

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## **Автоматизация управления**

Направление подготовки «15.03.04 Автоматизация технологических  
процессов и производств»

Направленность Компьютерные системы управления в производстве и  
бизнесе

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

**Кострома  
2023**

Рабочая программа дисциплины «Автоматизация управления» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом ФГОС №730 от 09.08.2021

Разработал: Староверов Борис Александрович, профессор кафедры АМТ, д.т.н.

Рецензенты: Лариса Викторовна, доцент кафедры АМТ, к.т.н.,

**ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:**

Заведующий кафедрой АМТ:

Староверов Б.А., д.т.н., профессор

Протокол заседания кафедры № 6 от 21.04.2023г.

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель дисциплины:

- овладение общими принципами построения математических моделей нелинейных процессов и объектов автоматизации и управления;
- освоение методов расчета, анализа и синтеза нелинейных систем автоматизации и управления;
- освоение методов синтеза оптимальных систем автоматизации и управления;
- освоение методов расчета, анализа и синтеза систем прямого цифрового управления.

### Задачи дисциплины:

- освоение принципов функционирования и получения математических моделей нелинейных процессов и объектов автоматизации и управления;
- овладение методами точного и приближенного анализа и синтеза нелинейных процессов автоматизации и управления;
- овладение основами синтеза оптимальных систем автоматизации и управления;
- приобретение навыков в проведении расчетов процессов автоматизации при прямом цифровом управлении;
- приобретение навыков в использовании вычислительной техники для теоретических расчетов систем автоматизации и управления при их проектировании.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

освоить компетенции:

ОПК-6. Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий

ОПК-13. Способен применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств

индикаторы компетенций:

ИОПК-6.1 умеет получать информацию на объектах автоматизации и обрабатывать её с применением современных информационных технологий и технических средств;

ИОПК-6.2 решает стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.

ИОПК-13.1 применяет стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств.

Обучающийся должен:

### знать:

- принципы функционирования и методы получения математических моделей нелинейных процессов и объектов автоматизации и управления;
- точные и приближенные методы расчета нелинейных процессов автоматизации и управления;
- основы синтеза оптимальных систем автоматизации и управления;
- методы расчета, анализа и синтеза систем прямого цифрового управления.

### уметь:

- представлять математические модели нелинейных процессов и объектов автоматизации и управления;
- рассчитывать точность и устойчивость нелинейных процессов автоматизации и управления;
- определять оптимальные законы и цифровые алгоритмы управления процессами автоматизации;
- применять вычислительную технику для расчета нелинейных и оптимальных процессов управления техническими системами.

### владеть:

- навыками получения математических моделей нелинейных процессов и объектов

автоматизации и управления;

- аналитическими методами анализа и синтеза нелинейных систем и с использованием вычислительной техники;
- основными методами синтеза оптимальных законов и алгоритмов прямого цифрового управления процессами и объектами автоматизации;
- вычислительной техникой для расчетов нелинейных и оптимальных процессов управления техническими системами.

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к основной вариативной части учебного плана (Б1.В.ОД11.). Изучается в 5 и 6 семестрах обучения. По заочной форме - на 4 курсе.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах: высшая математика, информационные технологии управления, информационнокоммуникационные технологии, физика, теория автоматического управления.

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин/практик: автоматизированные системы управления техническими объектами (междисциплинарный проект), технологические процессы автоматизированных производств, интегрированные системы управления, научно-исследовательская работа, выпускная квалификационная работа.

### 4. Объем дисциплины

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

Виды учебной работы,	Очная форма	Очно-заочная	Заочная
Общая трудоемкость в зачетных единицах	7		7
Общая трудоемкость в часах	252		252
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	144		36
Лекции	72		4
Практические занятия	-		16
Лабораторные занятия	72		16
Самостоятельная работа в часах	108		165
в том числе курсовой проект (работа)			-
Контроль	36		13
Форма промежуточной аттестации	Зачет		
	Экзамен		Зачет Экзамен -

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

Виды учебных занятий	Очная форма Час	Очно-заочная	Заочная Час
Лекции	72	-	8
Практические занятия	-	-	16
Лабораторные занятия	72	-	16
Консультации	4	-	
Зачет/экзамен	0,3	-	03

Экзамен/экзамены	0,35	-	0,35
Курсовые работы	-	-	-
Курсовые проекты		-	-
Всего	148,65	-	40,65

**5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с**

**указанием количества часов и видов занятий**

**5.1 Тематический план учебной дисциплины**

**Очная форма обучения**

№	Название раздела, темы	Всего Час	Аудиторные занятия час			Самостоятельная работа Час
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Особенности нелинейных САУ и методы исследования устойчивости	14	4		4	6
2	Методы исследования нелинейных систем в пространстве состояния	24	6		8	10
3	Исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации и условия его применения.	16	6		4	6
4	Определение оптимального управления, критерии оптимальности	14	4		4	6
5	Применение вариационного исчисления для решения задач оптимального управления	14	4		4	6
6	Применение принципа максимума и динамического программирования для решения задач оптимального управления	24	6		8	10
7	Синтез оптимальных законов управления	16	6		4	6
8	Особенности управления систем автоматического управления с запаздыванием	18	4		4	10
9	Системы прямого цифрового управления их математическое описание	22	8		4	10
10	Методы исследование цифровой САУ	22	6		4	12
11	Синтез цифровых типовых регуляторов	26	6		8	12
12	Синтез непрерывных регуляторов состояний	21	6		8	7
13	Синтез дискретных регуляторов состояний	21	6		8	7
	Всего	252	72		72	108

	Контроль	36				
	ИТОГО	288	72		72	108

### Заочная форма обучения

№	Название раздела, темы	Всего Час	Аудиторные занятия час			Самостоятельная работа Час
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Особенности нелинейных САУ и методы исследования устойчивости	14	1	2		11
2	Методы исследования нелинейных систем в пространстве состояния	24	1	2	2	9
3	Исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации и условия его применения.	16			2	14
4	Определение оптимального управления, критерии оптимальности	14	1	2		11
5	Применение вариационного исчисления для решения задач оптимального управления	14		2		12
6	Применение принципа максимума и динамического программирования для решения задач оптимального управления	24			4	16
7	Синтез оптимальных законов управления	16	1			5
8	Особенности управления систем автоматического управления с запаздыванием	18		2		16
9	Системы прямого цифрового управления их математическое описание	22		2		20
10	Методы исследования цифровой САУ	22		2		20
11	Синтез цифровых типовых регуляторов	26			4	22
12	Синтез непрерывных регуляторов состояний	21		2		19
13	Синтез дискретных регуляторов состояний	21			4	17
	Всего	239	4	16	16	165
	Контроль	13				
	ИТОГО	252				

## 5.2. Содержание

### **Раздел 1. Особенности нелинейные 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 2. 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 3. 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.

### **Раздел 4. Определение оптимального управления, критерии оптимальности**

Оптимальное управление. Исходные данные, необходимые для синтеза оптимального управления. Виды критериев оптимальности и их физический смысл. Прямой метод определения оптимальных коэффициентов регулятора по квадратичному интегральному критерию

### **Раздел 5. Применение вариационного исчисления для решения задач оптимального управления**

Задачи Бернулли. Теорема Эйлера. Уравнение Эйлера - Лагранжа и его применение для синтеза оптимального управления. Представление уравнений Эйлера - Лагранжа в канонической форме. Определение оптимальных законов уравнения для объектов первого и второго порядка методом Эйлера - Лагранжа

### **Раздел 6. Применение принципа максимума и динамического программирования для решения задач оптимального управления**

Принцип максимума Понтрягина. Основные идеи, игольчатая вариация. Технология применения принципа максимума для определения оптимальных законов управления при ограничениях на управляющее воздействие. Определение оптимальных законов уравнения для объектов первого и второго порядка.

Метод динамического программирования. Аналитическая форма. Метод динамического программирования. Алгоритм вычисления оптимальной траектории. Связь между принципом максимума и динамическим программированием. Определение оптимальных законов уравнения для объектов первого и второго порядка.

### **Раздел 7. Синтез оптимальных законов управления**

Синтез программного управления, оптимального по быстродействию. Теорема об «п»-интегралах. Синтез замкнутой САУ, оптимальной по быстродействию и по быстродействию и расходу ресурсов. Упрощённый закон оптимального управления по быстродействию. Аналитическое конструирование регуляторов. Оптимальное управление по расходу энергии. Получение уравнения Риккати. Методика аналитического конструирования оптимальной САУ.

### **Раздел 8. Особенности управления систем автоматического управления (САУ) с**



## запаздыванием

Описание систем с запаздыванием. Определение устойчивости систем с запаздыванием. Приближенная аппроксимация передаточной функции запаздывания. Компенсация запаздывания, регулятор Смита.

## Раздел 9. Системы прямого цифрового управления их математическое описание

Функциональная схема цифровой САУ. Виды квантования. Описание цифровых систем с помощью разностных уравнений. Формирующий элемент нулевого порядка. Дискретное преобразование Лапласа и его свойства. Таблица Z преобразований. Получение импульсных передаточных функций из разностного уравнения

## Раздел 10. Методы исследование цифровой САУ

Методика получения передаточной функции импульсной замкнутой САУ. Определение установившегося значения и ошибки (точности). Условия устойчивости, определение устойчивости методом билинейного преобразования. Построение переходных процессов импульсных САУ. Частотные характеристики импульсных САУ. Теорема Котельникова-Шеннона и ее применение для определения периода квантования.

## Раздел 11. Синтез цифровых типовых регуляторов

Цифровой ПИД - регуляторы их синтез. Синтеза цифровых компенсационных регуляторов. Аperiodический регулятор.

## Раздел 12. Синтез непрерывных регуляторов состояний

Описание объектов управления в непрерывном пространстве состояний. Синтез непрерывных регуляторов состояний. Синтез динамических непрерывных регуляторов состояний.

## Раздел 13. Синтез дискретных регуляторов состояний

Описание объектов управления в дискретном пространстве состояний. Синтез дискретных регуляторов состояний. Синтез динамических дискретных регуляторов состояний. Алгоритм компьютерной реализации дискретного наблюдателя и регулятора состояний

## 6. Методические материалы для обучающихся

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

#### Очная форма . обучения

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Особенности нелинейных САУ и методы исследования устойчивости	Изучение лекционного материала. Оформление отчета по лабораторной работе Решение задач на тему «Виды статических и динамических режимов нелинейных САУ»	6	Изучение лекционного материала: - прочитайте текст. - Уточните непонятные термины. - Ответьте на контрольные вопросы по лекционному материалу, используя рекомендуемую литературу. - Оформить лабораторную работу в соответствии с требованиями, подготовить ответы на вопросы в методическом руководстве к работам	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
2	Методы	Изучение	10	Изучить лекционный	Письменно-

	исследования нелинейных систем в пространстве состояния	лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе Изучение методики исследования типового динамического звена с выводом всех характеристик		материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	устная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
3	Исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации и условия его применения.	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	6	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Контрольная работа, Письменно устные ответы на вопросы
4	Определение оптимального управления, критерии оптимальности	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	6	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
5	Определение оптимального управления, критерии оптимальности	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	6	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
6	Применение принципа максимума и динамического программирования для решения задач оптимального управления	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	10	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
7	Синтез оптимальных законов управления	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	6	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
8	Особенности	Изучение лекционного	10	Изучить лекционный материала	Письменно-

	управления систем автоматического управления с запаздыванием	материала. Оформление отчетов по лабораторной работе		Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	устная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
9	Системы прямого цифрового управления их математическое описание	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	10	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
10	Методы исследование цифровой САУ	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	12	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
11	Синтез цифровых типовых регуляторов	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	12	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
12	Синтез непрерывных регуляторов состояний	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	7	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
13	Синтез дискретных регуляторов состояний	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	7	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
	<b>ИТОГО</b>		<b>108</b>		

**Заочная форма обучения**

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Особенности нелинейных САУ и методы исследования устойчивости	Изучение лекционного материала. Оформление отчета по лабораторной работе Решение задач на тему «Виды статических и динамических режимов нелинейных САУ»	11	Изучение лекционного материала: - прочитайте текст. - Уточните непонятные термины. - Выполнить контрольную работу - Ответьте на контрольные вопросы по изучаемому материалу, используя рекомендуемую литературу.	Разбор контрольной работы, Письменноустные ответы на вопросы
2	Методы исследования нелинейных систем в пространстве состояния	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе Изучение методики исследования типового динамического звена с выводом всех характеристик	9	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
3	Исследование нелинейных систем методом гармонической линеаризации и условия его применения.	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	14	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
4	Определение оптимального управления, критерии оптимальности	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	11	Изучить лекционный материала Выполнить контрольную работу Ответьте на контрольные вопросы по изучаемому материалу, используя рекомендуемую литературу.	Разбор контрольной работы, Письменноустные ответы на вопросы
5	Определение оптимального управления, критерии оптимальности	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	12	Изучить лекционный материала Выполнить контрольную работу Ответьте на контрольные вопросы по изучаемому материалу, используя	Разбор контрольной работы, Письменноустные ответы на вопросы

				рекомендуемую литературу.	
6	Применение принципа максимума и динамического программирования для решения задач оптимального управления	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	16	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
7	Синтез оптимальных законов управления	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	5	Изучить лекционный материала Выполнить контрольную работу Ответьте на контрольные вопросы по изучаемому материалу, используя рекомендуемую литературу.	Разбор контрольной работы, Письменноустные ответы на вопросы
8	Особенности управления систем автоматического управления с запаздыванием	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	16	Изучить лекционный материала Выполнить контрольную работу Ответьте на контрольные вопросы по изучаемому материалу, используя рекомендуемую литературу.	Разбор контрольной работы, Письменноустные ответы на вопросы
9	Системы прямого цифрового управления их математическое описание	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	20	Изучить лекционный материала Выполнить контрольную работу Ответьте на контрольные вопросы по изучаемому материалу, используя рекомендуемую литературу.	Разбор контрольной работы, Письменноустные ответы на вопросы
10	Методы исследование цифровой САУ	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	20	Изучить лекционный материала Выполнить контрольную работу Ответьте на контрольные вопросы по изучаемому материалу, используя рекомендуемую литературу.	Разбор контрольной работы, Письменноустные ответы на вопросы
11	Синтез цифровых типовых	Изучение лекционного материала.	22	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную	Письменноустная защита проведенных

	регуляторов	Оформление отчетов по лабораторной работе		работу Подготовить ответы на вопросы	расчетов и результатов лабораторных работ
12	Синтез непрерывных регуляторов состояний	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	19	Изучить лекционный материала Выполнить контрольную работу Ответьте на контрольные вопросы по изучаемому материалу, используя рекомендуемую литературу.	Разбор контрольной работы, Письменноустные ответы на вопросы
13	Синтез дискретных регуляторов состояний	Изучение лекционного материала. Оформление отчетов по лабораторной работе	17	Изучить лекционный материала Оформить лабораторную работу Подготовить ответы на вопросы	Письменноустная защита проведенных расчетов и результатов лабораторных работ
	<b>ИТОГО</b>		<b>239</b>		

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

**Семинарское занятие 1.** Особенности нелинейных САУ и методы исследования устойчивости.

**Семинарское занятие 2.** Методы исследования нелинейных систем в пространстве состояния.

**Семинарское занятие 3.** Определение оптимального управления, критерии оптимальности. Синтез законов оптимального управления.

**Семинарское занятие 4.** Особенности управления систем автоматического управления с запаздыванием.

**Семинарское занятие 5.** Системы прямого цифрового управления.

**Семинарское занятие 6.** Синтез регуляторов состояний.

## 6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

**Лабораторная работа 1.** Исследование статических и динамических свойств нелинейных САУ.

**Лабораторные работы 2.** Исследование устойчивости нелинейных САУ

**Лабораторная работа 3.** Исследование нелинейных САУ на фазовой плоскости.

**Лабораторная работа 4.** Исследование нелинейных САУ методом гармонической линеаризации.

**Лабораторная работа 5.** Оценка физических параметров переходных процессов, оптимальных по квадратичному интегральному критерию

**Лабораторная работа 6.** Исследование разомкнутых оптимальных систем управления

**Лабораторная работа 7.** Исследование замкнутых оптимальных систем управления

**Лабораторная работа 8.** Исследование устойчивости САУ с запаздыванием

**Лабораторная работа 9.** Исследование регулятора Смита для систем с запаздыванием

**Лабораторная работа 10.** Исследование устойчивости цифровых (импульсных) САУ

- Лабораторная работа 11.** Исследование типовых цифровых регуляторов  
**Лабораторная работа 12.** Исследование цифровых апериодических регуляторов  
**Лабораторная работа 13.** Синтез и исследование статических регуляторов состояния  
**Лабораторная работа 14.** Синтез и исследование динамических регуляторов состояния

## **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://eJanbook.com/book/5848>.

### *б) дополнительная*

3. Методы исследования нелинейных систем автоматического управления: учебное пособие/сост. Л. В. Воронова, Б.А. Староверов - 1-е изд. - Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2010.- 48 с.
4. Староверов Б.А. Цифровые системы автоматического управления техническими объектами: Учебное пособие. - Кострома: Изд-во Костромского государственного технологического ун-та, 2005. - 93 с.
5. 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://eJanbook.com/book/71753>.
6. 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://eJanbook.com/book/755161>.

### *в) методические указания*

7. Староверов, Б. А. Исследование устойчивости импульсных систем регулирования [Электронный ресурс] : метод. указ. к лаб. работе / Б. А. Староверов, М. А. Смирнов. - Кострома : КГТУ, 2013. - 12 с.: табл.
8. Староверов, Б. А. Синтез регуляторов и наблюдателей состояния [Электронный ресурс] : метод. указ. к лаб. раб. ТАУ-16 / Б. А. Староверов, М. А. Смирнов ; сост. Б.А. Староверов, М.А. Смирнов. - Кострома : КГТУ, 2013. - 15 с.: рис.
7. 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>
9. 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>
10. 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>
11. 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>.

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

*Информационно-образовательные ресурсы:*

1. *Федеральный портал «Российское образование»;*
2. *Официальный сайт министерства образования и науки Российской Федерации*

*Электронные библиотечные системы:*

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Университетская библиотека online»
3. ЭБС «Znanium»

**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 x 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)