

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: Воронова Лариса Викторовна, доцент кафедры АМТ КГУ, к.т.н.

Рецензенты: Олоничев Василий Вадимович, доцент кафедры АМТ КГУ, к.т.н.

**ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:**

Заведующий кафедрой профессор,

доктор технических наук Староверов Борис Александрович

Протокол заседания кафедры № 9 от 12.05.2021 г.

**ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:**

На заседании кафедры АМТ

Протокол заседания кафедры № 9 от 09.06.2022 г.

Заведующий кафедрой Автоматики и микропроцессорной техники

Староверов Борис Александрович, д.т.н., профессор

**ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:**

На заседании кафедры АМТ

Протокол заседания кафедры № 6 от 21.04.2023 г.

Заведующий кафедрой Автоматики и микропроцессорной техники

Староверов Борис Александрович, д.т.н., профессор

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

Выпускник должен:

### 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.

#### **Код и содержание индикаторов компетенции**

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 .

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
<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	37,65
Форма промежуточной аттестации	экзамен
<b>5 семестр</b>	
Общая трудоемкость в зачетных единицах	6
Общая трудоемкость в часах	216
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	
Лекции	16
Практические занятия	34
Лабораторные занятия	
Практическая подготовка	
Самостоятельная работа в часах	123,65
Форма промежуточной аттестации	Экзамен

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

Виды учебных занятий	Очная форма
<b>4 семестр</b>	
Лекции	34
Практические занятия	
Лабораторные занятия	34
Консультации	2
Зачет/зачеты	
Экзамен/экзамены	0,35
Курсовые работы	
Курсовые проекты	4
Практическая подготовка	
<b>Всего</b>	<b>74,35</b>
<b>5 семестр</b>	
Лекции	16
Практические занятия	
Лабораторные занятия	34
Консультации	2
Зачет/зачеты	
Экзамен/экзамены	0,35
Курсовые работы	
Курсовые проекты	4

Практическая подготовка	
<b>Всего</b>	<b>56,35</b>

## 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.	5	2	-	-	3
2	Математическое описание элементов СУ.	7	4	-	-	3
3	Структурная схема СУ. Правила структурных преобразований СУ.	7	4	-	-	3
4	Понятие о точности управления в установившемся режиме.	12	2	-	6	4
5	Устойчивость САУ	13	4	-	5	4
6	Оценка качества процесса регулирования и управления	13	4	-	5	4
7	Синтез САУ с заданными свойствами	16	6	-	6	4
8	Особенности нелинейных САУ и методы исследования их устойчивости	6	2	-	-	4
9	Исследование нелинейных систем на фазовой плоскости	14	4	-	6	4
10	Исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации	18,	4	-	6	4,65
11	ИКР	2,35				
	<b>Всего</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>4,25</b>	<b>34</b>	<b>37,65</b>
5 семестр						
12	Определение оптимального управления, критерии оптимальности	16	2		8	30
13	Применение вариационного исчисления для решения задач оптимального управления	18	4		8	30
14	Применение принципа максимума и динамического	26	6		10	30

	программирования для решения задач оптимального управления					
15	Синтез оптимальных законов управления	22	6		10	33,65
	ИКР	6,35				
	Всего	216	18		36	123,65

## 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 систем 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.	3	Выполнение заданий для самостоятельной работы по заданной теме: - прорешайте задачи к контрольной работе: 1. Вывод передаточной функции четырехполюсника 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	3	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	4	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	4	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	4	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	4	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	Изучение материалов лекции	4	Изучение лекционного материала: – Внимательно изучите	Контрольные тестовые задания

	исследования их устойчивости			<p>слайды просмотрите 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	4	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	4,65	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	30	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	Решение практических задач	30	Изучение лекционного материала: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Внимательно изучите</li> </ul>	Контрольные тестовые задания

	решения задач оптимального управления			<p>слайды просмотрите слайды презентации лекции</p> <p>– Уточните в справочной литературе непонятные термины</p> <p>– Кратко сформулируйте основные положения, отметьте аргументацию автора</p> <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	30	<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>	Отчеты по лабораторным работам. Контрольные тестовые задания
15	Синтез оптимальных законов управления	Оформление отчетов по лабораторным работам Аналитическое конструирование регуляторов	33,6 5	<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>	Отчет по лабораторной работе. Контрольные тестовые задания

## 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)