

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Атомная энергетика»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Цифровые системы автоматического управления»

### **Направления подготовки**

«27.03.04 Управление в технических системах»

### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Управление и информатика в технических системах»

### **Квалификация выпускника**

Бакалавр

### **Форма обучения**

Очная

## **Цель освоения дисциплины**

Подготовка к проектно-конструкторской деятельности, связанной с проектированием цифровых систем автоматического управления на базе микроконтроллерных, микропроцессорных и компьютерных устройств для повышения эффективности производства продукции с оптимальными техническими показателями.

Задачи профессиональной деятельности ООП ВО, к решению которых готовятся студенты в рамках освоения дисциплины:

- участие в расчетах и проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием (Профессиональный стандарт «24.121. Специалист по проектированию автоматизированных систем управления технологическими процессами объектов использования атомной энергии»).

Задачи изучения дисциплины:

- изучение теоретических основ автоматического управления в цифровых системах, методов анализа и синтеза цифровых САУ;
- формирование практических знаний и навыков по построению и исследованию процессов цифровых САУ;
- формирование компетенции у обучающихся согласно ОС НИЯУ МИФИ.

## **Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Для изучения дисциплины «Цифровые системы автоматического управления» студент должен: знать основные законы естественнонаучных дисциплин, современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности, основы алгоритмизации и программирования, уметь применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, владеть методикой поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, методами теории автоматического управления в области исследования линейных систем автоматического управления.

Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины: Моделирование процессов и систем / Основы моделирования систем, Математика, Физика, Математические основы общей теории и конечных автоматов / Математическое описание сигналов и систем, Элементы и устройства автоматики, Метрология и измерительная техника, Теория автоматического управления, Цифровая обработка сигналов, Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления.

Освоение дисциплины «Цифровые системы автоматического управления» в последующем необходимо при изучении дисциплин «Проектирование систем управления и контроля», «Робототехнические системы и комплексы»; при прохождении производственной (технологической) и производственной (преддипломной) практик, а также в рамках Государственной итоговой аттестации.

Обобщенные трудовые функции, которые сможет полностью или частично продемонстрировать студент при освоении данной дисциплины:

- Профессиональный стандарт «24.121. Специалист по проектированию автоматизированных систем управления технологическими процессами объектов использования атомной энергии» А/02.6. Разработка РД АСУ ТП для ОИАЭ.

## **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

общефессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1	Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	З-ОПК-1 Знать: принципы построения систем управления У-ОПК-1 Уметь: анализировать задачи управления в технических системах В-ОПК-1 Владеть: базовыми знаниями о типовых технических средствах автоматики и управления
ОПК-2	Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин (модулей)	З-ОПК-2 Знать: основные принципы и методы построения (формализации) и исследования математических моделей систем управления, их формы представления и преобразования для целей управления У-ОПК-2 Уметь: демонстрировать навыки использования знаний физики и математики для решения задач теоретического и прикладного характера В-ОПК-2 Владеть: аналитическими и числовыми методами для расчета технических параметров систем
ОПК-3	Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	З-ОПК-3 Знать: устройство основных типовых технических средств автоматики и управления, аппаратные и программные средства систем управления У-ОПК-3 Уметь: выполнять проект технического обеспечения систем управления на базе типовых программно-аппаратных комплексов В-ОПК-3 Владеть: Навыками работы с современными аппаратными и программными средствами исследования и проектирования систем управления
ОПК-4	Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	З-ОПК-4 Знать: типовые критерии оценки эффективности как технических систем, так и производственного процесса У-ОПК-4 Уметь: правильно интерпретировать результаты анализа эффективности полученных результатов В-ОПК-4 Владеть: методиками анализа устройств и систем по техническим и экономическим критериям
ОПК-11	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	З-ОПК-11 Знать: принципы работы современных информационных технологий и способы их использования для решения задач профессиональной деятельности У-ОПК-11 Уметь: выбирать современные информационные технологии и использовать их для решения задач профессиональной деятельности В-ОПК-11 Владеть: навыками работы с

		современными информационными технологиями и способами их использования для решения задач профессиональной деятельности
--	--	--

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Участие в расчетах и проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием	Системы и средства автоматизации, управления, контроля, технического диагностирования и информационного обеспечения	ПК-3 Способен осуществлять сбор и анализ данных для расчета, производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления.	З-ПК-3 Знать: принципы работы типовых программно-аппаратных комплексов и устройств У-ПК-3 Уметь: осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации и управления В-ПК-3 Владеть: современными компьютерными средствами автоматизации и управления для проведения проектно-конструкторских изысканий

#### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины реализуются следующие задачи воспитания:

Направление / цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебной дисциплины	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	- формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду <b>(В14)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством	1. Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов

		<p>осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости;</p> <p>- формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.</p>	
--	--	--	--

## Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 7-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 ак. часа.

### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттес та ция раздела (форма)	Макси маль ный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1 раздел. Основные понятия цифровых САУ									
1	1	Функциональная схема цифровой САУ. Динамические характеристики линейных импульсных систем управления.	29	2	4	4	19		
1	2	Экстраполятор нулевого порядка. Свойства дискретных передаточных функций.	25	2	4		19		
1	3	Структурные представления цифровых систем. Устойчивость линейных цифровых систем.	29	2	4	4	19		
1	4	Билинейное преобразование. Преобразование Тастина.	25	2	4		19	Кл1	30 б.
2 раздел. Методы синтеза и реализация цифровых САУ									
2	5	Синтез линейных	29	2	4	4	19		

		цифровых системах.							
2	6	Модальный метод синтеза. Операторная процедура.	25	2	4		19		
2	7	Матричная процедура модального метода синтеза.	29	2	4	4	19		
2	8	Реализация цифровых САУ	25	2	4		19	Кл2	30 б.
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>216</b>	<b>16</b>	<b>32/10</b>	<b>16/6</b>	<b>152</b>	<b>Экзамен</b>	<b>40 б.</b>

Кл- коллоквиум

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Функциональная схема цифровой системы автоматического управления.</b> Понятие цифровых систем управления. Элементы комбинированной системы управления. <b>Динамические характеристики линейных импульсных систем управления (ЛИС).</b> Понятие разностных уравнений. Получение разностных уравнений через переходные функции. Приближенный способ получения разностных уравнений.	2	1-23
<b>Экстраполятор нулевого порядка.</b> Функциональная схема экстраполятора нулевого порядка. Аналитическая модель формирующего фильтра. Вывод передаточной функции формирующего фильтра. Структурная схема экстраполятора нулевого порядка. <b>Метод z-преобразования</b> Свойства дискретных передаточных функций. Свойства дискретных передаточных функций. Коэффициент усиления статического объекта. Переход от передаточной функции к разностному уравнению. Обратное Z-преобразование.	2	1-23
<b>Структурные представления цифровых систем.</b> Правила преобразования структурных схем линейных дискретных систем. Последовательное соединение двух дискретных звеньев. Последовательное соединение двух непрерывных звеньев разделенных экстраполяторами нулевого порядка. Последовательное соединение двух непрерывных звеньев. Устойчивость линейных цифровых систем. Общее условие устойчивости. Геометрическая интерпретация общего условия устойчивости. Критерии: Шура, Шур-Кона.	2	1-23
<b>Билинейное преобразование.</b> Процедура использования билинейного преобразования. Теорема Котельникова-Шеннона. Преобразование Тастина. Порядок проведения преобразований Тастина.	2	1-23
<b>Синтез линейных цифровых систем.</b> Задача синтеза. Управляемость линейных импульсных систем. Управляемость многоканального объекта. Наблюдаемость линейных импульсных систем. Наблюдаемость многоканального объекта.	2	1-23

<b>Модальный метод синтеза. Операторная процедура.</b> Астатическая процедура. Статическая процедура модального метода синтеза. Матричная процедура модального метода синтеза.	2	1-23
<b>Матричная процедура модального метода синтеза.</b> Реализация статики в многоканальной системе. Синтез одноканальных астатических систем с использованием матричной процедуры.	2	1-23
<b>Реализация цифровых САУ.</b> ПЛК и среды их программирования. Устройства ввода-вывода. Интерфейсы. SCADA-системы	2	1-23

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Расчет передаточных функций элементов цифровых систем.</b> Изучение порядка расчета передаточных функций элементов цифровых систем автоматического управления.	4	1-23
<b>Анализ устойчивости цифровых систем автоматического регулирования.</b> Изучение критериев устойчивости, используемых для исследования цифровых систем автоматического управления.	4	24
<b>Расчет показателей качества цифровых систем.</b> Порядок расчета показателей качества цифровых систем автоматического управления. Методы улучшения показателей качества.	4	1-23
<b>Синтез линейных импульсных систем модальным методом.</b> Изучение порядка синтеза цифровых систем автоматического управления модельным методом с использованием математических редакторов.	4	1-23

### Перечень лабораторных работ

Тема лабораторной работы.	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Изучение компонентов лабораторного стенда. Изучение ПЛК 110-220.30. Изучение панели оператора графической СП 304-Б. Изучение модуля ввода-вывода МВ 110-220	4	1-23
Автоматическое регулирование температуры воды	4	1-23
Автоматическое регулирование уровня воды в резервуаре	4	1-23
Автоматическое регулирование давления воды в резервуаре	4	1-23
Автоматическое регулирование расхода воды, поступающей в резервуар	4	1-23

Изучение компонентов лабораторного стенда. Регулятор ТРМ 151 и программа Конфигуратор	4	1-23
Исследование САР температуры печи на базе регулятора серии ТРМ151.	4	1-23
Программное управление САР температуры печи.	4	1-23

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<b>Комбинированное и последовательное управление.</b> Основы теории переключаемых схем. Порядок соединения элементов в функциональных схемах систем автоматического управления.	12	1-23
<b>Аналитические методы построения регуляторов цифровых систем для объектов и внешних воздействий с измеримыми состояниями.</b> Особенности задания матриц описания эталонной модели для дискретных систем. Использование стандартных полиномов для задания желаемых корней (коэффициентов характеристического полинома), обеспечивающих требуемые показатели качества в замкнутых системах.	12	1-23
<b>Аналитические методы построения регуляторов цифровых систем для объектов и внешних воздействий с ограничениями на измеряемые переменные.</b> Устройство оценки полной размерности и способы проектирования. Проектирование динамического регулятора с устройством оценки полной размерности.	12	1-23
<b>Системы пространственного слежения.</b> Модели систем пространственного слежения. Синтез линейных регуляторов для системы пространственного слежения.	12	1-23
<b>Математические модели дискретных объектов и дискретных процессов внешних воздействий.</b> Формы задания уравнений движения дискретного объекта (системы) в виде разностных уравнений.	12	1-23
<b>Устойчивость цифровых (дискретных) систем.</b> Метод Ляпунова для анализа свойства устойчивости дискретных систем. Уравнения Ляпунова для анализа свойства устойчивости линейных дискретных систем. Уравнения Ляпунова как критерии расположения корней замкнутой системы в определенных областях комплексной плоскости внутри (вне) единичного круга с центром в начале координат.	12	1-23
<b>Архитектура автоматизированной системы</b> Простейший вариант АСУ ТП с одним компьютером и одним устройством ввода и вывода. Требования к архитектуре АСУ. Распределенные системы автоматизации. Многоуровневая архитектура	12	1-23
<b>Промышленные сети и интерфейсы</b> Общие сведения о промышленных сетях. Модель OSI.	12	1-23



Интерфейсы RS-485, RS-422 и RS-232. Интерфейс "токовая петля". HART-протокол. CAN.		
<b>Контроллеры для систем автоматизации</b> Программируемые логические контроллеры. Компьютер в системах автоматизации. Устройства ввода-вывода	12	1-23
<b>Общие сведения о программировании ПЛК</b> Структура и состав ПЛК. Интеграция ПЛК в АСУТП. Технология <i>OPC</i> . Основные принципы стандарта МЭК 61131-3. SCADA-пакеты	12	1-23
<b>Комплекс CoDeSys</b> Компоненты организации программ (POU). Типы данных. Переменные. Структура программного обеспечения ПЛК.	16	1-23
<b>Языки МЭК 61131-3</b> Диаграммы SFC. Список инструкций IL. Структурированный текст ST. Релейные диаграммы LD. Функциональные диаграммы FBD.	16	1-23

## Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом

### Курсовая работа

Курсовая работа на темы «Анализ и синтез цифровой системы автоматического управления» выполняется в 7 семестре. Основной целью выполнения курсовой работы является закрепление на практике знаний, полученных студентом при изучении дисциплины, развитие навыков синтеза цифровых систем автоматического управления на конкретных примерах и задачах, проведение расчета характеристик систем и корректирующего устройства.

В процессе выполнения курсовой работы студент должен продемонстрировать способность самостоятельно выполнять типовые задачи анализа и синтеза систем управления, применять различные критерии устойчивости систем, определять показатели качества управления.

#### Варианты тем курсовой работы

1. Цифровая система автоматического регулирования температуры в помещении.
2. Цифровая система автоматического регулирования температуры в печи.
3. Цифровая система автоматического регулирования угловой скорости электропривода постоянного тока.
4. Цифровая система автоматического регулирования температуры теплоносителя зерносушилки.
5. Цифровая система автоматического регулирования частоты синхронного генератора.
6. Цифровая система автоматического регулирования температуры воздуха в теплице.
7. Цифровая система автоматического регулирования температуры воздуха, подаваемого в зерносушилку.
8. Цифровая система автоматического регулирования температуры в атмосфере теплицы.
9. Цифровая система автоматического регулирования давления в ресивере.
10. Цифровая система автоматического регулирования угловой скорости гидротурбины.
11. Цифровая система автоматического регулирования глубины вспашки.
12. Цифровая система автоматического регулирования температуры в камере для инкубации яиц.
13. Цифровая система автоматического управления загрузки зернодробилки.
14. Цифровая система автоматического регулирования уровня в баке.
15. Цифровая система автоматического регулирования расхода в трубопроводе.

### План выполнения курсовой работы.

Неделя	Выполненная работа
1	Техническое задание на курсовую работу.
2	Описание цифровой системы автоматического управления ... (указывается наименование системы согласно полученному варианту). В этой главе описывается принципиальная схема выданной ЦСАУ, на основании чего разрабатывается функциональная схема ЦСАУ.
3-5	Разработка структурной схемы импульсной САУ. Определение периода квантования. Расчет импульсной передаточной функции разомкнутой и замкнутой системы. В главе осуществляется разработка структурной схемы ЦСАУ, проводится выбор периода квантования импульсной САУ, рассчитываются передаточные функции системы в z-форме.
6	Анализ устойчивости ЦСАУ. В данной главе дается определение устойчивости и расчет известными критериями.
7	Анализ качества системы ЦСАУ. Определяются прямые показатели качества по переходному процессу и косвенные показатели.
8,9	Синтез ЦСАУ с заданными показателями.
10,11	Расчет корректирующего устройства ЦСАУ, его техническая реализация в виде программы.
12,13	Анализ скорректированной ЦСАУ. Проводится исследование скорректированной системы с использованием среды моделирования Simintech или математического редактора Mathcad.
14	Заключительная часть курсовой работы представляется выводами, которые в сжатом виде отражают содержание всей работы.
15	Оформление пояснительной записки и графической части
16	Защита курсовой работы

### Шкалы оценивания курсовой работы

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка Курсовой работы (стандартная)	Требования к знаниям
90-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил порядок расчета характеристик цифровых систем автоматического управления, выполнил презентацию, в которой показал глубокие и прочные знания рассчитанных характеристик САУ, пояснительную записку курсовой работы выполнил в соответствии с ЕСКД, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает порядок расчета, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с поставленной задачей, вопросами при защите курсовой работы, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение
70-89	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он правильно провел расчет ЦСАУ, выполнил презентацию, в которой показал знания материала, грамотно и по существу излагает его, пояснительную записку курсовой работы выполнил в соответствии с ЕСКД, не допускал существенных неточностей в ответе на вопросы, правильно применяет теоретические положения при

		решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения
60-69	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он провел расчет ЦСАУ в соответствии с теоретическими знаниями, выполнил презентацию, в которой показал удовлетворительные знания рассчитанных характеристик ЦСАУ; может определить показатели качества системы. При этом не усвоил всех деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала.
менее 60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который представил неверные расчеты характеристик ЦСАУ, не знает порядка определения показателей качества ЦСАУ; не может охарактеризовать элементы САУ; не владеет методикой расчета САУ.

### Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов и моделировании, лабораторных работ на учебном лабораторном стенде. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к изучению дополнительного материала, выполнении домашних заданий и курсовой работе.

### Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (письменно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Основные понятия цифровых САУ	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ОПК-11, У-ОПК-11, В-ОПК-11 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Практическая работа 1 Практическая работа 2 Лабораторная работа 1 Лабораторная работа 2 Лабораторная работа 3 Лабораторная работа 4 Лабораторная работа 5 Коллоквиум 1

			(письменно)
3	Методы синтеза и реализация цифровых САУ	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ОПК-11, У-ОПК-11, В-ОПК-11 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Практическая работа 3 Практическая работа 4 Лабораторная работа 6 Лабораторная работа 7 Лабораторная работа 8 Лабораторная работа 9 Коллоквиум 2 (письменно)
Промежуточная аттестация			
4	Экзамен	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ОПК-11, У-ОПК-11, В-ОПК-11 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3	Вопросы к экзамену (письменно)

Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в письменной форме.

В качестве оценочного средства текущего контроля используются выполнение практических и лабораторных заданий и устный опрос по результатам их выполнения.

В качестве оценочного средства аттестации разделов используются тесты 1, 2 соответственно, а для промежуточной аттестации предусмотрены теоретические вопросы.

По итогам обучения проводится экзамен в письменном виде.

### Вопросы входного контроля

1. Частотные динамические характеристики (передаточная функция, АЧХ, ФЧХ, АФХ, логарифмические характеристики) и способы их построения.
2. Временные динамические характеристики и способы их построения.
3. Типовые звенья САУ: их передаточные функции и ЛАЧХ.
4. Получение передаточной функции разомкнутой и замкнутой системы.
5. Понятие устойчивости. Устойчивость по Ляпунову. Запасы устойчивости.

### Вопросы коллоквиума 1

1. Понятие цифровых систем управления.
2. Понятие разностных уравнений.
3. Получение разностных уравнений через переходные функции.
4. Функциональная схема экстраполятора нулевого порядка.
5. Переход от передаточной функции к разностному уравнению.
6. Прямое и обратное Z-преобразование.
7. Правила преобразования структурных схем линейных дискретных систем.
8. Общее условие устойчивости. Критерии: Шура, Шур-Кона.
9. Билинейное преобразование.
10. Преобразование Тастина.

Студент на коллоквиуме дает ответы на 10 вопросов из приведенного выше перечня. За каждый правильный ответ начисляется 0,5 баллов. Максимально за коллоквиум - 5 баллов.

### Шкала оценивания раздела 1

Текущий контроль успеваемости	Аттестация раздела	Максимальный / минимальный балл для аттестации раздела
Практическая работа 1 - 5 баллов Практическая работа 2 – 5 баллов Лабораторная работа 1 – 3 балла Лабораторная работа 2 – 3 балла Лабораторная работа 3 – 3 балла Лабораторная работа 4 – 3 балла Лабораторная работа 5 – 3 балла	Коллоквиум 1 - 5 б.	30 баллов / 18 баллов

### Вопросы коллоквиума 2

1. Управляемость и наблюдаемость линейных импульсных систем.
2. Структура и состав ПЛК.
3. Основные принципы стандарта МЭК 61131-3.
4. Комплекс CoDeSys. Компоненты организации программ (POU).
5. Языки МЭК 61131-3
6. Диаграммы SFC.
7. Список инструкций IL.
8. Структурированный текст ST.
9. Релейные диаграммы LD.
10. Функциональные диаграммы FBD.

Студент на коллоквиуме дает ответы на 10 вопросов из приведенного выше перечня. За каждый правильный ответ начисляется 0,5 баллов. Максимально за коллоквиум - 5 баллов.

### Шкала оценивания раздела 2

Текущий контроль успеваемости	Аттестация раздела	Максимальный / минимальный балл для аттестации раздела
Практическая работа 3 - 4 балла Практическая работа 4 – 5 баллов Лабораторная работа 6 – 4 балла Лабораторная работа 7 – 4 балла Лабораторная работа 8 – 4 балла Лабораторная работа 9 – 4 балла	Коллоквиум 2 - 5 б.	30 баллов / 18 баллов

### Теоретические вопросы на экзамен

1. Функциональная схема цифровой системы автоматического управления.
2. Основные понятия цифровых систем управления.
3. Элементы комбинированной системы управления.
4. Динамические характеристики линейных импульсных систем управления (ЛИС).
5. Понятие разностных уравнений.
6. Получение разностных уравнений через переходные функции.
7. Приближенный способ получения разностных уравнений.
8. Экстраполятор нулевого порядка. Функциональная схема экстраполятора нулевого порядка.
9. Аналитическая модель формирующего фильтра.
10. Вывод передаточной функции формирующего фильтра.
11. Структурная схема экстраполятора нулевого порядка.
12. Свойства дискретных передаточных функций.

13. Коэффициент усиления статического объекта.
14. Переход от передаточной функции к разностному уравнению.
15. Обратное Z-преобразование.
16. Правила преобразования структурных схем линейных дискретных систем.
17. Последовательное соединение двух дискретных звеньев.
18. Последовательное соединение двух непрерывных звеньев, разделенных экстраполяторами нулевого порядка.
19. Последовательное соединение двух непрерывных звеньев.
20. Устойчивость линейных цифровых систем. Общее условие устойчивости.
21. Геометрическая интерпретация общего условия устойчивости.
22. Критерии: Шура, Шур-Кона.
23. Билинейное преобразование. Процедура использования билинейного преобразования.
24. Теорема Котельникова-Шеннона.
25. Преобразование Тастина. Порядок проведения преобразований Тастина.
26. Синтез линейных цифровых систем. Задача синтеза.
27. Критерии эффективности цифровых САУ
28. Управляемость линейных импульсных систем.
29. Управляемость многоканального объекта.
30. Наблюдаемость линейных импульсных систем.
31. Наблюдаемость многоканального объекта.
32. Модальный метод синтеза. Операторная процедура. Астатическая процедура.
33. Статическая процедура модального метода синтеза.
34. Матричная процедура модального метода синтеза.
35. Реализация статики в многоканальной системе.
36. Синтез одноканальных астатических систем с использованием матричной процедуры.
37. Реализация цифровых САУ.
38. ПЛК и среды их программирования.
39. Языки программирования МЭК.
40. Устройства ввода-вывода.
41. Интерфейсы АСУ ТП.
42. SCADA-системы.

Экзамен проводится в письменной форме, путем ответа на 2 вопроса из вышеприведенного перечня вопросов. При этом оценивается правильность и полнота ответа. Максимальный балл за экзамен – 40 баллов (20 баллов за каждый вопрос).

#### Шкала оценивания экзамена

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Оценка (балл за ответ на экзамене)	Требования к знаниям
90-100	«отлично» 36-40	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он ответил на 95% вопросов экзаменационного билета, в которых показал глубокие и прочные знания по разделам теории цифровых систем автоматического управления. При этом не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы.
70-89	«хорошо» 28-35	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он ответил на 75% вопросов экзаменационного билета, в которых показал глубокие и прочные знания по разделам теории цифровых систем автоматического управления. При этом не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.

60-69	«удовлетворительно» 24-27	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он ответил на 60% вопросов экзаменационного билета, в которых показал глубокие и прочные знания по разделам теории цифровых систем автоматического управления. При этом не усвоил всех деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала.
Менее 60	«неудовлетворительно» менее 30	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который ответил менее 60% вопросов экзаменационного билета, в которых не показал глубокие и прочные знания по разделам теории цифровых систем автоматического управления.

## Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### Основная литература:

1. Федотов, А. В. Компьютерное управление в производственных системах : учебное пособие / А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 620 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/140775>
2. Карпов, А. Г. Цифровые системы автоматического регулирования : учебное пособие / А. Г. Карпов. — Москва : ТУСУР, 2015. — 216 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/110296>.
3. Певзнер, Л. Д. Теория автоматического управления. Задачи и решения : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 604 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/75516>.

### Дополнительная литература:

4. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 220 с.. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145842>
5. Карпов, А. Г. Цифровые системы автоматического регулирования : учебное пособие / А. Г. Карпов. — Москва : ТУСУР, 2015. — 216 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/110296>.
6. Гаврилов, А. Н. Средства и системы управления технологическими процессами : учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 376 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/122190>.
7. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. — 5-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 464 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/125741>
8. Гаштова, М. Е. Теоретические основы контроля и анализа функционирования систем автоматического управления : учебное пособие / М. Е. Гаштова, М. А. Зулькайдарова, Е. И. Мананкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 108 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/139293>
9. Журомский, В. М. Нелинейные системы автоматического управления. Метод гармонического баланса. Инженерно-физические основы : учебное пособие / В. М. Журомский. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. — 56 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75709>
10. Захахатнов, В. Г. Технические средства автоматизации : учебное пособие / В. Г. Захахатнов, В. М. Попов, В. А. Афонькина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 144 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130159>
11. Кудинов, Ю. И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) : учебное пособие / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко. — 3-е изд., стер. —

- Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 312 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/111198>
12. Кудинов, Ю. И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK). Практикум : учебное пособие / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко, А. Ю. Келина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 280 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/133926>.
  13. Малышенко, А. М. Сборник тестовых задач по теории автоматического управления: учебное пособие / А. М. Малышенко, О. С. Вадутов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 368 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72991>
  14. Нос, О. В. Теория автоматического управления. Теория управления линейными одноканальными непрерывными системами : учебное пособие / О. В. Нос, Л. В. Старостина. — Новосибирск : НГТУ, 2018. — 202 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118276>
  15. Нос, О. В. Теория автоматического управления. Теория управления особыми линейными и нелинейными непрерывными системами : учебное пособие / О. В. Нос. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 166 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152232>
  16. Ощепков, А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB : учебное пособие / А. Ю. Ощепков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 208 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104954>
  17. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие / А. А. Первозванский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 624 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/68460>
  18. Смирнов, Ю. А. Управление техническими системами: учебное пособие / Ю. А. Смирнов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 264 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126913>
  19. Хаустов, И. А. Системы управления технологическими процессами : учебное пособие / И. А. Хаустов, Н. В. Суханова. — Воронеж : ВГУИТ, 2018. — 139 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117815>
  20. Мятёж, С. В. Промышленные контроллеры : учебное пособие / С. В. Мятёж. — Новосибирск : НГТУ, 2016. — 160 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118135>.
  21. Музипов, Х. Н. Программно-технические комплексы автоматизированных систем управления : учебное пособие / Х. Н. Музипов. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 164 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108458>.
  22. Интегрированные системы проектирования и управления. SCADA : учебное пособие / Х. Н. Музипов, О. Н. Кузяков, С. А. Хохрин [и др.] ; под редакцией Х. Н. Музипова. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 408 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110934>.

#### Методические указания:

23. Анализ устойчивости цифровой системы [Текст] : метод. указ. к вып. практ. раб. по дисц. "Цифровые системы автоматического управления" для студ. напр. подготовки "Управление в технических системах" всех форм обучения / сост. Фролова М. А. - Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2019. - 20 с.

#### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. «Word».
2. «Mathcad».
3. «SimInTech».
4. «CoDeSys»
5. <http://tau-predmet.narod.ru/> - сайт о ТАУ.
6. [https://help.simintech.ru/#o\\_simintech/o\\_simintech.html](https://help.simintech.ru/#o_simintech/o_simintech.html) - справочная система SimInTech.
7. <http://www.codesys.ru/> - сайт разработчика среды программирования ПЛК CoDeSys
8. <https://owen.ru/> - оборудование для автоматизации.



## **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерами. Для выполнения лабораторных работ используется учебный лабораторный комплекс «Моделирование цифровых систем управления на базе многоканального программного цифрового регулятора, плат удаленного ввода-вывода и ПК».

## **Учебно-методические рекомендации для студентов**

### **1. Указания для прослушивания лекций**

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

### **2. Указания для участия в практических и лабораторных занятиях**

Перед посещением уяснить тему практического или лабораторного занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

### **3. Самостоятельная работа студентов обычно складывается из нескольких составляющих:**

- работа с текстами: учебниками, дополнительной литературой, в том числе материалами интернета, а также проработка конспектов лекций;
- подготовка к практическим, лабораторным занятиям;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к экзамену непосредственно перед ними.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является необходимым компонентом получения полноценного высшего образования.

## **Методические рекомендации для преподавателей**

### **1. Указания для проведения лекций**

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы,

ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

## 2. Указания для проведения практических/лабораторных занятий

Четко обозначить тему практической / лабораторной работы.

Обсудить основные понятия, связанные с темой работы.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов, проконтролировать ход выполнения практической или лабораторной работы.

## 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах

Рабочую программу составил : доцент

Мефедова Ю.А.

Рецензент: доцент

Ефремова Т.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 27.03.04 Управление в технических системах от 15.11.2021 года, протокол №2.

Председатель учебно-методической комиссии

Мефедова Ю.А.