

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по учебно-методической работе  
А.А. Панфилов  
« 04 » \_\_\_\_\_ 2015г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ»**

Направление подготовки 28.03.01 *Нанотехнологии и микросистемная техника*

Профиль подготовки

Уровень высшего образования *бакалавриат*

Форма обучения: *очная*

Семестр	Трудоем- кость зач, ед, час.	Лек- ций, час.	Практик. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
7	3/108	18	36	-	54	зачет
Итого	3/108	18	36	-	54	зачет

Владимир, 2015



## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Основы управления техническими системами» являются ознакомление с основами теории автоматического управления и получение практических навыков использования современных методов анализа и синтеза систем автоматического управления техническими системами.

Студенты должны изучить основные принципы построения систем автоматического управления (САУ), математический аппарат их описания, основные показатели и оценки качества процесса управления, методы анализа синтеза линейных, нелинейных и дискретных систем. Понимать новые направления развития современной теории управления и применять их к решению конкретных задач

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Данная дисциплина относится к базовой части ОПОП (код Б.1.Б.15).

Курс тесно взаимосвязан с другими дисциплинами такими как: «Математика» «Электротехника», «Электроника и микропроцессорная техника».

В ходе учебной практики студенты должны освоить пакет MATLAB.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции: способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** основные положения современной теории управления.

**Уметь:** рассчитывать и проектировать элементы и устройства, основанные на различных физических принципах действия

**Владеть** методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования технических систем.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР
1	Основные понятия и определения теории управления.	7	1	1				2		1/100	
2	Линейные системы управления.	7	2-3	1	2			2		1/33	
3	Математическое описание звеньев и САУ	7	4-5	2	2			5		2/50	
4	Характеристики звеньев и систем	7	6-7	2	4			5		3/50	рейтинг-контроль №1
5	Передаточные функции САУ	7	8-9	2	4			5		3/50	
6	Устойчивость САУ	7	10	2	4			5		3/50	
7	Качество процессов управления	7	11	1	2			2		2/66	
8	Повышение качества систем управления	7	12	1	2			3		1/33	рейтинг-контроль №2
9	Нелинейные системы управления	7	13	1	4			5		3/60	
10	Методы исследования устойчивости и автоколебаний	7	14	1	4			4		2/40	
11	Дискретные системы управления	7	15	1	2			4		2/66	
12	Математическое описание импульсных элементов с амплитудно-импульсной модуляцией	7	16	1	2			4		2/66	
13	Уравнения, передаточные функции и частотные характеристики импульсных систем	7	17	1	2			4		2/66	
14	Методы адаптивного управления	7	18	1	2			4		2/66	рейтинг-контроль №3
<b>Всего</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>			<b>54</b>		<b>29/53%</b>	<b>зачет</b>



## Содержание дисциплины

### Лекции

#### **Тема 1.** «Основные понятия и определения теории управления».

Структура САУ, воздействие на систему. Формулирование цели управления в технических, экономических и социальных системах. Классификация САУ.

#### **Тема 2.** «Линейные системы управления»

Математическое описание САУ. Воздействия на систему и принцип суперпозиции.

Линеаризация уравнений возмущенного движения.

#### **Тема 3.** «Математическое описание звеньев и САУ»

Математические основы теории автоматического управления. Понятие оператора системы. Две формы математического описания звеньев и систем управления: сокращенная запись дифференциального уравнения, передаточные функции. Порядок математического описания.

#### **Тема 4.** «Характеристики звеньев и систем»

Временные характеристики. Единичная функция и дельта функция, определение. Переходная и весовая функции и их определение.

#### **Тема 5.** «Передаточные функции САУ»

Передаточные функции САУ по управляющему и возмущающему воздействиям, по ошибке для разомкнутой и замкнутой систем. Статические и астатические системы, понятие степени астатизма. Законы регулирования. Преобразование структурных схем.

#### **Тема 6** «Устойчивость САУ».

Понятие об устойчивости линейных систем. Основные определения устойчивости.

Алгебраический критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии: Михайлова. Найквиста.

Распространение критерия Найквиста на логарифмические частотные характеристики.

#### **Тема 7** «Качество процессов управления».

Построение кривой переходного процесса. Связь между временными и частотными характеристиками. Корневые методы оценки качества систем управления. Интегральные оценки. Частотные критерии качества. Точность систем управления в типовых режимах, составляющие оценки. Коэффициенты ошибок, способы их определения. Степень астатизма САУ и ее влияние на точность. Чувствительность САУ.

#### **Тема 8** «Повышение качества систем управления»

Повышение качества переходных процессов. Задача синтеза по заданным показателям качества.

Введение последовательных и параллельных корректирующих звеньев и звеньев в цепи обратных связей. Синтез корректирующих устройств по ЛАЧХ. Повышение точности. Теория

инвариантности и комбинированное управление. Синтез систем управления. Методы синтеза: по типовым стандартным уравнениям, корневым методам, по ЛАЧХ. Метод пространства состояний.

#### **Тема 9** «Нелинейные системы»

Определение нелинейных систем. Основные виды нелинейных звеньев САУ и их характеристики.

#### **Тема 10** «Точные методы исследования устойчивости и автоколебаний»

Метод фазовой плоскости. Фазовые траектории обыкновенных линейных систем. Определение особых точек и траекторий, поведение траекторий на плоскости. Фазовые траектории САУ с нелинейными звеньями. Фазовые траектории и метод точечных преобразований. Метод Ляпунова: функции Ляпунова, теоремы об устойчивости, асимптотической устойчивости, устойчивости в целом, неустойчивости. Метод Припасовывания. Частотный метод В.М. Попова.

#### **Тема 11** «Приближенные методы исследования устойчивости и автоколебаний»

Метод гармонической линеаризации. Гармоническая линеаризация нелинейностей. Способы определения автоколебаний. Частотный метод определения автоколебаний. Определение



автоколебаний в замкнутой системе. Исследование колебательных переходных процессов. Описание процесса, способы определения параметров переходного процесса.

**Тема 12 «Дискретные системы управления»**

Основные понятия и определения. Квантование сигнала по времени, уровню и времени и уровню. Модуляция сигналов, виды модуляции. Импульсные элементы и их статические характеристики.

**Тема 13 «Математическое описание импульсных элементов с амплитудно-импульсной модуляцией»**

Решетчатые функции. Разностные уравнения Идеальный импульсный элемент и его характеристики.

**Тема 14 «Уравнения, передаточные функции и частотные характеристики импульсных систем»**

Уравнения и передаточные функции разомкнутых импульсных систем. Свойства передаточных функций. Частотные характеристики разомкнутых импульсных систем. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых импульсных систем с единичной и неединичной обратной связью, с импульсным элементом на выходе, с импульсным элементом в цепи обратной связи.

Устойчивость линейных импульсных систем.

**Тема 15 «Методы адаптивного управления»**

Структуры адаптивных систем управления. Функции качества. Методы поиска экстремума. Критерии и алгоритмы самонастройки. Системы адаптивного управления. Системы экстремального управления и регулирования. Системы с моделью, системы с подстраиваемой моделью. Системы, основанные на методах случайного поиска.

### **Темы практических занятий**

Тема №1. Исследование динамических характеристик типовых звеньев.

Тема № 2. Исследование частотных характеристик САУ.

Тема № 3. Исследование устойчивости линейных САУ.

Тема № 4. Оценка качества переходного процесса САУ.

Тема № 5. Улучшение качества процесса регулирования САУ введением последовательных корректирующих устройств.

Тема № 6. Исследование системы с запаздыванием.

Тема № 7. Исследование динамики нелинейных автоматических систем.

Тема № 8. Исследование динамики релейной системы с гибкой обратной связью.

Тема № 9. Исследование импульсных САУ.

Тема № 10. Исследование системы управления нестационарным объектом.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Изучение дисциплины «**Основы управления техническими системами**» предполагает не только запоминание и понимание, но и анализ, синтез, рефлексию, формирует универсальные умения и навыки, являющиеся основой становления специалиста-профессионала. Однако только средства дисциплины «**Основы управления техническими системами**» недостаточны для формирования ключевых компетенций будущего специалиста.

Для реализации компетентного подхода предлагается интегрировать в учебный процесс интерактивные образовательные технологии, включая информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), при осуществлении различных видов учебной работы:

- учебную дискуссию;
- электронные средства обучения (слайд-лекции, компьютерные тесты);
- дистанционные (сетевые) технологии.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Для оценки текущего контроля успеваемости студентов предусмотрено три рейтинг-контроля, проводимых согласно принятому в университете графику.

Промежуточная аттестация – зачет.

Для *самостоятельной работы* студентам предоставляется электронная версия методических указаний к СРС и список заданий, которые должны быть выполнены.

### ТЕМЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПРОРАБОТКУ

1. Показатели качества переходных режимов САУ.
2. Описание дискретных систем с помощью разностных уравнений.
3. Оптимальные САУ.
4. Методы повышения статической точности САУ.
5. Устойчивые и минимально-фазовые звенья.

### ВОПРОСЫ

к рейтинг-контролю знаний студентов

Рейтинг-контроль №1

1. Построить логарифмические частотные характеристики:

$$H(s) = \frac{100 \cdot s(1 \cdot s + 1)}{(0.02 \cdot s + 1)(0.01 \cdot s^2 + 0.05 \cdot s + 1)}$$

2. Построить логарифмические частотные характеристики:

$$H(s) = \frac{100(0.02 \cdot s + 1)}{s \cdot (0.05 \cdot s + 1)(0.01 \cdot s^2 + 0.2 \cdot s + 1)}$$

3. Построить логарифмические частотные характеристики:

$$H(s) = \frac{100 \cdot (0.05 \cdot s + 1)(0.005 \cdot s + 1)}{s^2 \cdot (0.01 \cdot s^2 + 0.02 \cdot s + 1)}$$

4. Построить логарифмические частотные характеристики:

$$H(s) = \frac{100 \cdot s \cdot (0.001 \cdot s + 1)}{(0.01 \cdot s + 1)(0.05s + 1)(s + 1)}$$

5. Построить логарифмические частотные характеристики:

$$H(s) = \frac{100 \cdot s \cdot (0.001 \cdot s + 1)}{(0.01 \cdot s + 1)(0.25s^2 + 0.6 \cdot s + 1)(s + 1)}$$



6. Построить логарифмические частотные характеристики:

$$H(s) = \frac{50 \cdot (0.001 \cdot s + 1)(0.05 \cdot s + 1)}{s^2 \cdot (0.01 \cdot s + 1)(s + 1)}$$

7. Построить логарифмические частотные характеристики:

$$H(s) = \frac{50 \cdot (0.001 \cdot s + 1)(0.002 \cdot s + 1)}{s \cdot (0.01 \cdot s + 1)(0.04 \cdot s + 1)}$$

8. Построить логарифмические частотные характеристики:

$$H(s) = \frac{50 \cdot (0.005 \cdot s + 1)}{s \cdot (0.01 \cdot s + 1)^2 (0.04 \cdot s + 1)}$$

#### Рейтинг-контроль №2

1. Задана передаточная функция замкнутой системы. Определить, используя критерий устойчивости Гурвица, устойчива система или нет?

$$H(s) = \frac{100}{s^4 + 20s^3 + 10s^2 + 91s + 1}$$

2. Задана передаточная функция замкнутой системы. Определить, используя критерий устойчивости Михайлова, устойчива система или нет?

$$H(s) = \frac{1000}{(25 \cdot s + 1)(0.1 \cdot s + 1)(0.01 \cdot s + 1) + 1000}$$

3. Задана передаточная функция разомкнутой системы. Определить, используя критерий устойчивости Найквиста, устойчива замкнутая система или нет?

$$H(s) = \frac{50}{(25 \cdot s + 1)(0.1 \cdot s + 1)(0.01 \cdot s + 1)}$$

#### Рейтинг-контроль №3

1. Задана передаточная функция замкнутой системы. Определить, используя критерий устойчивости Гурвица, устойчива система или нет?

$$H(s) = \frac{100}{s^4 + 20s^3 + 10s^2 + 91s + 50}$$

2. Задана передаточная функция разомкнутой системы. Определить, используя критерий устойчивости Найквиста, устойчива замкнутая система или нет?

$$H(s) = \frac{1}{(25 \cdot s + 1)(0.1 \cdot s + 1)(0.01 \cdot s + 1)}$$

3. Задана передаточная функция. Определить, тип звена.

$$H(s) = \frac{1}{(0.001 \cdot s^2 + 0.11 \cdot s + 1)}$$

4. Определить значение фазы при  $(\omega \rightarrow 0)$  и  $(\omega \rightarrow \infty)$

$$H(s) = \frac{50 \cdot (0.005 \cdot s + 1)}{s \cdot (0.01 \cdot s + 1)^2 (0.04 \cdot s + 1)}$$

5. Определить значение частоты среза для передаточной функции

$$H(s) = \frac{10}{(0.5 \cdot s + 1)(0.1 \cdot s + 1)}$$

6. По заданной передаточной функции определить из каких типовых звеньев состоит САУ

$$H(s) = \frac{10s(1 + 0.01s)}{0.01s^2 + 0.2s + 1}$$

7. По данной передаточной функции  $H(s) = 8se^{-s0.01}$  качественно изобразить характеристики  $h(t)$ ,  $A(\omega)$ ,  $\varphi(\omega)$

8. По приведенному уравнению составить структурную схему

$$2y''(t) + 4y'(t) + y(t) = x(t)$$

9. Определить диапазон изменения параметра  $K$ , при котором замкнутая единичной обратной связью САУ, устойчива.

$$W_{\text{раз}}(s) = \frac{2s}{s^3 + s^2 + 10s + K}$$

### Вопросы к зачету по курсу «Основы управления техническими системами»

6. Классификация САУ.
7. Линеаризация уравнений САУ.
8. Формы записи дифференциальных уравнений САУ.
9. Характеристики звеньев САУ.
  - а) временные;
  - б) частотные;
10. Аperiodическое звено 1-ого порядка.
11. Аperiodическое звено 2-ого порядка.
12. Колебательное звено.
13. Консервативное звено.
14. Интегрирующие звенья.
15. Дифференцирующие звенья.
16. Звено с постоянным запаздыванием.
17. Устойчивые и минимально-фазовые звенья.
18. Передаточная функция и частотные характеристики последовательно соединенных звеньев.
19. Передаточная функция и частотные характеристики параллельно соединенных звеньев.
20. Периодичная функция и частотные характеристики звена, охваченного ОС.
21. Передаточные функции САУ.
22. Устойчивость линеаризованных САУ.
23. Критерий устойчивости Гурвица.
24. Критерий устойчивости Найквиста.
25. Логарифмический критерий устойчивости Найквиста.
26. Критерий устойчивости Михайлова.
27. Синтез САУ методом ЛАХ.
28. Показатели качества переходных режимов САУ.
29. Методы повышения статической точности САУ.
30. Точные методы исследования нелинейных САУ.
31. Частотный метод определения автоколебаний.
32. Описание дискретных систем с помощью разностных уравнений.
33. Дискретное преобразование Лапласа и его свойства.



34. Применение дискретного преобразования Лапласа и Z-преобразования для анализа импульсных систем.
35. Оптимальные САУ.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### *а) основная литература:*

1. Федотов А.В. Основы теории автоматического управления. — Омск: Омский государственный технический университет, 2012.— 279 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/37832>.— ЭБС «IPRbooks».
2. Рыбак Л.А. Теория автоматического управления. Часть I. Непрерывные системы.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2012.— 121 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28400>.— ЭБС «IPRbooks».
3. Рыбак Л.А. Теория автоматического управления. Часть II. Дискретные системы. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, , 2012.— 65 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28401>.— ЭБС «IPRbooks».

### *б) дополнительная литература:*

1. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Том 1. Линейные системы.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 312 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12967>.— ЭБС «IPRbooks».
2. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами: Учеб. пос. / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин - М.: НИЦ Инфра-М, 2013 - 400 с. ISBN 978-5-16-005162-8.
3. Борисевич, А. В. Теория автоматического управления: элементарное введение с применением MATLAB. - М.: Инфра-М, 2014. - 200 с. - ISBN 978-5-16-101828-6 .
4. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель.— М.: ДМК Пресс, 2014.— 768 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7911>.— ЭБС «IPRbooks»

### *в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:*

пакеты: MATLAB

<http://elibrary.ru>, Научная электронная библиотека;

<http://exponenta.ru>

### *г) периодические издания:*

1. Журнал «Проблемы теории и практики управления». ISBN 0234-4505
2. Журнал «Нанотехнологии: наука и производство» ISBN отсутствует
3. Журнал «Приборостроение и средства автоматизации» ISBN отсутствует
4. Журнал «Мехатроника, автоматизация, управление» ISBN 1684-6427
5. Журнал «Нано- и микросистемная техника». ISBN 5-94836-063-6.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Основы управления техническими системами»

Набор слайдов:

1. Для чтения лекций используется мультимедийное оборудование.
2. Программные пакеты: MATLAB.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»**

Рабочую программу составил



С. И. Лиходеев  
доцент, к.т.н.

Рецензент  
Нач. лаборатории ЗАО «Автоматика плюс»  
к.т.н.



В.М.Дерябин

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры УИТЭС  
« 2 » 04 2015 г., протокол № 3/1

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Б. Градусов



Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления **28.03.01**  
« 07 » 04 2015 г., протокол № 11

Председатель учебно-методической комиссии \_\_\_\_\_ С.М.Аракелян

