

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Юнаков Л. П.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие
Специализация/профиль/программа подготовки	Эксплуатация вооружения и военной техники (по областям и видам)
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	ВУЦ Военный Учебный Центр
Выпускающая кафедра	ВУЦ Военный Учебный Центр
Кафедра-разработчик рабочей программы	A1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Степанов Михаил Михайлович, к.т.н., старший научный сотрудник,  
доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**ВУЦ Военный Учебный Центр**

Заведующий кафедрой Лозинский А.Г.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-4 — способность управлять подразделением при выполнении поставленных задач, планировать его всестороннее обеспечение и организацию взаимодействия

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПСК-4**

знания:

знания:

на уровне представлений:

□ роль место автоматических систем в задаче автоматизации технических объектов и производства, основные принципиальные схемы автоматического управления, историю этой науки, роль российских ученых в ее становлении и развитии ;

□ основные положения теории управления, модели и методы исследования автоматических систем, различных по направлениям и применениям;

□ об использовании основных положений теории управления в науке и технике, в информатике.

на уровне воспроизведения:

□ основные типы систем автоматического управления (САУ), их математическое описание и основные задачи исследования ;

□ роль, содержание и методы линейной теории систем автоматического управления и регулирования.

на уровне понимания:

□ основные принципы проектирования систем автоматического управления движущимися объектами;;

умения:

умения:

теоретические знания использовать для проектирования, изготовления и эксплуатации САУ, различных по направлениям и применениям;

практические знания использовать для решения конкретных задач расчёта систем, в том числе составления передаточных функций и проведения анализа линейных систем автоматического управления и регулирования;;

навыки:

навыки:

□ владеть методиками составления передаточных функций и их исследования;

владеть методами анализа линейных САУ, уметь выполнять расчетные работы по анализу устойчивости, точности и качества систем, синтезу параметров и корректирующих звеньев по заданным требованиям к качеству функционирования систем..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СИНТЕЗ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-14 — Способен моделировать и использовать известные решения в новом приложении применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия
- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-4
4	7	<b>Раздел 1. Введение в теорию управления.</b> 1.1. История вопроса. Предмет науки Цели и задачи ТАУ и ТАР. 1.2. Понятия об управлении. Роль информации в управлении. Объект автоматического управления. Основные понятия и определения. Основные сведения о САУ и САР. 1.3. Принципы автоматического управления. 1.4. Функциональная схема САУ, САР. 1.5. Примеры функциональных схем. 1.6. Классификация САУ и САР.	6	4	2	2	2	10
4	7	<b>Раздел 2. Математическое описание САУ, САР.</b> 2.1. Моделирование САУ и САР. 2.2. Разбиение САУ и САР на звенья. 2.3. Статические и динамические характеристики звеньев САУ. Уравнение звеньев. 2.4 Типы звеньев. 2.5. Структурная схема САУ и САР. 2.6. Составление уравнений (в т. ч. диф-ференциальных) САУ. Примеры.	6	4	2	2	2	15
4	7	<b>Раздел 3. Линейные САУ (ЛСАУ).</b> 3.1. Понятие ЛСАУ. Методы линеаризации систем автоматического управления. Свойства ЛСАУ. Передаточная функция ЛСАУ. Разомкнутые ЛСАУ и ЛСАУ с обратной связью. 3.2. Переходная функция. 3.3. Весовая функция. 3.4. Частотные (амплитудно-частотная и фазочастотная, логарифмические АЧХ и ФЧХ, АФЧХ - годограф ЧХ) характеристики ЛСАУ. 3.5. Типовые звенья ЛСАУ (ТЗ ЛСАУ) и их свойства. 1. ТЗ, описываемые линейными алгебраическими уравнениями относительно выходного сигнала: а) пропорциональное; б) запаздывающее; в) дифференцирующее. 2. ТЗ, описываемые ДУ 1-го порядка: а) инерционно-дифференцирующее; б) инерциальное; в) интегрирующее; г) интегро-дифференцирующее. 3. ТЗ описываемые ДУ 2-го порядка: а) колебательное; б) апериодическое. 3.6. Соединение звеньев и преобразование структурных схем ЛСАУ: а) последовательное; б) параллельное; в) параллельное с обратной связью; г) комбинированное.	43	18	14	4	25	15
4	7	<b>Раздел 4. Устойчивость ЛСАУ.</b> 4.1. Понятие устойчивости ЛСАУ. 4.2. Связь устойчивости с весовой функцией. 4.3. Связь устойчивости с корнями характеристического уравнения. 4.4. Критерии устойчивости. 4.4.1. Алгебраические критерии: а) критерии Гурвица и Рауса. 4.4.2. Частотные критерии: а) критерий Михайлова б) критерий Найквиста. 4.4.3. Логарифмические критерии устойчивости.	39	17	14	3	22	15
4	7	<b>Раздел 5. Качество ЛСАУ.</b> 5.1. Запас устойчивости по фазе и амплитуде. 5.2. Показатели качества переходного процесса а) статическая точность; б) время переходного процесса и др. 5.3. Интегральные оценки качества ЛСАУ.	6	4	2	2	2	15
4	7	<b>Раздел 6. Введение в синтез САУ и САР.</b> 6.1. Выбор последовательных корректирующих устройств 6.2. Выбор параллельных корректирующих устройств в виде обратных связей 6.3. Построение желаемой ЛАЧХ скорректированной системы 6.4. Корректирующие звенья.	4	2	0	2	2	15
4	7	<b>Раздел 7. Понятие о нелинейных системах управления (НСАУ).</b> 7.1. Типовые нелинейности. Линеаризация НСАУ. 7.2. Структурные схемы НСАУ. 7.3. Изображение процесса регулирования на фазовой плоскости 7.4. Устойчивость НСАУ (теоремы Ляпунова). 7.5. Автоколебания НСАУ.	4	2	0	2	2	15
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение в теорию управления.	Изучение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Принципы автоматического управления. 2. Функциональная схема САУ, САР. 3. Примеры функциональных схем. 4. Классификация САУ и САР	2
2	Раздел 2. Математическое описание САУ, САР.	Изучение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Структурная схема САУ и САР. 2. Составление уравнений (в т. ч. дифференциальных) САУ. Примеры. 3. Примеры функциональных и структурных схем конкретных технических систем (СУ БР 8К-99, ЗУР В750 и С-300, ПТУР «Малютка», РВВ Р 3-С и др.)	2
3	Раздел 3. Линейные САУ (ЛСАУ).	Изучение конкретных примеров и решение задач на тему: Типовые звенья ЛСАУ (ТЗ ЛСАУ). 1. ТЗ, описываемые линейными алгебраическими уравнениями относительно выходного сигнала: а) пропорциональное; б) запаздывающее; в) дифференцирующее. 2. ТЗ, описываемые ДУ 1-го порядка: а) инерционно-дифференцирующее; б) инерциальное; в) интегрирующее; г) интегро-дифференцирующее. 3.	4

		ТЗ описывающиеся ДУ 2-го порядка: а)колебательное; б)апериодическое. Соединение звеньев и преобразование структурных схем ЛСАУ: а)последовательное; б)параллельное; в)параллельное с обратной связью; г)комбинированное	
4	Раздел 4. Устойчивость ЛСАУ.	Изучение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Алгебраические критерии устойчивости. 2. Частотные критерии устойчивости	3
5	Раздел 5. Качество ЛСАУ.	Изучение конкретных примеров и решение задач на тему: Характеристики качества ЛСАУ, ЛСАУР 1. Запас устойчивости по фазе и амплитуде. 2. Показатели качества переходного процесса 3. Интегральные оценки качества ЛСАУ	2
6	Раздел 6. Введение в синтез САУ и САУР.	1. Основные сведения о методах синтеза САУ и САУР. 2. Выбор последовательных корректирующих устройств 3. Выбор параллельных корректирующих устройств в виде обратных связей 4. Построение желаемой ЛАЧХ скорректированной системы	2
7	Раздел 7. Понятие о нелинейных системах управления (НСАУ).	1.Понятие о нелинейных системах. Типовые нелинейности. 2. Структурные схемы НСАУ. 3. Фазовое пространство. 4. Изображение процесса регулирования на фазовой плоскости. 5. Устойчивость НСАУ (теоремы Ляпунова)	2
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение в теорию управления.	1. История вопроса. Предмет науки Цели и задачи ТАУ и ТАР . 2. Понятия об управлении. Роль информации в управлении. Объект автоматического управления. Основные понятия и определения. Основные сведения о САУ и САУР.	1
2		1. Принципы автоматического управления. 2. Функциональная схема САУ , САУР. 3. Примеры функциональных схем. 4. Классификация САУ и САУР.	1
3	Раздел 2. Математическое описание САУ, САУР.	1. Моделирование САУ и САУР. 2. Разбиение САУ и САУР на звенья. 3. Статические и динамические характеристики звеньев САУ. Уравнение звеньев. 4. Типы звеньев. 5. Примеры звеньев.	1
4		1. Структурная схема САУ и САУР. 2. Составление уравнений (в т. ч. дифференциальных) САУ. Примеры. 3. Примеры функциональных и структурных схем конкретных технических систем (СУ БР 8К-99, ЗУР В750 и С-300, ПТУР «Малютка», РВВ Р 3-С и др.).	1
5	Раздел 3. Линейные САУ (ЛСАУ).	Самостоятельное изучение вопросов: 1. Понятие ЛСАУ. Свойства ЛСАУ. 2. Передаточная функция ЛСАУ. Свойства передаточной функции	3
6		Самостоятельное изучение вопросов: 1. Разомкнутые ЛСАУ и ЛСАУ с обратной связью. 2. Переходная функция. Свойства переходной функции	2
7		Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1.Преобразование Фурье и Лапласа. 2.Свойства преобразования Лапласа. 1.Описание оригинала по известному изображению. 2.Изображения некоторых элементарных функций.	3
8		Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1.Решение линейных дифференциальных уравнений (ДУ) с постоянными коэффициентами методом операционного исчисления. 2.Решение интегральных уравнений методом операционного исчисления.	3
9		Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Весовая функция. Свойства	3

		весовой функции 2. Связь передаточной, переходной и весовой функций.	
10		Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Примеры переходных и весовых функций. 2. Интеграл Дюамеля.	3
11		Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Частотные характеристики ЛСАУ. 2. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики. 3. Логарифмические амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики. 4. Годограф ЧХ (АФЧХ ЛСАУ).	3
12		Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Типовые звенья ЛСАУ (ТЗ ЛСАУ). 1.1. ТЗ, описываемые линейными алгебраическими уравнениями относительно выходного сигнала: а) пропорциональное; б) запаздывающее; в) дифференцирующее. 1.2. ТЗ, описываемые ДУ 1-го порядка: а) инерционно-дифференцирующее; б) инерционное; в) интегрирующее; г) интегро-дифференцирующее. 1.3. ТЗ описываемые ДУ 2-го порядка: а) колебательное; б) апериодическое.	3
13		Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: Соединение звеньев и преобразование структурных схем ЛСАУ: а) последовательное; б) параллельное; в) параллельное с обратной связью; г) комбинированное.	2
14	Раздел 4. Устойчивость ЛСАУ.	Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Частотные критерии устойчивости	3
15		Самостоятельное изучение вопросов: 1. Понятие устойчивости ЛСАУ.	2
16		Самостоятельное изучение вопросов: 1. Связь устойчивости с весовой функцией.	2
17		Самостоятельное изучение вопросов: 1. Связь устойчивости с корнями характеристического уравнения.	2
18		Самостоятельное изучение вопросов: 1. Алгебраические критерии устойчивости: а.) критерий Гурвица. б.) критерий Рауса.	2
19		Самостоятельное изучение вопросов: 1. Частотные критерии устойчивости: а) критерий Михайлова	2
20		Самостоятельное изучение вопросов: 1. Частотные критерии устойчивости: б) критерий Найквиста.	3
21		Самостоятельное изучение вопросов: 1. Логарифмические критерии устойчивости.	3
22		Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Алгебраические критерии устойчивости.	3
23	Раздел 5. Качество ЛСАУ.	Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: Характеристики качества ЛСАУ, ЛСАУ. 1. Запас устойчивости по фазе и амплитуде. 2. Показатели качества переходного процесса 3. Интегральные оценки качества ЛСАУ.	2
24	Раздел 6. Введение в синтез САУ и САУ.	Самостоятельное изучение вопросов: 1. Основные сведения о методах синтеза САУ и САУ. 2. Выбор последовательных корректирующих устройств 3. Выбор параллельных корректирующих устройств в виде обратных связей 4. Построение желаемой ЛАЧХ скорректированной системы	2
25	Раздел 7. Понятие о нелинейных системах управления (НСАУ).	Самостоятельное изучение вопросов: 1. Понятие о нелинейных системах. Типовые нелинейности. 2. Структурные схемы НСАУ. 3. Фазовое пространство. 4. Изображение процесса регулирования на фазовой плоскости. 5. Устойчивость НСАУ (теоремы Ляпунова).	2
Всего за 7 семестр			57



#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7			ТекК			ДР	ВПЗ, ТекК			ДР		ВПЗ, ТекК			ВПЗ, ТекК	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. . Теория автоматического управления. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
2. В. А. Бесекерский, А. Н. Герасимов, С. В. Лучко. . Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978, 51 экз.
3. В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003, 169 экз.
4. И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
5. И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 106 экз.
6. С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. . Теория автоматического управления. М.: Академия, 2014, 30 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
2. <https://urait.ru/>; — Ошибка 404. Эта страница сейчас недоступна — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <https://e.lanbook.com/>; — ЭБС Лань.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 17.05.02 *Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПСК-4 способность управлять подразделением при выполнении поставленных задач, планировать его всестороннее обеспечение и организацию взаимодействия.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с классификацией систем автоматического управления (САУ) и регулирования (САР); изучением принципов управления; рассмотрением типовых функциональных схем, видов входных воздействий, требований к системам управления (СУ); изучением динамических характеристик СУ и ее звеньев; расчетом передаточных функций, частотных передаточных функций, временных характеристик, как отдельных звеньев, так и систем в целом; рассмотрением и преобразованием структурных схем; анализом устойчивости линейных СУ, расчетом критериев устойчивости, характеристик запасов устойчивости, построением областей устойчивости; изучением методов оценки качества процессов управления; синтезом линейных СУ.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Введение в теорию управления.</b>		
1. История вопроса. Предмет науки Цели и задачи ТАУ и ТАР . 2. Понятия об управлении. Роль информации в управлении. Объект автоматического управления. Основные понятия и определения. Основные сведения о САУ и САР.	С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. . Теория автоматического управления: М.: Академия, 2014 (Гл. 1.) В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (Гл. 1.) В. А. Бесекерский, А. Н. Герасимов, С. В. Лучко. . Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978 (Гл. 1-2)	1
1. Принципы автоматического управления. 2. Функциональная схема САУ , САР. 3. Примеры функциональных схем. 4. Классификация САУ и САР.	Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. . Теория автоматического управления: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Гл. 1)	1
Итого по разделу 1		2
<b>Раздел 2. Математическое описание САУ, САР.</b>		
1. Моделирование САУ и САР. 2. Разбиение САУ и САР на звенья. 3. Статические и динамические характеристики звеньев САУ. Уравнение звеньев. 4. Типы звеньев. 5. Примеры звеньев.	С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. . Теория автоматического управления: М.: Академия, 2014 (Гл. 1-2)	1
1. Структурная схема САУ и САР. 2. Составление уравнений (в т. ч. дифференциальных) САУ. Примеры. 3. Примеры функциональных и структурных схем конкретных технических систем (СУ БР 8К-99, ЗУР В750 и С-300, ПТУР «Малютка», РВВ Р 3-С и др.).	В. А. Бесекерский, А. Н. Герасимов, С. В. Лучко. . Сборник задач по теории	1

	<p>автоматического регулирования и управления: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978 (Гл. 1-2)</p> <p>В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (Гл. 1-2)</p> <p>Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. . Теория автоматического управления: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Гл 1-2)</p>	
Итого по разделу 2		2
<b>Раздел 3. Линейные САУ (ЛСАУ).</b>		
Самостоятельное изучение вопросов: 1. Понятие ЛСАУ. Свойства ЛСАУ. 2. Передаточная функция ЛСАУ. Свойства передаточной функции	И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Гл. 2)	3
Самостоятельное изучение вопросов: 1. Разомкнутые ЛСАУ и ЛСАУ с обратной связью. 2. Переходная функция. Свойства переходной функции	В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (Гл. 1-3)	2
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1.Преобразование Фурье и Лапласа. 2.Свойства преобразования Лапласа. 1.Описание оригинала по известному изображению. 2.Изображения некоторых элементарных функций.	В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (Гл. 1-3)	3
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1.Решение линейных дифференциальных уравнений (ДУ) с постоянными коэффициентами методом операционного исчисления. 2.Решение интегральных уравнений методом операционного исчисления.	С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. . Теория автоматического управления: М.: Академия, 2014 (Гл. 2-3)	3
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Весовая функция. Свойства весовой функции 2. Связь передаточной, переходной и весовой функций.	В. А. Бесекерский, А. Н. Герасимов, С. В. Лучко. . Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978 (Гл. 1-2)	3
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Примеры переходных и весовых функций. 2. Интеграл Дюамеля.	Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. . Теория автоматического управления: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Гл. 2)	3
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1.Частотные характеристика ЛСАУ. 2. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики. 3. Логарифмические амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики. 4. Годограф ЧХ (АФЧХ ЛСАУ).		3
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1.Типовые звенья ЛСАУ (ТЗ ЛСАУ). 1.1. ТЗ, описываемые линейными алгебраическими уравнениями относительно выходного сигнала: а)пропорциональное; б)запаздывающие; в)дифференцирующее. 1.2. ТЗ, описываемые ДУ 1-го порядка: а)инерционно-дифференцирующее; б)инерциальное; в)интегрирующее; г)интегро-дифференцирующее. 1.3. ТЗ описываемые ДУ 2-го порядка: а)колебательное; б)апериодическое.		3
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: Соединение звеньев и		2

преобразование структурных схем ЛСАУ: а)последовательное; б)параллельное; в)параллельное с обратной связью; г)комбинированное.		
Итого по разделу 3		25
<b>Раздел 4. Устойчивость ЛСАУ.</b>		
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Частотные критерии устойчивости	В. А. Бесекерский, А. Н. Герасимов, С. В. Лучко. . Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978 (Гл. 2-3)	3
Самостоятельное изучение вопросов: 1. Понятие устойчивости ЛСАУ.	В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (Гл. 3)	2
Самостоятельное изучение вопросов: 1. Связь устойчивости с весовой функцией.	И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Гл. 3)	2
Самостоятельное изучение вопросов: 1. Связь устойчивости с корнями характеристического уравнения.	С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. . Теория автоматического управления: М.: Академия, 2014 (Гл. 1-3)	2
Самостоятельное изучение вопросов: 1. Алгебраические критерии устойчивости: а.) критерий Гурвица. б.) критерий Рауса.	Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. . Теория автоматического управления: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Гл. 2-3)	3
Самостоятельное изучение вопросов: 1. Частотные критерии устойчивости: а) критерий Михайлова		3
Самостоятельное изучение вопросов: 1. Частотные критерии устойчивости: б) критерий Найквиста.		3
Самостоятельное изучение вопросов: 1. Логарифмические критерии устойчивости.		3
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: 1. Алгебраические критерии устойчивости.		3
Итого по разделу 4		22
<b>Раздел 5. Качество ЛСАУ.</b>		
Изучение теоретического материала, рассмотрение конкретных примеров и решение задач на тему: Характеристики качества ЛСАУ, ЛСАУ 1. Запас устойчивости по фазе и амплитуде. 2. Показатели качества переходного процесса 3. Интегральные оценки качества ЛСАУ.	В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (Гл. 2-4) И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Гл. 3-5) С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. . Теория автоматического	2

	<p>управления: М.: Академия, 2014 (Гл. 3)</p> <p>Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. . Теория автоматического управления: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Гл. 2-3)</p> <p>В. А. Бесекерский, А. Н. Герасимов, С. В. Лучко. . Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978 (Гл. 3)</p>	
Итого по разделу 5		2
<b>Раздел 6. Введение в синтез САУ и САР.</b>		
<p>Самостоятельное изучение вопросов: 1. Основные сведения о методах синтеза САУ и САР. 2. Выбор последовательных корректирующих устройств 3. Выбор параллельных корректирующих устройств в виде обратных связей 4. Построение желаемой ЛАЧХ скорректированной системы</p>	<p>С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. . Теория автоматического управления: М.: Академия, 2014 (Гл. 3-5)</p> <p>И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Гл. 5)</p> <p>В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (Гл. 4)</p> <p>В. А. Бесекерский, А. Н. Герасимов, С. В. Лучко. . Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978 (Гл. 3-4)</p> <p>Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. . Теория автоматического управления: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (Гл. 3-4)</p>	2
Итого по разделу 6		2
<b>Раздел 7. Понятие о нелинейных системах управления (НСАУ).</b>		
<p>Самостоятельное изучение вопросов: 1. Понятие о нелинейных системах. Типовые нелинейности. 2. Структурные схемы НСАУ. 3. Фазовое пространство. 4. Изображение процесса</p>	<p>И. Л. Коробова. . Теория автоматического управления:</p>	2



<p>регулирования на фазовой плоскости. 5. Устойчивость НСАУ (теоремы Ляпунова).</p>	<p>СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Гл. 6) С. И. Малафеев, А. А. Малафеева. . Теория автоматического управления: М.: Академия, 2014 (Гл. 3- 5) В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (Гл. 4-6) В. А. Бесекерский, А. Н. Герасимов, С. В. Лучко. . Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1978 (Гл. 5) Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. . Теория автоматического управления: Санкт- Петербург: Лань, 2022 (Гл. 4)</p>
<p>Итого по разделу 7</p>	<p>2</p>

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы/задания по темам ПЗ

ПЗ считается принятым при выполнении следующих критериев: - правильность результатов расчета; - правильность выполнения графической части задания; - правильность оформления отчета (структурная упорядоченность, наличие всех необходимых разделов); - допускаются незначительные исправления в отчете. ПЗ не может быть принято и подлежит доработке в случае: - ошибок в расчетах и при оформлении графического материала; - небрежного и безграмотного оформления отчета.

Изучение конкретных примеров и решение задач на тему:

1. Принципы автоматического управления.
2. Функциональная схема САУ, САР.
3. Примеры функциональных схем.
4. Классификация САУ и САР

Изучение конкретных примеров и решение задач на тему:

1. Структурная схема САУ и САР.
2. Составление уравнений (в т. ч. дифференциальных) САУ. Примеры.
3. Примеры функциональных и структурных схем конкретных технических систем (СУ БР 8К-99, ЗУР В750 и С-300, ПТУР «Малютка», РВВ Р 3-С и др.)

Изучение конкретных примеров и решение задач на тему:

Типовые звенья ЛСАУ (ТЗ ЛСАУ).

1. ТЗ, описываемые линейными алгебраическими уравнениями относительно выходного сигнала:
  - а) пропорциональное;
  - б) запаздывающее;
  - в) дифференцирующее.
2. ТЗ, описываемые ДУ 1-го порядка:
  - а) инерционно-дифференцирующее;
  - б) инерциальное;
  - в) интегрирующее;
  - г) интегро-дифференцирующее.
3. ТЗ описываемые ДУ 2-го порядка:
  - а) колебательное;
  - б) апериодическое.

Соединение звеньев и преобразование структурных схем ЛСАУ:

- а) последовательное;
- б) параллельное;
- в) параллельное с обратной связью;
- г) комбинированное

Изучение конкретных примеров и решение задач на тему:

1. Алгебраические критерии устойчивости.
2. Частотные критерии устойчивости

Изучение конкретных примеров и решение задач на тему:

Характеристики качества ЛСАУ, ЛСАР

1. Запас устойчивости по фазе и амплитуде.
2. Показатели качества переходного процесса
3. Интегральные оценки качества ЛСАУ

Изучение конкретных примеров и решение задач на тему:

1. Основные сведения о методах синтеза САУ и САР.
2. Выбор последовательных корректирующих устройств
3. Выбор параллельных корректирующих устройств в виде обратных связей
4. Построение желаемой ЛАЧХ скорректированной системы

Изучение конкретных примеров и решение задач на тему:

1. Понятие о нелинейных системах. Типовые нелинейности.
2. Структурные схемы НСАУ.
3. Фазовое пространство.
4. Изображение процесса регулирования на фазовой плоскости.
5. Устойчивость НСАУ (теоремы Ляпунова)

### **Вопросы для текущего контроля**

Контрольные мероприятия проводятся в виде вопросов по соответствующим темам после прослушивания раздела дисциплины. Студент заранее извещается о дате проведения мероприятия и его теме. Студенту сообщается перечень вопросов, на которые он должен будет дать правильный ответ. Для принятия темы студент должен дать правильный ответ на не менее 50% заданных вопросов (количество задаваемых вопросов 3-5 в зависимости от темы). Примерный перечень соответствующих вопросов приведен ниже.

Примерный перечень задаваемых вопросов

Принципы управления

1. Что называется управлением?
2. Что называется автоматическим управлением?
3. Что называется системой автоматического управления?
4. Что является основной задачей автоматического управления?
5. Что называется объектом управления?
6. Что называется управляемой величиной?
7. Что называется управляющим органом?
8. Что называется чувствительным элементом?
9. Что такое входная и выходная величины?
10. Что называется управляющим воздействием?
11. Что называется возмущением?
12. Что называется отклонением от заданной величины?
13. Что называется управляющим устройством?
14. Что называется задающим устройством?
15. Что называется функциональной схемой и из чего она состоит?
16. В чем отличие сигнала от физической величины?
17. В чем суть принципа разомкнутого управления?
18. В чем суть принципа обратной связи?
19. Перечислите достоинства и недостатки принципов управления?
20. Какой частный случай управления называется регулированием?
21. В чем отличие систем прямого и непрямого регулирования?

Статический режим САУ

1. Перечислите и дайте краткую характеристику основных видов САУ?
2. Что называется статическим режимом САУ?
3. Что называется статическими характеристиками САУ?
4. Что называется уравнением статики САУ?
5. Что называется коэффициентом передачи, в чем отличие от коэффициента усиления?
6. В чем отличие нелинейных звеньев от линейных?
7. Как построить статическую характеристику нескольких звеньев?
8. В чем отличие астатических звеньев от статических?
9. В чем отличие астатического регулирования от статического?
10. Как сделать статическую САР астатической?
11. Что называется статической ошибкой регулятора, как ее уменьшить?

12. Что называется статизмом САУ?
  13. Назовите достоинства и недостатки статического и астатического регулирования?
- Динамический режим САУ
1. Какой режим САУ называется динамическим?
  2. Что называется регулированием?
  3. Назовите возможные виды переходных процессов в САУ. Какие из них являются допустимыми для нормальной работы САУ?
  4. Что называется уравнением динамики? Каков его вид?
  5. Как провести теоретическое исследование динамики САУ?
  6. Что называется линеаризацией?
  7. В чем геометрический смысл линеаризации?
  8. В чем состоит математическое обоснование линеаризации?
  9. Почему уравнение динамики САУ называется уравнением в отклонениях?
  10. Справедлив ли для уравнения динамики САУ принцип суперпозиции? Почему?
  11. Как звено с двумя и более входами представить схемой, состоящей из звеньев с одним входом?
  12. Запишите линеаризованное уравнение динамики в обычной и в операторной формах?
  13. В чем смысл и какими свойствами обладает дифференциальный оператор  $p$ ?
  14. Что называется передаточной функцией звена?
  15. Запишите линеаризованное уравнение динамики с использованием передаточной функции. Справедлива ли эта запись при ненулевых начальных условиях? Почему?
  16. Что называется динамическим коэффициентом усиления звена?
  17. Что называется характеристическим полиномом звена?
  18. Что называется нулями и полюсами передаточной функции?
  19. Что называется динамическим звеном?
  20. Что называется структурной схемой САУ?
  21. Что называется элементарными и типовыми динамическими звеньями?
  22. Как сложную передаточную функцию разложить на передаточные функции типовых звеньев?
- Структурные схемы САУ
1. Перечислите типичные схемы соединения звеньев САУ?
  2. Как преобразовать цепь последовательно соединенных звеньев к одному звену?
  3. Как преобразовать цепь параллельно соединенных звеньев к одному звену?
  4. Как преобразовать обратную связь к одному звену?
  5. Что называется прямой цепью САУ?
  6. Что называется разомкнутой цепью САУ?
  7. Как перенести сумматор через звено по ходу и против движения сигнала?
  8. Как перенести узел через звено по ходу и против движения сигнала?
  9. Как перенести узел через узел по ходу и против движения сигнала?
  10. Как перенести сумматор через сумматор по ходу и против движения сигнала?
  11. Как перенести узел через сумматор и сумматор через узел по ходу и против движения сигнала?

#### Временные характеристики

1. Что называется и какие Вы знаете типовые входные воздействия? Для чего они нужны?
2. Что называется переходной характеристикой?
3. Что называется импульсной переходной характеристикой?
4. Что называется временными характеристиками?
5. Как получить кривую переходного процесса при сложной форме входного воздействия, если известна переходная характеристика звена?
6. Что называется безинерционным звеном, его уравнение динамики, передаточная функция, вид переходной характеристики?
7. Что называется интегрирующим звеном, его уравнение динамики, передаточная функция, вид переходной характеристики?
8. Что называется аperiodическим звеном, его уравнение динамики, передаточная функция, вид переходной характеристики?
9. Что называется колебательным звеном, его уравнение динамики, передаточная функция, вид переходной характеристики?
10. Что называется консервативным звеном, его уравнение динамики, передаточная функция, вид переходной характеристики?
11. Что называется идеальным дифференцирующим звеном? Почему его нельзя реализовать?
12. Что называется реальным дифференцирующим звеном, его уравнение динамики, передаточная функция, вид переходной характеристики?

#### Частотные характеристики

1. Что называется частотными характеристиками?
2. Как получить частотные характеристики опытным путем?

3. Как получить частотные характеристики теоретическим путем по известной передаточной функции звена?
  4. Что такое и как получить АФЧХ?
  5. Что такое и как получить АЧХ?
  6. Что такое и как получить ФЧХ?
  7. Что такое и как получить ЛАЧХ?
  8. Что такое и как получить ЛФЧХ?
  9. Как построить годограф АФЧХ?
  10. Постройте АФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ безынерционного звена.
  11. Постройте АФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ интегрирующего звена.
  12. Постройте АФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ апериодического звена.
  13. Постройте АФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ колебательного звена.
  14. Постройте АФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ консервативного звена.
  15. Постройте ЛАЧХ и ЛФЧХ идеального дифференцирующего звена.
  16. Постройте ЛАЧХ и ЛФЧХ идеального форсирующего звена.
  17. Как изменятся ЛАЧХ и ЛФЧХ звена, если коэффициент усиления возрастет в 100 раз?
  18. Для чего служит правило зеркала.
- ЧХ разомкнутых САУ**
1. Что представляет собой разомкнутая одноконтурная САУ?
  2. Почему для построения ЧХ разомкнутых одноконтурных САУ удобно пользоваться логарифмическими характеристиками?
  3. Чем отличается ЛФЧХ от ФЧХ?
  4. Постройте ЛАЧХ и ЛФЧХ САУ с передаточной функцией
  5. Постройте ЛАЧХ и ЛФЧХ САУ с передаточной функцией
  6. Как определить уравнение динамики реального звена, если не известен его механизм, но известно как задать входное воздействие и как померить выходное?
  7. Что называется законом регулирования?
  8. Как реализовать пропорциональный закон регулирования?
  9. Зачем в регулятор добавляют дифференцирующие и форсирующие звенья?
  10. Зачем в регулятор добавляют интегрирующие звенья?
- Алгебраические критерии устойчивости**
1. Что понимают под устойчивостью САУ в малом и в большом?
  2. Какой вид имеет решение уравнения динамики САУ?
  3. Как найти вынужденную составляющую решения уравнения динамики САУ?
  4. Какой вид имеет свободная составляющая решения уравнения динамики САУ?
  5. Что такое характеристическое уравнение?
  6. Какой вид имеют корни характеристического уравнения?
  7. Как связаны корни характеристического уравнения с устойчивостью ЛСАУ?
  8. Чем отличаются правые и левые корни характеристического уравнения?
  9. Сформулируйте условие устойчивости ЛСАУ.
  10. Сформулируйте условие устойчивости систем по Ляпунову.
  11. Что такое граница устойчивости?
  12. Что такое критерии устойчивости?
  13. Сформулируйте условие устойчивости ЛСАУ.
  14. Сформулируйте критерий Рауса.
  15. Сформулируйте критерий Гурвица.
  16. В чем достоинства и недостатки алгебраических критериев устойчивости?
- Частотные критерии устойчивости**
1. Что называется частотными критериями устойчивости САУ?
  2. В чем преимущество частотных критериев устойчивости перед алгебраическими?
  3. Сформулируйте критерий устойчивости Михайлова.
  4. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста.
  5. Сформулируйте логарифмический критерий устойчивости.
- Запас устойчивости**
1. Какие САУ считаются структурно устойчивыми и структурно неустойчивыми?
  2. В каком квадранте уходит в бесконечность АФЧХ разомкнутой САУ если порядок астатизма равен трем? Является ли такая САУ структурно устойчивой в замкнутом состоянии?
  3. Как сделать устойчивой структурно неустойчивую САУ?
  4. Что называется запасом устойчивости по амплитуде (модулю)?
  5. Что называется запасом устойчивости по фазе?
  6. Что называется частотой среза?
  7. Сформулируйте критерий Найквиста для логарифмических характеристик.
- Интегральный методы оценки качества САУ**

1. Как влияет на качество управления близость корня характеристического полинома САУ к мнимой оси комплексной плоскости?
2. Как влияет на качество управления угол раскрытия трапеции области корней?
3. Как определить степень устойчивости САУ?
4. Как определить колебательность САУ?
5. Как можно вычислить время переходного процесса, зная как расположены корни характеристического полинома на комплексной плоскости?
6. Что называется интегральными критериями качества САУ?
7. Как определить линейную и квадратичную оценки качества управления?
8. В чем недостатки линейной и квадратичной оценок качества управления?

### Вопросы к экзамену

1. Основные понятия теории автоматического управления. ( Понятие об управлении. Роль информации в управлении. Объекты автоматического управления. Задачи теории автоматического управления.).
2. Принципы автоматического управления.
3. Функциональная схема системы автоматического управления.
4. Классификация САУ. Примеры САУ, САР.
5. Математическое описание САУ и САР. Моделирование САУ и САР. Разбиение САУ и САР на звенья. Статические и динамические характеристики звеньев САУ и САР.
6. Математическое описание САУ и САР. Моделирование САУ и САР. Примеры составления дифференциальных уравнений звеньев САУ и САР. Составление дифференциальных уравнений САУ и САР в целом.
7. Линейные системы автоматического управления и регулирования (ЛСАУ и ЛСАР). Общие сведения. Передаточная функция ЛСАУ и ЛСАР.
8. Передаточная функция ЛСАУ и ЛСАР. Свойства передаточной функции. Интеграл Дюамеля.
9. Переходная функция ЛСАУ и ЛСАР и ее свойства.
10. Весовая функция ЛСАУ и ЛСАР и ее свойства.
11. Частотные и логарифмические характеристики ЛСАУ и ЛСАР.
12. Типовые звенья ЛСАУ и ЛСАР. Пропорциональное звено и его характеристики.
13. Типовые звенья ЛСАУ и ЛСАР. Запаздывающее звено и его характеристики.
14. Типовые звенья ЛСАУ и ЛСАР. Дифференцирующее звено и его характеристики.
15. Типовые звенья ЛСАУ и ЛСАР. Инерционно-дифференцирующее звено и его характеристики.
16. Типовые звенья ЛСАУ и ЛСАР. Инерционное звено и его характеристики.
17. Типовые звенья ЛСАУ и ЛСАР. Интегрирующее звено и его характеристики.
18. Типовые звенья ЛСАУ и ЛСАР. Интегро-дифференцирующее звено и его характеристики.
19. Типовые звенья ЛСАУ и ЛСАР. Колебательное звено и его характеристики.
20. Соединения звеньев и преобразование структурных схем ЛСАУ и ЛСАР. Последовательное соединение звеньев.
21. Соединения звеньев и преобразование структурных схем ЛСАУ и ЛСАР. Параллельное соединение звеньев.
22. Соединения звеньев и преобразование структурных схем ЛСАУ и ЛСАР. Параллельное соединение звеньев с обратной связью.
23. Соединения звеньев и преобразование структурных схем ЛСАУ и ЛСАР. Комбинированное соединение звеньев. Правила преобразования структурных схем
24. Устойчивость ЛСАУ и ЛСАР. Основные понятия и определения.
25. Взаимосвязь устойчивости ЛСАУ и ЛСАР с весовой функцией.
26. Связь устойчивости ЛСАУ и ЛСАР с корнями характеристического уравнения.
27. Устойчивость ЛСАУ и ЛСАР. Алгебраические критерии устойчивости ЛСАУ и ЛСАР. Критерий Гурвица.
28. Устойчивость ЛСАУ и ЛСАР. Алгебраические критерии устойчивости ЛСАУ и ЛСАР. Критерий Рауса.
29. Устойчивость ЛСАУ и ЛСАР. Частотные критерии устойчивости ЛСАУ и ЛСАР. Критерий Михайлова.
30. Устойчивость ЛСАУ и ЛСАР. Частотные критерии устойчивости ЛСАУ и ЛСАР. Критерий Найквиста.
31. Устойчивость ЛСАУ и ЛСАР. Логарифмические критерии устойчивости.
32. Исследование качества ЛСАУ и ЛСАР. Показатели качества переходного процесса.
33. Исследование качества ЛСАУ и ЛСАР. Запас устойчивости по фазе и амплитуде.
34. Интегральные характеристики качества ЛСАУ и ЛСАР
35. Нелинейные САУ. Особенности НСАУ. Метод линеаризации. Устойчивость НСАУ. Теоремы Ляпунова.
36. Нелинейные САУ. Фазовое пространство, фазовая траектория и фазовый портрет

37. Синтез систем регулирования. Выбор последовательных корректирующих устройств.
38. Синтез систем регулирования. Выбор параллельных корректирующих устройств в виде обратных связей.
39. Синтез систем регулирования. Построение желаемой ЛАЧХ скорректированной системы.
40. Синтез систем регулирования. Корректирующие звенья. Их типы и реализация.

### **Экзамен**

Допуском к экзамену является успешное прохождение текущего контроля и сдача практических работ.

Оценка за экзамен выставляется по результатам ответов на 2 вопроса экзаменационного билета.

Критерии оценивания:

- Оценка “Отлично” выставляется студенту, прочно усвоившему программный материал, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагающему. При этом студент не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с литературой, правильно обосновывает принятые решения.
- Оценка “Хорошо” выставляется студенту, знающему программный материал, грамотно и по существу излагающему его, который не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
- Оценка “Удовлетворительно” выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала.
- Оценка “Неудовлетворительно” выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями пытается ответить на вопросы.



КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-4	
4	7	<b>Раздел 1. Введение в теорию управления.</b>	6	4	2	2	2	10	Вопросы для текущего контроля, Вопросы/ задания по темам ПЗ
4	7	<b>Раздел 2. Математическое описание САУ, САР.</b>	6	4	2	2	2	15	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену, Вопросы/ задания по темам ПЗ
4	7	<b>Раздел 3. Линейные САУ (ЛСАУ).</b>	43	18	14	4	25	15	Вопросы для текущего контроля, Вопросы/ задания по темам ПЗ
4	7	<b>Раздел 4. Устойчивость ЛСАУ.</b>	39	17	14	3	22	15	Вопросы для текущего контроля, Вопросы/ задания по темам ПЗ
4	7	<b>Раздел 5. Качество ЛСАУ.</b>	6	4	2	2	2	15	Вопросы для текущего контроля, Вопросы/ задания по темам ПЗ



4	7	<b>Раздел 6. Введение в синтез САУ и САР.</b>	4	2	0	2	2	15	Вопросы для текущего контроля, Вопросы/ задания по темам ПЗ
4	7	<b>Раздел 7. Понятие о нелинейных системах управления (НСАУ).</b>	4	2	0	2	2	15	Вопросы для текущего контроля, Вопросы/ задания по темам ПЗ
<b>Всего за 7 семестр</b>			108	51	34	17	57	100	
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	34	17	57	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-4

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Что такое разомкнутая система автоматического управления?
  - № 2 Что является целью управления в следящей системе?
  - № 3 Что такое замкнутая система?
  - № 4 Что представляет собой обратная связь?
  - № 5 В каких системах реализуется принцип управления по возмущению?
  - № 6 Что является целью управления в системе программного управления?
  - № 7 Что является целью управления в системах стабилизации?
  - № 8 В каких системах реализуется принцип управления по отклонению?
  - № 9 Что такое интеграл Дюамеля?
  - № 10 Какой тип системы управления представляет канал боковой стабилизации МБР 8К99
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Передаточная функция линейной системы автоматического управления определяется это ?
    1.  $W(p) = X(p)/Y(p)$ ;
    2.  $W(p) = Y(p)/X(p)$  при нулевых начальных условиях;
    3.  $W(t) = y(t)/x(t)$ ;
    4.  $W(t) = y(t)*x(t)$ .

Здесь  $y(t)$  – выход,  $x(t)$  – вход,  $L$  – преобразование Лапласа

$X(p) = L\{x(t)\}$ ,  $Y(p) = L\{y(t)\}$
  - № 2 Используя критерий Найквиста можно судить об устойчивости:
    1. разомкнутой системы по характеристикам замкнутой системы;
    2. разомкнутой системы по характеристикам другой разомкнутой системы;
    3. замкнутой системы по характеристикам разомкнутой системы;
    4. замкнутой системы по характеристикам другой замкнутой системы.
  - № 3 Что такое частотная характеристика ЧХ линейной системы автоматического управления САУ (частотная передаточная функция) ?
    1.  $ЧХ = Y(p)/X(p)$ ;
    2.  $ЧХ = y(t)+x(t)$ ;
    3.  $ЧХ = W(i*\omega)$ ;
    4.  $ЧХ = y(t)*x(t)$ .

Здесь  $y(t)$  – выход,  $x(t)$  – вход,  $L$  – преобразование Лапласа,

$X(p) = L\{x(t)\}$ ,  $Y(p) = L\{y(t)\}$

$W(p) = Y(p)/X(p)$  – передаточная функция,

$p = \sigma + i*\omega$
  - № 4 В соответствии с критерием Рауса система устойчива, если:
    1. коэффициенты, стоящие на главной диагонали преобразованного к треугольному виду определителя Гурвица, должны быть положительными;

2. коэффициенты, стоящие на главной диагонали, преобразованного к треугольному виду определителя Гурвица, должны быть отрицательными;
  3. коэффициенты, стоящие на главной диагонали преобразованного к треугольному виду определителя Гурвица, должны быть положительными или отрицательными;
  4. коэффициенты, стоящие на главной диагонали преобразованного к треугольному виду определителя Гурвица, должны быть положительными или нулевыми.
- № 5 В соответствии с критерием Гурвица система устойчива, если:
1. количество положительных и отрицательных миноров определителя Гурвица одинаково;
  2. определитель матрицы Гурвица отрицательный;
  3. все главные диагональные миноры определителя Гурвица положительны;
  4. все главные диагональные миноры определителя Гурвица отрицательны.
- № 6 Что такое переходная функция линейной системы автоматического управления?
1. сигнал на выходе системы при подаче на ее вход функции Дирака.
  2. сигнал на выходе системы при подаче на ее вход линейно растущего сигнала;
  3. сигнал на выходе системы при подаче на ее вход гармонической функции;
  4. сигнал на выходе системы при подаче на ее вход единичной функции (единичного скачка);
- № 7 Весовая функция системы равна:
1. производной от переходной функции системы;
  2. оригиналу передаточной функции системы;
  3. производной от передаточной функции системы;
  4. интегралу от переходной функции системы.
- № 8 Канал управления углом тангажа МБР 8К99( канал управления нормальной скоростью) это:
1. система стабилизации;
  2. следящая система;
  3. система программного управления;
  4. система, основанная на принципе управления по возмущению
- № 9 В соответствии с критерием Михайлова для устойчивой системы годограф Михайлова при  $\omega=0$  начинается:
1. на вещественной положительной полуоси;
  2. в начале координат;
  3. на вещественной отрицательной полуоси;
  4. на мнимой положительной полуоси.
- № 10 Система одинакового опорожнения баков МБР 8К99 это:
1. система стабилизации;
  2. следящая система;

3. система программного управления;
4. система, основанная на принципе управления по возмущению