

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования «Казанский национальный исследовательский**  
**технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»**

**Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций**  
**Кафедра Конструирования и технологии производства электронных средств**

## **АННОТАЦИЯ**

к рабочей программе дисциплины  
**«Основы управления техническими системами»**

Индекс по учебному плану: **Б1.Б.22**

Направление подготовки: **11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»**

Квалификация: **бакалавр**

Профили подготовки: **Конструирование радиоэлектронных средств,**  
**Проектирование и технология радиоэлектронных средств**

Виды профессиональной деятельности: **научно-исследовательская,**  
**проектно-конструкторская**

Разработчик: доцент кафедры КиТП ЭС **С.А. Старцев**

Казань 2017 г.

# **РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **1.1. Цель изучения дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Основы управления техническими системами» является формирование у студентов представления об общих методологических основах построения систем управления, приобретение ими базовых знаний теории управления техническими системами и умения применять эти знания при постановке и решении типовых задач автоматизации производственных процессов, проектировании средств управления, при разработке проектной и технической документации, оформлении законченных проектно-конструкторских работ.

## **1.2. Задачи дисциплины**

Задачами изучения дисциплины являются:

- знание базовых положений теории управления техническими системами, принципов автоматического управления, методов анализа систем автоматического управления в установившемся и переходном режимах, основ структурного анализа и моделирования систем, анализа устойчивости и качества управления;
- умение рассчитывать основные параметры и характеристики систем автоматического управления, анализировать их устойчивость, оценивать качество управления, выполнять компьютерное моделирование;
- владение навыками анализа и компьютерного исследования процессов управления в технических системах.

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

Дисциплина «Основы управления техническими системами» относится к базовой части блока Б1 основной образовательной программы подготовки бакалавров направления 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»; изучается в 6-м семестре по очной форме обучения. При изучении дисциплины используются знания, полученные студентами при освоении предшествующих математических, естественнонаучных и профессиональных дисциплин. Полученные при освоении данной дисциплины знания необходимы при изучении последующих дисциплин, связанных с конструированием, проектированием и технологией производства радиоэлектронных средств, при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы и программы магистерской подготовки.

## **1.4. Перечень компетенций, которые должны быть реализованы в ходе освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины должна быть реализована следующая компетенция:

ПК-7 - способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы.

## РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЁ ОСВОЕНИЯ

### 2.1. Структура дисциплины, её трудоёмкость и применяемые образовательные технологии

#### Распределение фонда времени по видам занятий

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах/ интерактивные часы)				Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
<i>Раздел 1. Введение в теорию управления техническими системами. Математическое описание линейных непрерывных систем автоматического управления и их элементов</i>							<i>ФОС ТК-1</i>
Тема 1.1. Основные понятия и определения теории управления. Принципы управления. Классификация систем автоматического управления	16/4	3	4/1	6/3	3	ПК-7З	Вопросы текущего контроля по разделу Защита отчётов о выполнении лабораторных работ Выполнение заданий к практическим занятиям
Тема 1.2. Математическое описание линейных непрерывных систем автоматического управления и их элементов	22/4	3	4/1	6/3	9	ПК-7З, ПК-7У, ПК-7В	
<i>Раздел 2. Основы структурного анализа систем автоматического управления. Типовые динамические звенья линейных систем</i>							<i>ФОС ТК-2</i>
Тема 2.1. Основы структурного анализа систем автоматического управления	17/4	3	4/1	6/3	4	ПК-7З, ПК-7У, ПК-7В	Вопросы текущего контроля по разделу Защита отчёта о выполнении лабораторной работы Выполнение заданий к практическим занятиям
Тема 2.2. Типовые динамические звенья линейных систем автоматического управления	17/3	3	-	6/3	8	ПК-7З, ПК-7У, ПК-7В	
<i>Раздел 3. Анализ динамической устойчивости и качества линейных непрерывных систем автоматического управления</i>							<i>ФОС ТК-3</i>
Тема 3.1. Анализ динамической устойчивости линейных непрерывных систем автоматического управления	21/4	3	6/1	6/3	6	ПК-7З, ПК-7У, ПК-7В	Вопросы текущего контроля по разделу Защита отчёта о выполнении лабораторной работы Выполнение заданий к практическим занятиям
Тема 3.2. Анализ качества процессов в линейных непрерывных системах автоматического управления	15/3	3	-	6/3	6	ПК-7З, ПК-7У, ПК-7В	
Зачёт	-	-	-	-	-	ПК-7З, ПК-7У, ПК-7В	<i>ФОС ПА</i>
<b>ИТОГО</b>	<b>108/22</b>	<b>18</b>	<b>18/4</b>	<b>36/18</b>	<b>36</b>		

## 2.2. Содержание дисциплины

### **Раздел 1. Введение в теорию управления техническими системами. Математическое описание линейных непрерывных систем автоматического управления и их элементов**

**Тема 1.1.** Основные понятия и определения теории управления. Принципы управления. Классификация систем автоматического управления

Введение. Предмет и задачи курса. Краткий исторический обзор и тенденции развития теории и техники автоматического управления. Системы; понятие, свойства, классификация. Принципиальные, функциональные, структурные (алгоритмические) схемы систем. Управление; сущность процесса управления, системы управления. Технические системы как объект управления; управление техническими системами, автоматика и системы автоматического управления. Технологические процессы; рабочие и вспомогательные операции, операции управления. Механизация и автоматизация технологических процессов. Формы автоматизации операций управления. Автоматизированные и автоматические системы управления. Общие понятия теории управления: управление и регулирование, объект управления, управляемые величины, управляющие и возмущающие воздействия, исполнительное устройство, управляющее устройство, сигнал, датчик, обратная связь, сравнивающее устройство. Алгоритмы функционирования и алгоритмы управления в системах управления. Информация и принципы управления; принципы построения систем управления. Принцип разомкнутого цикла; понятие разомкнутой системы, управление по задающему воздействию. Принцип компенсации; управление по возмущению. Принцип обратной связи; понятие замкнутой системы, управление по отклонению. Комбинированный принцип, комбинированные системы управления. Принцип адаптации, адаптивные системы управления: экстремальные (с самонастройкой программы), самонастраивающиеся (с самонастройкой параметров), самоорганизующиеся (с самонастройкой структуры). Основные функциональные элементы автоматических систем управления. Классификация систем автоматического управления; классификация по характеру изменения задающего воздействия (системы стабилизации, системы программного управления, следящие системы), по числу управляемых величин (одномерные и многомерные системы), по виду математического описания (линейные и нелинейные системы; стационарные и нестационарные системы; детерминированные и стохастические системы), по способу передачи и преобразования сигналов (непрерывные и дискретные системы; импульсные, релейные, цифровые системы). Задачи теории автоматического управления (анализ и синтез систем автоматического управления).

**Литература:** [1; с. 4-55], [2; с. 7-42], [3; с. 16-56, 101-143], [4; с. 6-24]

**Тема 1.2.** Математическое описание линейных непрерывных систем автоматического управления и их элементов

Системы и их модели; модели типа «вход-выход». Математические модели элементов и систем автоматического управления. Понятие звена системы; звенья линейные и нелинейные, статические и динамические. Линейные непрерывные стационарные системы автоматического управления; понятие, принцип суперпозиции. Статические и динамические характеристики звеньев систем автоматического управления. Динамическое уравнение звена; порядок составления диффе-

ренциального уравнения динамического звена. Линеаризация статических характеристик и дифференциальных уравнений нелинейных звеньев систем автоматического управления. Гармоническое воздействие; особенности реакции линейного звена на гармоническое воздействие. Типовые импульсные воздействия; единичная ступенчатая функция (функция Хевисайда), единичная импульсная функция (дельта-функция, функция Дирака). Общий вид дифференциального уравнения линейного динамического звена. Классический метод решения обыкновенных линейных дифференциальных уравнений. Преобразование Фурье и его свойства. Преобразование Лапласа; основные свойства, решение обыкновенных линейных дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа. Дробно-рациональные функции комплексного переменного; нули и полюсы дробно-рациональной функции, представления в виде отношения произведений биномов (форма Боде) и суммы простейших дробей (форма Хевисайда), обратное преобразование Лапласа с использованием формул разложения. Символическая (операторная) форма записи дифференциального уравнения линейного динамического звена; собственный оператор, оператор воздействия. Уравнение динамического звена в форме изображений по Лапласу. Стандартные формы записи линейных дифференциальных уравнений в теории автоматического управления. Передаточная функция линейного динамического элемента системы автоматического управления; в символической (операторной) форме, в форме изображений по Лапласу. Временные характеристики линейного динамического звена системы автоматического управления. Переходная функция (разгонная характеристика), импульсная переходная функция (весовая характеристика). Связь переходной и импульсной функций линейного динамического звена. Определение реакции линейного динамического звена на произвольное воздействие с помощью его импульсной (метод интеграла наложения) и переходной (метод интеграла Дюамеля) функций. Связь передаточной функции и временных характеристик линейного динамического звена. Частотные характеристики линейного динамического звена системы автоматического управления. Амплитудно-фазовая, амплитудно-, фазо-, вещественная и мнимая частотные характеристики. Связь между частотными характеристиками линейного динамического звена. Определение амплитудно-фазовой частотной характеристики линейного динамического звена по его передаточной функции и дифференциальному уравнению. Логарифмические частотные характеристики линейного динамического звена системы автоматического управления. Асимптотические логарифмические частотные характеристики линейного динамического звена; правила построения. Понятие о минимально- и неминимально-фазовых динамических звеньях.

**Литература:** [1; с. 56-121], [2; с. 56-117], [4; с. 25-96]

## **Раздел 2. Основы структурного анализа систем автоматического управления. Типовые динамические звенья линейных систем**

**Тема 2.1.** Основы структурного анализа систем автоматического управления

Структурный анализ систем автоматического управления и его задачи. Элементы структурных (алгоритмических) схем систем автоматического управления (звено направленного действия, сумматор, элемент сравнения, узел разветвления). Составление структурной схемы системы автоматического управления по её функциональной схеме. Типовые соединения звеньев структурных схем систем

автоматического управления; передаточные функции последовательного, параллельного, встречно-параллельного соединений линейных звеньев. Построение логарифмических частотных характеристик соединений звеньев. Эквивалентное преобразование структурных схем линейных систем автоматического управления. Правила эквивалентного преобразования соединений линейных структурных звеньев (замены нескольких звеньев при их последовательном, параллельном, встречно-параллельном соединении одним эквивалентным звеном). Правила эквивалентного переноса линейных структурных элементов (перестановка звеньев, перестановка сумматоров, перенос узла через звено, перенос сумматора через звено). Структурные схемы и передаточные функции линейных систем автоматического управления с произвольной структурой; расчёт передаточных функций замкнутых линейных систем автоматического управления (многоконтурных, одноконтурных). Замкнутая одноконтурная линейная система автоматического управления; преобразование структурной схемы замкнутой линейной системы автоматического управления к эквивалентной структурной схеме с единичной обратной связью. Передаточные функции линейных систем автоматического управления по различным путям (между произвольными узлами) структурной схемы. Передаточная функция разомкнутой системы. Передаточные функции относительно управляемой величины и сигнала рассогласования (ошибки) по задающему и возмущающему воздействиям. Направленный (сигнальный) граф линейной системы автоматического управления; понятие и элементы графа, построение графа по структурной схеме системы. Направленные графы и передаточные функции линейных систем автоматического управления; формула Мейсона.

**Литература:** [1; с. 122-187], [2; с. 56-117], [4; с. 33-51]

**Тема 2.2.** Типовые динамические звенья линейных систем автоматического управления

Понятие типового динамического звена; общий вид передаточной функции. Классификация типовых динамических звеньев. Позиционные (статические), интегрирующие (астатиические), дифференцирующие звенья. Простейшие (элементарные) типовые звенья; пропорциональное (безынерционное, идеальное усилительное), идеальное дифференцирующее, идеальное интегрирующее звено. Типовые звенья первого порядка; апериодическое (инерционное), изодромное, инерционно-дифференцирующее, идеальное форсирующее, инерционно-форсирующее (упругое) звено. Типовые звенья второго порядка; апериодическое, колебательное, консервативное звено. Особые типовые звенья. Неминимально-фазовые звенья; неустойчивое апериодическое звено первого порядка, устойчивое неминимально-фазовое звено первого порядка. Иррациональные звенья. Трансцендентные звенья; звено чистого (постоянного, транспортного) запаздывания. Передаточные функции, частотные и временные характеристики, свойства и примеры реализации типовых звеньев. Приближенные динамические модели инерционных статических объектов управления.

**Литература:** [1; с. 188-217], [2; с. 56-117], [4; с. 52-82]

### **Раздел 3. Анализ динамической устойчивости и качества линейных непрерывных систем автоматического управления**

**Тема 3.1.** Анализ динамической устойчивости линейных непрерывных систем автоматического управления

Понятие о динамической устойчивости систем автоматического управления; теория устойчивости Ляпунова. Устойчивость линеаризованных систем автоматического управления. Динамический процесс в системе автоматического управления при возмущающем воздействии; вынужденная (установившаяся) и свободная (переходная) составляющие динамического процесса. Условие устойчивости системы автоматического управления. Связь устойчивости линейной непрерывной системы автоматического управления с видом корней её характеристического уравнения (распределением полюсов системы). Прямой метод анализа устойчивости линейных непрерывных систем автоматического управления (корневой критерий). Устойчивые и неустойчивые линейные звенья. Косвенные методы анализа устойчивости линейных непрерывных систем автоматического управления; критерии (необходимые и достаточные условия) устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости линейных непрерывных систем автоматического управления. Критерий устойчивости о необходимом условии (положительность коэффициентов характеристического уравнения). Критерий устойчивости линейных непрерывных систем автоматического управления Гурвица. Частотные критерии устойчивости линейных непрерывных систем автоматического управления. Принцип аргумента. Критерий устойчивости линейных непрерывных систем автоматического управления Михайлова. Правило перемежаемости корней для определения устойчивости линейных непрерывных систем автоматического управления (критерий Эрмита-Билера). Критерий устойчивости линейных непрерывных замкнутых систем автоматического управления Найквиста (случаи разомкнутой системы устойчивой, неустойчивой, астатической). Анализ устойчивости замкнутой линейной системы с запаздыванием. Анализ устойчивости замкнутой линейной непрерывной системы автоматического управления по логарифмическим частотным характеристикам разомкнутой системы (логарифмический критерий устойчивости). Запасы устойчивости (по амплитуде, по фазе). Правило переходов при определении устойчивости замкнутой линейной непрерывной системы автоматического управления по частотным характеристикам разомкнутой системы. Влияние параметров системы автоматического управления на её устойчивость; области устойчивости. Понятие о структурной и параметрической неустойчивости системы. Построение областей устойчивости методом D-разбиения по параметру.

**Литература:** [1; с. 219-261], [2; с. 143-144, 148-159, 161-168], [4; с. 97-148]

**Тема 3.2.** Анализ качества процессов в линейных непрерывных системах автоматического управления

Понятие о качестве процессов автоматического управления (точность управления, длительность и характер переходных процессов). Качество процесса управления и ошибка системы автоматического управления; установившаяся и переходная составляющие ошибки. Типовые воздействия при исследовании качества работы систем автоматического управления. Точность линейных непрерывных системах автоматического управления в установившемся режиме. Виды установившихся ошибок (статическая и динамическая; по скорости, по ускорению). Методы расчёта установившихся ошибок автоматического управления; ме-

тоды расчёта по уравнениям статики и по теореме операционного исчисления о предельном значении функции (ступенчатое воздействие), метод расчёта по частотным характеристикам (гармоническое воздействие), метод коэффициентов ошибок (произвольное воздействие). Понятие порядка астатизма системы автоматического управления. Показатели качества линейных непрерывных системах автоматического управления в переходном режиме. Прямые методы анализа и показатели качества переходных процессов (монотонный, апериодический, колебательный вид переходной характеристики). Косвенные методы оценки и показатели качества переходных процессов систем автоматического управления. Частотные методы оценки качества переходных процессов систем автоматического управления; оценка по частотным характеристикам замкнутой и разомкнутой системы (частотные показатели качества управления). Корневые методы оценки качества переходных процессов систем автоматического управления (корневые показатели качества управления). Интегральные методы оценки качества переходных процессов систем автоматического управления (интегральные показатели качества управления). Чувствительность автоматических систем; понятие, функции чувствительности.

**Литература:** [1; с. 262-310], [2; с. 144-148, 159-161], [4; с. 149-191]

## **РАЗДЕЛ 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **3.1. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

#### **3.1.1. Основная литература**

1. Малафеев С.И. Основы автоматики и системы автоматического управления: Учебник для студ. вузов / С.И. Малафеев, А.А. Малафеева. - М.: Академия, 2010. – 384с. (140 экз.).

2. Шишмарев В.Ю. Основы автоматического управления: Учеб. пособие для студ. вузов / В.Ю. Шишмарев. – М.: Академия, 2008. – 352 с. (159 экз.).

3. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации: Учебник для студ. вузов / Б.В. Шандров, А.Д. Чудаков. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2010. – 368с.- (40 экз. + 20 экз. 2007г.).

#### **3.1.2. Дополнительная литература**

4. Савин М.М. Теория автоматического управления: Учеб. пособие для студ. вузов / М.М. Савин, В.С. Елсуков, О.Н. Пятина; под ред. В.И. Лачина. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 469с. (56 экз.).

5. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления: Учебник для вузов / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2004. – 752с. (3 экз. + 31 экз. 2003г.).

6. Востриков А.С. Теория автоматического регулирования: Учебное пособие для вузов / А.С. Востриков, Г.А. Французова. – 2-е изд., стер. – М.: Высш. школа, 2006. – 365с. (36 экз.).



7. Солодовников В.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования: Учеб. пособие для вузов / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1985. – 535 с. (62 экз.).
8. Автоматизация технологического оборудования микроэлектроники: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов / А.А. Сазонов, Р.В. Корнилов, Н.П. Кохан и др.; под ред. А.А. Сазонова. – М.: Высш. школа, 1991.- 334с. (19 экз.).
9. Гаркушенко В.И. Нелинейные и дискретные системы автоматического управления: Учеб. пособие / В.И. Гаркушенко – Казань: Изд-во КГТУ, 2000. – 140с. (96 экз.).
10. Дьяконов В.П. Mathcad 11/12/13 в математике: Справочник / В.П. Дьяконов. – М.: Горячая Линия-Телеком, 2007. – 958с. (5 экз.).
11. Дьяконов В.П. Matlab. Анализ, идентификация и моделирование систем: Специальный справочник / В.П. Дьяконов, В.В. Круглов. – СПб.: Питер, 2002. – 448 (5экз.)

### **3.1.3. Методическая литература к выполнению практических и лабораторных работ**

12. Гайдук А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: Учеб. пособие для студ. вузов / А.Р. Гайдук, В.Е. Беляев, Т.А. Пьявченко.- 2-е изд., испр. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. – 464с. (20 экз.)
13. Сафиуллин Н.З. Моделирование стандартных воздействий в САУ. Методические указания к лабораторной работе. - Казань: Издательство КГТУ им. А.Н. Туполева, 2009.
14. Сафиуллин Н.З. Исследование структурных схем систем автоматического управления. Методические указания к лабораторной работе. - Казань: Издательство КГТУ им. А.Н. Туполева, 2009.
15. Сафиуллин Н.З. Исследование динамических характеристик линейных стационарных САУ. Методические указания к лабораторной работе. - Казань: Издательство КГТУ им. А.Н. Туполева, 2008.
16. Сафиуллин Н.З. Исследование устойчивости линейных САУ. Методические указания к лабораторной работе. - Казань: Издательство КГТУ им. А.Н. Туполева, 2008.

## **3.2. Информационное обеспечение дисциплины**

### **3.2.1. Основное информационное обеспечение**

1. Старцев С.А. Основы управления техническими системами [Электронный ресурс]: Курс дистанционного обучения по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»  
ФГОС ВО / КНИТУ-КАИ, 2016. – Доступ по логину и паролю, URL:  
[https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content\\_id=178013\\_1&course\\_id=11579\\_1](https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=178013_1&course_id=11579_1)

### **3.2.2. Дополнительное справочное обеспечение**

2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. URL:  
<http://window.edu.ru/>
3. Научно-техническая библиотека КНИТУ-КАИ. URL:  
<http://library.kai.ru/>
4. Российский архив по системам и управлению (РУСИКОН). URL:  
<http://www.rusycon.ru/win/rasu.html>

### **3.3. Кадровое обеспечение**

#### **3.3.1. Базовое образование**

Преподаватель, ведущий дисциплину, должен иметь высшее образование в предметной области автоматике и систем управления и /или наличие учёной степени и/или учёного звания в указанной области и /или наличие дополнительного профессионального образования – профессиональной переподготовки в области автоматике и систем управления и /или наличие заключения экспертной комиссии о соответствии квалификации преподавателя профилю преподаваемой дисциплины.

#### **3.3.2. Профессионально-предметная квалификация преподавателей**

Наличие у преподавателя, ведущего дисциплину, научных и/или методических работ по организации или методическому обеспечению образовательной деятельности по направлению автоматике и систем управления, выполненных в течение трёх последних лет.

#### **3.3.3. Педагогическая (учебно-методическая) квалификация преподавателей**

К ведению дисциплины допускаются кадры, имеющие стаж научно- педагогической работы (не менее 1года); практический опыт работы в области автоматике и систем управления на должностях руководителей или ведущих специалистов более 3 последних лет.

Обязательное прохождение повышения квалификации (стажировки) не реже чем один раз в три года, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины, либо в области педагогики.