой передаточной функции), жесткие и гибкие обратные связи.

## 5 семестр

### **Раздел 8. Особенности нелинейных систему автоматического управления (САУ) и методы исследования устойчивости**

Особенности статических и динамических свойств нелинейных систем. Устойчивость нелинейных САУ. Виды устойчивости нелинейных САУ

Теоремы устойчивости Ляпунова. Критерий устойчивости Попова, условия применимости. Применения критерия Попова к системам с релейными регуляторами типа: идеальное реле, реле с гистерезисом, реле с зоной нечувствительности.

### **Раздел 9. Методы исследования нелинейных систем в пространстве состояний**

Переход от описания объекта управления передаточной функцией к описанию в пространстве состояний. Фазовая плоскость для описания поведения системы управления. Определение переходного процесса по фазовой траектории. Определение переходного процесса и параметров автоколебаний для САУ с релейными регуляторами типа: идеальное реле, реле с гистерезисом, реле с зоной нечувствительности. Получение скользящего режима и его особенности.

### **Раздел 10. Исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации и условия его применения.**

Идея метода гармонической линеаризации, условия его применимости. Определение коэффициентов гармонической линеаризации. Графоаналитический метод определения

параметров автоколебаний с помощью гармонической линеаризации нелинейного регулятора.  
 Определение параметров автоколебаний в САУ с объектом высокого порядка и релейными регуляторами типа: идеальное реле, реле с гистерезисом, реле с зоной нечувствительности.

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
<b>4 семестр</b>					
1	Введение. Основные определения и термины ТАУ.	Изучение лекционного материала.		4 Изучение лекционного материала: – Внимательно изучите слайды просмотрите слайды презентации лекции – Уточните в справочной литературе непонятные термины – Кратко сформулируйте основные положения, отметьте аргументацию автора – Примените обозначенные методы к своим программным разработкам	Контрольные тестовые задания
2	Математическое описание элементов СУ.	Изучение лекционного материала.	6	Выполнение заданий для самостоятельной работы по заданной теме: - прорешайте задачи к контрольной работе: 1. Вывод передаточной функции четырехполосника 2. ПФ типовых динамических звеньев 3. Структурные преобразования - результаты проверьте и проанализируйте [1][2] - оформите отчет по лабораторной работе, ответьте на вопросы	Контрольная работа 1
3	Структурная схема СУ. Правила структурных преобразований СУ.	Решение практических задач	6	Пункт 3-4 КП, оформить ПЗ	Контроль выполнения отчета осуществляется индивидуально или групповой беседой по



					ключевым моментам работы
4	Понятие о точности управления в установившемся режиме.	Оформление отчетов по лабораторной работе Расчет коэффициента УУ К1 в КП	8	Оформить лабораторную работу в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии [2] - Представить отчет по лабораторной работе к установленному сроку [1] [2] Пункт 5 КП	Контрольная работа 2
5	Устойчивость САУ	Анализ устойчивости исходной системы по ЛАЧХ и ЛФЧХ	6	Оформить лабораторную работу в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии [2] - Представить отчет по лабораторной работе к установленному сроку [1] [2] Оформить 6 пункт ПЗ КП	Контрольная работа 2
6	Оценка качества процесса регулирования и управления	Оформление отчетов по лабораторной работе Расчет показателей качества регулирования в КП по варианту	6	Оформить лабораторную работу в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии [2] - Представить отчет по лабораторной работе к установленному сроку [1] [2] Оформить 8-9 пункт КП в пояснительной записке	8-9 пункт курсового проекта
7	Синтез САУ с заданными свойствами	Изучение материалов лекции Решение задач	6	Изучение лекционного материала: – Внимательно изучите слайды презентации лекции или файл лекции на кафедральном внутреннем сервере – Уточните в справочной литературе непонятные термины – Выделите главное, составьте план. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора[3]	7 пункт курсового проекта
8	Особенности нелинейных САУ и методы исследования их	Изучение материалов лекции	4	Изучение лекционного материала: – Внимательно изучите слайды просмотрите	Контрольные тестовые задания

	устойчивости			<p>слайды презентации лекции</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Уточните в справочной литературе непонятные термины</li> <li>– Кратко сформулируйте основные положения, отметьте аргументацию автора</li> <li>– Примените обозначенные методы к своим программным разработкам</li> </ul>	
9	Исследование нелинейных систем на фазовой плоскости	Оформление отчетов по лабораторной работе Расчет показателей качества при релейном регулировании методом фазовой плоскости	8	Оформить лабораторную работу в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии. - Представить отчет по лабораторной работе к установленному сроку. Провести расчет автоколебаний в соответствии с заданием	Отчет по лабораторной работе. Контрольные тестовые задания
10	Исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации	Оформление отчетов по лабораторной работе Расчет показателей качества при релейном регулировании методом гармонической линеаризации	8	Оформить лабораторную работу в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии. - Представить отчет по лабораторной работе к установленному сроку. Провести расчет автоколебаний в соответствии с заданием	Отчет по лабораторной работе. Контрольные тестовые задания
12	Определение оптимального управления, критерии оптимальности	Изучение материалов лекции	8	Изучение лекционного материала: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Внимательно изучите слайды просмотрите слайды презентации лекции</li> <li>– Уточните в справочной литературе непонятные термины</li> <li>– Кратко сформулируйте основные положения, отметьте аргументацию автора</li> <li>– Примените обозначенные методы к своим программным разработкам</li> </ul>	Контрольные тестовые задания
13	Применение вариационного исчисления для решения задач	Решение практических задач	10	Изучение лекционного материала: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Внимательно изучите слайды просмотрите</li> </ul>	Контрольные тестовые задания

	оптимального управления			<p>слайды презентации лекции</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Уточните в справочной литературе непонятные термины</li> <li>– Кратко сформулируйте основные положения, отметьте аргументацию автора</li> </ul> <p>Примените обозначенные методы к своим программным разработкам</p>	
14	Применение принципа максимума и динамического программирования для решения задач оптимального управления	Оформление отчетов по лабораторным работам Расчет параметров оптимальных регуляторов	12	<p>Оформить лабораторные работы в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии.</p> <p>- Представить отчет по лабораторной работе к установленному сроку.</p> <p>Провести синтез оптимального регулятора методами принципа максимума и динамического программирования</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные тестовые задания</p>
15	Синтез оптимальных законов управления	Оформление отчетов по лабораторным работам Аналитическое конструирование регуляторов	12	<p>Оформить лабораторные работы в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии.</p> <p>- Представить отчет по лабораторной работе к установленному сроку.</p> <p>Провести аналитическое конструирование оптимального регулятора</p>	<p>Отчет по лабораторной работе.</p> <p>Контрольные тестовые задания</p>

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

## 6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

**Лабораторная работа 1.** Исследование типовых динамических звеньев. Методические указания [1].

**Лабораторные работы 2.** Исследование точности в установившемся режиме. Методические указания [2].

**Лабораторная работа 3.** Исследование устойчивости систем автоматического регулирования. Методические указания [3].

**Лабораторная работа 4.** Исследование работы типовых линейных регуляторов. Методические указания [4].

**Лабораторная работа 5.** Исследование линейных и нелинейных систем методом фазовой плоскости [5]. Методические указания [5].

**Лабораторная работа 6.** Исследование устойчивости нелинейных систем методом гармонической линеаризации [6]. Методические указания [6].

**Лабораторная работа 7.** Оптимальная система управления двухпозиционным электроприводом [7]. Методические указания [7].

#### **6.4. Методические рекомендации для выполнения курсовых работ (проектов)**

Курсовой проект по теории автоматического управления – это самостоятельная учебная работа, выполняемая в течение семестра изучения самой дисциплины. Курсовой проект готовит к будущей профессиональной деятельности, дает навыки для решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий. При решении задач профессиональной деятельности развивает способности анализировать исходное качество и синтезировать корректирующие устройства в соответствии с требованиями технического задания.

Курсовой проект состоит из содержательной части, пояснительной записки и презентации работы. Он позволяет закрепить теоретические и практические знания студентов, формировать у них умение применять знания при решении прикладных задач, подготавливает к выполнению выпускной квалификационной работы и к самостоятельной работе по избранной специальности, способствует развитию творческих способностей.

Варианты курсового проекта по ТАУ по содержательной части подразделяются на:

- практико-ориентированный проект, который нацелен на решение задач, связанных с дальнейшей производственной деятельностью;
- исследовательский проект, включающий научное исследование;
- информационный проект - направлен на сбор информации о каком-либо объекте или явлении с целью анализа, обобщения и представления информации для аудитории;
- творческий проект - предполагает максимально свободный и нетрадиционный подход к его выполнению и презентации результатов.

Методические указания по выполнению курсовых проектов [5].

Пример вариантов заданий к курсовому проекту приведен в ФОС дисциплины.

### **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

*а) основная:*

1. Гайдук А.Р., Беляев В.Е., Пьявченко Т.А Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: учеб. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Изд-во: Лань, 2017. — 464 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90161>.
2. Ощепков А.Ю. Системы автоматического управления: применение, моделирование в MATLAB [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Изд-во : Лань, 2013. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5848>.

*б) дополнительная:*

3. Теория автоматического управления : учебное пособие/Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев — [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Изд-во: Лань, 2016. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71753>.

4. Теория автоматического управления: задачи и решения: учебное пособие/Л.Д. Певзнер, – [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Изд-во: Лань, 2016. — 604 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/755161>.

*в) методические указания*

1. Федюкин В.М., Староверов Б.А. Исследование типовых динамических звеньев / [Электронный ресурс]: Аннотированный каталог СПО в КГТУ: Кострома, — КГТУ, — РИО, 1998. — Режим доступа: <http://ksu.edu.ru/nauchnaya-biblioteka.html>
2. Федюкин В.М., Староверов Б.А. Исследование точности в установившемся режиме / [Электронный ресурс]: Аннотированный каталог СПО в КГТУ: Кострома, — КГТУ, — РИО, 1998. — Режим доступа: <http://ksu.edu.ru/nauchnaya-biblioteka.html>
3. Федюкин В.М., Староверов Б.А. Исследование устойчивости систем автоматического регулирования / [Электронный ресурс]: Аннотированный каталог СПО в КГТУ: Кострома, — КГТУ, — РИО, 1998. — Режим доступа: <http://ksu.edu.ru/nauchnaya-biblioteka.html>
4. Федюкин В.М., Староверов Б.А. Исследование работы типовых линейных регуляторов / [Электронный ресурс]: Аннотированный каталог СПО в КГТУ: Кострома, — КГТУ, — РИО, 1998. — Режим доступа: <http://ksu.edu.ru/nauchnaya-biblioteka.html>
5. Воронова Л.В., Федюкин В.М. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА Анализ и синтез линейных систем автоматического регулирования / [Электронный ресурс] : Аннотированный каталог СПО в КГТУ: Кострома, — КГТУ, — РИО, 2010. — Режим доступа: <http://ksu.edu.ru/nauchnaya-biblioteka.html>.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

*Информационно-образовательные ресурсы:*

1. Федеральний портал «Российское образование»;
  2. Официальный сайт министерства образования и науки Российской Федерации
- Электронные библиотечные системы:
1. ЭБС Университетская библиотека онлайн - <http://biblioclub.ru>
  2. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com>
  3. ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com>

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Лекционная аудитория должна быть оснащена презентационным оборудованием (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, программа для создания и проведения презентаций).

Компьютерный класс:

Процессор

Pentium 4, 1 ГГц и выше.

Операционная система

Windows XP или более поздняя версия.

Память 1 ГБ ОЗУ

Дисковое пространство 40 ГБ

Монитор Super VGA (800 × 600) или более высокое разрешение с 256 цветами.

Программное обеспечение:

- MS Office
- SMath Studio (MathCad 15 при наличии лицензии)
- Scilab 2.7 ( MATLAB при наличии лицензии)
- WinMikal (разработанное в университете ПО, не требующее лицензии)