


Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

## УТВЕРЖДЕНО

Ученым советом института дополнительного образования

звания

Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Председатель \_\_\_\_\_ Н.Т. Гурин  
(подпись, расшифровка подписи)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина:	Основы теории управления
	_____
Отделение:	Информатика
	( <u>И-ИДО</u> ) аббревиатура

Специальность (направление):


- 080801 – «Прикладная информатика»
- 230201 – «Информационные системы и технологии»

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Аббревиатура кафедры	Ученая степень, звание
Семущин И.В.	ИТ	Д.т.н., проф.

Заведующий отделением
<u>Кумунжиев К.В.</u> / _____ / (ФИО) (Подпись)
« ____ » _____ 200__ г.

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

### **Цели и задачи изучения дисциплины**

Данный курс имеет своей целью заложить базовые знания и умения в области теории управления. Посещение этого курса позволит студентам приобрести понимание основных задач теории управления и научит, как практически применять современные методы анализа и синтеза систем автоматического управления. С этой целью лекционный материал подается, главным образом, через решение задач. Практическая работа студентов заключается также в решении большого числа задач. В этом смысле данный курс есть практический курс, позволяющий освоить основные понятия и приобрести навыки решения основных задач теории управления.

#### **1. Требования к уровню освоения дисциплины**


В результате изучения этого курса студенты будут:

- понимать, что собой представляет теория управления и какие основные задачи она решает;
- знать структуру и фундаментальные свойства линейных моделей динамических систем – устойчивость, управляемость и наблюдаемость;
- уметь формулировать основные положения теории управления, изучать предмет самостоятельно; использовать литературные источники; эффективно конспектировать материал и распоряжаться рабочим временем;
- обладать навыками аналитического и композитного мышления, позволяющими понимать построение и поведение моделей для задач управления;
- располагать опытом решения элементарных задач теории управления.

#### **2. Объем дисциплины**

##### **3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения – дневная)			
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам		
		1	2	3
Аудиторные занятия:	32	32		
Лекции	16	16		
практические и семинарские занятия	0	0		
лабораторные работы (лабораторный практикум)	16	16		
Самостоятельная работа	32	32		
Всего часов по дисциплине	64	64		
Текущий контроль (количество и вид)	3 контрольные работы	3 контрольные работы		
Курсовая работа	0	0		
Виды промежуточного контроля (экзамен, зачет)	зачет	зачет		

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

### 3.2. Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения - дневная

Название и разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий			
		Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
		лекции	практические занятия, семинары	лабораторная работа	
<b>Раздел 1. Введение</b>					
1. История автоматического управления.	6	1	0	2	3
<b>Раздел 2. Математические модели систем (8 час)</b>					
2. Дифференциальные уравнения физических систем.	8	2	0	2	4
3. Модели в виде блок-схем и сигнальных графов.	8	2	0	2	4
<b>Раздел 3. Характеристики систем с обратной связью</b>					
4. Разомкнутые и замкнутые системы управления.	8	2	0	2	4
5. Управление переходной характеристикой системы.	8	2	0	2	4
<b>Раздел 4. Качество систем управления с обратной связью</b>					
6. Определение качества систем во временной области.	8	2	0	2	4
<b>Раздел 5. Устойчивость линейных систем с обратной связью</b>					
7. Устойчивость; критерий устойчивости Рауса-Гурвица.	8	2	0	2	4
<b>Раздел 6. Анализ систем управления во временной области</b>					
8. Модели в терминах переменных состояния динамических систем.	8	2	0	2	4
<b>Раздел 7. Заключение</b>					
9. Задача оптимального стохастического управления.	2	1	0	0	1
<b>Всего часов по темам и видам учебной работы</b>					
Всего часов	64	16	0	16	32

### 3. Содержание курса

Раздел 1. **Введение** (1 час)

при Тема 1. История автоматического управления. Практические инженерные применения; меры современных систем управления. Упражнения/задачи.


Раздел 2. **Математические модели систем** (4 час)

Тема 2. Дифференциальные уравнения физических систем. Линейная аппроксимация физических систем; преобразование Лапласа; передаточная функция линейных систем.

Тема 3. Модели в виде блок-схем и сигнальных графов. Упражнения/задачи.

Раздел 3. **Характеристики систем с обратной связью** (4 час)

Тема 4. Разомкнутые и замкнутые системы управления. Чувствительность систем управления к вариациям параметров.

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Тема 5. Управление переходной характеристикой системы. Установившаяся погрешность. Упражнения/задачи.

Раздел 4. **Качество систем управления с обратной связью** (2 час)

Тема 6. Определение качества систем во временной области. Расположение корней на s-плоскости и переходная характеристика; установившаяся ошибка систем управления с обратной связью; показатели качества. Упражнения/задачи.

Раздел 5. **Устойчивость линейных систем с обратной связью** (2 час)

Тема 7. Устойчивость; критерий устойчивости Рауса-Гурвица. Условная устойчивость систем управления с обратной связью; определение расположения корней на s-плоскости. Упражнения/задачи.

Раздел 6. **Анализ систем управления во временной области** (2 час)

Тема 8. Модели в терминах переменных состояния динамических систем. Дифференциальные уравнения для вектора состояния; модели состояния в виде сигнального графа; наблюдаемость и управляемость; дискретная во времени модель системы управления. Упражнения/задачи.

Раздел 7. **Заключение** (1 час)

Тема 9. Задача оптимального стохастического управления. Задача ЛГК оптимального управления. Фильтр Калмана и теорема разделения.


#### **4. Темы практических или семинарских занятий**

Практические занятия (семинары) по данному курсу не предусмотрены.

#### **5. Лабораторные работы (лабораторный практикум)**

1. Работа №1. Исследование характеристик типовых звеньев систем автоматического регулирования.
2. Работа №2. Исследование установившейся реакции динамических звеньев на гармонические воздействия. Определение частотных характеристик.
3. Работа №3. Исследование характеристик систем, образованных последовательным и параллельным соединением звеньев, в корневой, временной и частотной областях.
4. Работа №4. Исследование характеристик систем с обратной связью в частотной области. Приближенное построение частотных характеристик замкнутых систем по частотным характеристикам звеньев.
5. Работа №5. Исследование характеристик систем с обратной связью в корневой, временной и частотной областях. Устойчивость замкнутых систем с отрицательной обратной связью.
6. Работа №6. Исследование типовых установившихся режимов систем автоматического регулирования. Определение установившихся ошибок систем с обратной связью при степенных и гармонических воздействиях.
7. Работа №7. Анализ качества переходных процессов в системах автоматического регулирования. Определение прямых и косвенных показателей качества.
8. Работа №8. Исследование чувствительности систем управления к вариациям характеристик отдельных элементов системы. Определение функций чувствительности для различных структур систем управления.

Примечание: Лабораторные работы проводятся на одном из доступных программных комплексов, моделирующих решение различных задач теории и систем управления.

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

## 6. Тематика контрольных работ

**Контрольная работа №1:** Дифференциальные уравнения физических систем; преобразование Лапласа; передаточная функция линейных систем; характеристический полином.

Типовые задачи:

1. Свободный физический маятник без трения.
2. Физический маятник с трением и внешней силой.
3. Масса, пружина, трение.
4. Параллельная  $RLC$ -цепь с источником тока.
5. Последовательная  $RLC$ -цепь с источником напряжения.
6. Две массы, взаимодействующие через трение. Одна масса связана с основанием через пружину, другая – через трение.
7. Электрическая цепь, эквивалентная задаче из п.6.
8. Два физических маятника, взаимодействующие между собой через пружину.
9. Масса, связанная с основанием двумя пружинами противоположного действия и взаимодействующая с ним через трение.

**Контрольная работа №2:** Определение устойчивости систем управления по расположению корней на  $s$ -плоскости (критерий Рауса-Гурвица).

Типовое задание:

Дан характеристический полином системы управления. Требуется применить критерий Рауса-Гурвица в форме таблицы и по чередованию знаков в первом столбце этой таблицы дать заключение о том, устойчива эта система или нет или, возможно, находится на границе устойчивости.

**Контрольная работа №3:** Модели в пространстве состояний – определение свойств управляемости и наблюдаемости системы.

Типовое задание:

Дано описание системы в пространстве состояний:


$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -5 & -4 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$

Требуется определить, обладает ли эта система свойствами полной управляемости и наблюдаемости. Усложненный вариант задания: Произвести переход в канонический базис и найти декомпозицию данной системы на две части:

- полностью управляемую и полностью наблюдаемую часть,
- часть, в которой отсутствует одно из свойств: управляемость или наблюдаемость.

Ниже приводятся 42 варианта этого задания для контрольной работы №3.

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

### Варианты задач для контрольной работы №3

#### Вариант 1.

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -5 & -4 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

#### Вариант 2.

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -3 & -7 & -5 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

#### Вариант 3.

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -4 & -9 & -6 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

#### Вариант 4.

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -5 & -11 & -7 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

#### Вариант 5.

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -6 & -13 & -8 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$



---

#### Вариант 6.

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -7 & -15 & -9 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**Вариант 7.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -8 & -17 & -10 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 8.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -9 & -19 & -11 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 9.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -10 & -21 & -12 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 10.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -11 & -23 & -13 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 11.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -12 & -25 & -14 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$



---

**Вариант 12.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -13 & -27 & -15 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**Вариант 13.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -14 & -29 & -16 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 14.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -15 & -31 & -17 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 15.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -16 & -33 & -18 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 16.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -17 & -35 & -19 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 17.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -18 & -37 & -20 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---


**Вариант 18.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -19 & -39 & -21 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---



Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**Вариант 19.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -20 & -41 & -22 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 20.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -21 & -43 & -23 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 21.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -22 & -45 & -24 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 22.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -23 & -47 & -25 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 23.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -24 & -49 & -26 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$



---

**Вариант 24.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -25 & -51 & -27 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**Вариант 25.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -26 & -53 & -28 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 26.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -27 & -55 & -29 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 27.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -28 & -57 & -30 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 28.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -29 & -59 & -31 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 29.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -30 & -61 & -32 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$



---

**Вариант 30.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -31 & -63 & -33 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**Вариант 31.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -32 & -65 & -34 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 32.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -33 & -67 & -35 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 33.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -34 & -69 & -36 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 34.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -35 & -71 & -37 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 35.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -36 & -73 & -38 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$



---

**Вариант 36.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -37 & -75 & -39 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**Вариант 37.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -38 & -77 & -40 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 38.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -39 & -79 & -41 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 39.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -40 & -81 & -42 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 40.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -41 & -83 & -43 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 41.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -42 & -85 & -44 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

**Вариант 42.**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -43 & -87 & -45 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$z(t) = [ 1 \ 1 \ 0 ] x(t)$$


---

### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В начале занятий студенты получают Таблицы преобразования Лапласа. Они должны научиться пользоваться ими самостоятельно для решения задач.

Кроме этого, доказательство некоторых из этих соответствий по Лапласу предлагается студентам в виде самостоятельного упражнения.

Ниже приведены эти задания.

Задание 1. Доказать соответствия «оригинал–изображение» по Лапласу, приведенные в следующей Табл. 1, применяя теоремы о свойствах прямого преобразования Лапласа.


Таблица 1. Соответствие «оригинал–изображение» по Лапласу			
$f(t)$	$F(s)$	$f(t)$	$F(s)$
$1(t)$	$\frac{1}{s}$	$e^{at} \sin(\omega t + \varphi)$	$\frac{\omega \cos \varphi + (s - a) \sin \varphi}{(s - a)^2 + \omega^2}$
$\delta(t)$	1	$e^{at} \cos(\omega t + \varphi)$	$\frac{(s - a) \cos \varphi - \omega \sin \varphi}{(s - a)^2 + \omega^2}$
$e^{at}$	$\frac{1}{s - a}$	$t$	$\frac{1}{s^2}$
$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$t^n$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$t^n e^{at}$	$\frac{n!}{(s - a)^{n+1}}$
$\text{sh } \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 - \omega^2}$	$t \sin \omega t$	$\frac{2s\omega}{(s^2 + \omega^2)^2}$
$\text{ch } \omega t$	$\frac{s}{s^2 - \omega^2}$	$t \cos \omega t$	$\frac{s^2 - \omega^2}{(s^2 + \omega^2)^2}$
$e^{at} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s - a)^2 + \omega^2}$	$t \text{ sh } \omega t$	$\frac{2s\omega}{(s^2 - \omega^2)^2}$
$e^{at} \cos \omega t$	$\frac{s - a}{(s - a)^2 + \omega^2}$	$t \text{ ch } \omega t$	$\frac{s^2 + \omega^2}{(s^2 - \omega^2)^2}$

Задание 2. Доказать соответствия «изображение–оригинал» по Лапласу, приведенные в следующей Табл. 2, применяя теоремы о свойствах обратного преобразования Лапласа.

Таблица 2. Оригиналы для дробно-рациональных изображений	
$F(s)$	$f(t)$
$\frac{1}{s-a}$	$e^{at}$
$\frac{1}{1+\tau s}$	$\frac{1}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$
$\frac{1}{s(s-a)}$	$\frac{1}{a} (e^{at} - 1)$
$\frac{1}{(s-a)^2}$	$te^{at}$
$\frac{1}{(s-a)(s-b)}$	$\frac{e^{at} - e^{bt}}{a-b}$
$\frac{b+cs}{s(s-a)}$	$-\frac{b}{a} + \left(c + \frac{b}{a}\right) e^{at}$
$\frac{s}{(s-a)^2}$	$(1+at)e^{at}$
$\frac{s}{(s-a)(s-b)}$	$\frac{ae^{at} - be^{bt}}{a-b}$
$\frac{b+cs}{s^2+a^2}$	$c \cos at + \frac{b}{a} \sin at$
$\frac{1}{s^2+as+b}$ если $\Delta = b^2 - \frac{a^2}{4} > 0$ , то если $\Delta = b^2 - \frac{a^2}{4} < 0$ , то если $\Delta = b^2 - \frac{a^2}{4} = 0$ , то	$\frac{1}{\sqrt{\Delta}} e^{-\frac{at}{2}} \sin \sqrt{\Delta} t$ $\frac{1}{\sqrt{-\Delta}} e^{-\frac{at}{2}} \operatorname{sh} \sqrt{-\Delta} t$ $te^{-\frac{at}{2}}$
$\frac{b+cs}{s^2-a^2}$	$c \operatorname{ch} at + \frac{b}{a} \operatorname{sh} at$

Задание 3. Доказать соответствия «изображение–оригинал» по Лапласу, приведенные в следующей Табл. 3, применяя теоремы о свойствах обратного преобразования Лапласа.

Таблица 3. Оригиналы для дробно-рациональных изображений	
$F(s)$	$f(t)$
$\frac{1}{s^2(s-a)}$	$\frac{1}{a^2}(e^{at} - 1 - at)$
$\frac{1}{(s-a)(s-b)^2}$	$\frac{e^{at} - [1 + (a-b)t]e^{bt}}{(a-b)^2}$
$\frac{1}{(s-a)(s-b)(s-c)}$	$\frac{e^{at}}{(b-a)(c-a)} + \frac{e^{bt}}{(a-b)(c-b)} + \frac{e^{ct}}{(a-c)(b-c)}$
$\frac{1}{(s-a)^3}$	$\frac{1}{2}t^2e^{at}$
$\frac{s}{(s-a)(s-b)^2}$	$\frac{ae^{at} - [a + b(a-b)t]e^{bt}}{(a-b)^2}$
$\frac{s}{(s-a)(s-b)(s-c)}$	$\frac{ae^{at}}{(b-a)(c-a)} + \frac{be^{bt}}{(a-b)(c-b)} + \frac{ce^{ct}}{(a-c)(b-c)}$
$\frac{s}{(s-a)^3}$	$\left(t + \frac{1}{2}at^2\right)e^{at}$
$\frac{1}{s(s^2+a^2)}$	$\frac{1}{a^2}(1 - \cos at)$
$\frac{1}{s(s^2-a^2)}$	$\frac{1}{a^2}(\operatorname{ch} at - 1)$
если $\Delta = b^2 - \frac{a^2}{4} > 0$ , то	$e^{-\frac{at}{2}} \left( \cos \sqrt{\Delta}t - \frac{a}{2\sqrt{\Delta}} \sin \sqrt{\Delta}t \right)$
если $\Delta = b^2 - \frac{a^2}{4} < 0$ , то	$e^{-\frac{at}{2}} \left( \operatorname{sh} \sqrt{-\Delta}t - \frac{a}{2\sqrt{-\Delta}} \operatorname{sh} \sqrt{-\Delta}t \right)$
если $\Delta = b^2 - \frac{a^2}{4} = 0$ , то	$e^{-\frac{at}{2}} \left( 1 - \frac{at}{2} \right)$

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

## 7. Вопросы зачета

1. История автоматического управления; практические инженерные применения и примеры современных систем управления.
2. Дифференциальные уравнения физических систем.
3. Линейная аппроксимация моделей физических систем.
4. Преобразование Лапласа; передаточная функция линейных систем.
5. Модели в виде блок-схем; эквивалентные преобразования блок-схем.
6. Модели в виде сигнальных графов. Определитель графа и правило Мейсона.
7. Разомкнутые и замкнутые системы управления – сравнение характеристик.
8. Чувствительность систем управления к вариациям параметров.
9. Управление переходной характеристикой системы управления.
10. Установившаяся ошибка. Астатические системы.
11. Определение качества систем управления во временной области.
12. Расположение корней на s-плоскости и переходная характеристика.
13. Показатели качества систем управления.
14. Понятие устойчивости; критерий устойчивости Рауса-Гурвица.
15. Определение расположения корней на s-плоскости.
16. Переменные состояния динамических систем; уравнение состояния.
17. Модели состояния в виде сигнального графа.
18. Наблюдаемость и управляемость систем.
19. Дискретная во времени модель системы управления.
20. Постановка задачи оптимального управления.
21. Задача ЛПК оптимального управления.
22. Фильтр Калмана и теорема разделения.

## 8. Критерии оценки учебной работы студента

### Общее правило:

- Оценка работы студента есть взвешенное среднее посещаемости (А), домашней работы (Н) и экзаменов (Е), где под "экзаменами" (см. подробнее ниже) в данном случае понимается зачет всех контрольных работ в течение семестра и устный ответ на финальном зачете:

### 5 % - посещаемость

*Этот вес действует только в случае, если студент посещает занятия. Если студент пропускает занятия, этот вес прогрессивно возрастает (см. разд. **Посещаемость**). Студент может получить "не зачтено" исключительно в результате низкой посещаемости !*

### 30 % - домашняя работа

### 65 % - экзамены (см. ниже смысл этого понятия)


Таким образом, финальная оценка (FG) вычисляется по правилу:

$$FG = 0.05 A + 0.30 H + 0.65 E,$$

где каждая составляющая:

A = посещаемость,



Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Н = домашняя работа,

Е = экзамены

выражается целым числом от 0 до 100 баллов.

- Эта итоговая оценка затем отображается на стандартную шкалу оценок:

56 – 100 = "зачтено"

0 – 55 = "не зачтено"

Пример 1:

Иван С. Студент имеет следующие баллы:

$A = 90, N = 87, E = 83$ . Тогда  $0.05 \times 90 + 0.30 \times 87 + 0.65 \times 83 = 84.6$ .

Следовательно, Иван заработал "зачтено".

### Посещаемость


- Каждое учебное занятие, в том числе лекция, начинается с росписи студента в явочном листе. Поставить свою роспись – личная ответственность **студента**. Отсутствие росписи означает отсутствие студента на занятии. Чтобы отсутствие студента было расценено как уважительное, студент должен известить об этом преподавателя своевременно (т.е. в течение одной недели до или после занятия). Приемлемая форма предупреждения – телефонное сообщение на рабочий телефон (секретарю кафедры) или записка преподавателю (через секретаря кафедры).
- Оценка студента за посещаемость будет определяться по следующей таблице:

Число неуважительных пропусков *	Балл	Вклад в итоговую оценку
0	100	+5
1	90	+4.5
2	50	+2.5
3	0	+0
4	-50	-2.5
5	-100	-5
6	-150	-7.5
7	-200	-10
8	-400	-20
9	-600	-30
10	-800	-40

- При числе **неуважительных** пропусков выше девяти у студента нет практического шанса получить положительную итоговую оценку за весь курс.

\* Неуважительный пропуск есть пропуск занятия, который не связан с болезнью, с семейной утратой или с факультетским мероприятием.

- Студент может иметь максимум 8 уважительных пропусков. После этого **все пропуски считаются неуважительными !**

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Если студенту необходимо пропустить занятие по уважительной причине, ему следует известить об этом преподавателя заранее в письменной форме. Если студент болен, он должен позвонить на кафедру, чтобы преподавателя об этом известили. Пропуск будет неуважительным, если преподавателя не известят в течение одной недели отсутствия студента. Предпочтительно, чтобы студент оставлял телефонное сообщение или передавал записку секретарю кафедры, нежели сообщал преподавателю лично о своих пропусках. Сообщение должно содержать номер группы, день и время пропускаемого занятия, название предмета и, конечно, имя и фамилию студента.

Пример 2:

Студент Петр П. имеет следующие баллы:

$$A = -100, H = 100, E = 100.$$

(он допустил 5 неуважительных пропусков).

$$\text{Тогда } FG = 0.05 \times (-100) + 0.30 \times 100 + 0.65 \times 100 = 90.$$

Следовательно, Петр П. заработал "зачтено". Если же он при этом допустил 10 неуважительных пропуска, то тогда его  $A = -800$  и, соответственно

$$FG = 0.05 \times (-800) + 0.30 \times 100 + 0.65 \times 100 = 55.$$

Петр П. получает  $FG = 55$  и, соответственно, оценку "не зачтено".

*Студентам надо иметь в виду, что оценки зарабатываются !*

### Домашняя работа


- Студенту будет предложен ряд домашних заданий, которые – по нашему предположению – он выполнит и сдаст. Баллы за отдельные задания складываются и тем самым образуют  $H$ , т.е. оценку за этот вид учебной работы студента. Любая сдача домашнего задания позже установленного срока повлечет уменьшение оценки  $H$  на 10 баллов. За каждое невыполненное задание в  $H$  поступает 0.
- По данному курсу домашние задания представляют собой задания на решение задач, указанных выше в разделе «Самостоятельная работа» данной рабочей программы. Максимальное количество баллов  $H$ , которое можно заработать за всю домашнюю работу, составляет 100. Эти 100 баллов мы разделяем определенным образом между общим числом выданных домашних заданий.

Преподаватель, ведущий практические занятия в классе, назначит сроки сдачи домашних работ и на каждом занятии всегда с готовностью поможет студенту, если тот ясно сформулировал те конкретные вопросы, которые у него возникли дома. Преподаватель поможет студенту и всей аудитории, когда студент будет рассказывать, как он понимает и как дома решает ту или иную задачу.

### «Экзамены»

- Под «экзаменами» здесь понимается вся совокупность контрольных работ в течение семестра. Оценка за такие распределенные «экзамены», т.е. величина  $E$  в составе финальной оценки, определяемой по формуле

$$FG = 0.05 A + 0.30 H + 0.65 E,$$

Федеральное агентство по образованию Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

будет определена как равномерно взвешенное среднее результатов письменных контрольных работ в течение семестра и устного ответа на зачете в конце занятий. При том, что контрольные работы письменно проверяют умение студента решать задачи, устный зачет есть проверка знания основных положений теории, умения аргументировать эти положения и делать из них логические выводы. В совокупности, эти (письменная и устная) части нашего «экзамена» покрывают весь учебный курс. Для этого мы проводим три контрольные работы за семестр.

- Контрольные работы, проводимые в классе, будут объявлены студентам заранее – не позднее, чем за неделю. Если студент собирается пропустить контрольную работу (это должен быть уважительный пропуск), преподаватель предпочтет, чтобы студент написал эту работу раньше назначенного срока. Если студент не сможет написать контрольную работу до назначенного срока, то он должен принять все меры к тому, чтобы написать ее в течение недели после контрольного срока. По истечении недели после этого студент получит ноль. Студент также получит ноль за неуважительный пропуск контрольной работы.

Мы переписываем и заменяем некоторые задания или делаем небольшие вариации в постановке вопросов зачета по сравнению с теми, которые опубликованы в этой рабочей программе (или на web сайте <http://www.ulsu.ru/staff/homepages/semushin/>). Об этом будет объявлено за две недели до контрольных работ и финального зачета.

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

### **Перечень рекомендуемой литературы**

#### **Основная литература:**

1. Попов, Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: учеб. пособие для вузов / Е. П. Попов. 2-е изд. – М.: Наука. – 1989.
2. Семушин, И. В. Детерминистские модели динамических систем: учеб. пособие для вузов / И. В. Семушин, Ю. В. Цыганова. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 78 с.
3. Имаев, Д. Х. Анализ и синтез систем управления: Теория. Методы. Примеры решения типовых задач с применением персонального компьютера / Д. Х. Имаев, З. Ковальски, В. Б. Яковлев, Н. Н. Кузьмин, Л. Б. Пошехонов, Г. П. Цапко. – Санкт-Петербург, Гданьск, Сургут, Томск: СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 1997. – 172 с.

#### **Дополнительная литература:**

1. Макаров, И. М., Менский Б. М. Линейные автоматические системы / И. М. Макаров, Б. М. Менский. – М.: Машиностроение, 1982.

Материально-техническое или информационное обеспечение дисциплины – дисплейные классы университета.

**Примечание:** Разделы, не предусмотренные учебным планом специальности, исключены.