

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления беспилотными летательными аппаратами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	
3	6	4	144	68	34	17	17	76	0	0	76	экз.
4	7	5	180	51	34	0	17	129	36	0	93	диф. зач.
4	8	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	зач.
ВСЕГО		12	432	153	85	17	51	279	36	0	243	

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Петрова Ирина Леонидовна, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА**

### **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:

ПК-5 — Способен к разработке структуры систем управления БПЛА

ПК-6 — Способен к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## ПК-5

*знания:*

на уровне представлений:

- знать назначение и задачи систем управления (СУ) беспилотных летальных аппаратов (БПЛА);
- знать структуру, принципы и методы построения математических моделей систем автоматического управления (САУ), передаточные функции и частотные характеристики САУ БПЛА;
- знать методы анализа устойчивости и точности САУ при детерминированных и случайных воздействиях, синтез корректирующих устройств;

• знать методы исследования САУ БПЛА;

*умения:*

теоретически и практически уметь –

- составлять алгоритмы и математические модели САУ БПЛА;
- выполнять анализ и синтез САУ БПЛА;
- проводить исследование САУ методами математического и натурного моделирования;
- выполнять анализ устойчивости и качества САУ БПЛА;

*навыки:*

основными методами анализа и синтеза САУ БПЛА:

- математическим аппаратом теории непрерывных линейных САУ ;
- математическим аппаратом теории непрерывных нелинейных САУ;
- математическим аппаратом теории дискретных САУ;
- методами анализа устойчивости и точности непрерывных линейных САУ;
- методами анализа устойчивости и точности непрерывных нелинейных САУ;
- методами анализа устойчивости и точности дискретных САУ;
- методами коррекции САУ БПЛА.

## ПК-6

*знания:*

на уровне представлений:

- знать назначение, задачи, алгоритмы систем управления беспилотных летальных аппаратов (БПЛА);

- знать методы исследования систем автоматического управления БПЛА;

на уровне воспроизведения и понимания:

- знать назначение, задачи, алгоритмы систем управления БПЛА;
- знать методы исследования систем автоматического управления (САУ);
- знать алгоритмы, принципы и методы построения математических моделей САУ, передаточные функции и частотные характеристики САУ БПЛА;
- знать методы анализа устойчивости и точности САУ при детерминированных и случайных воздействиях, синтез корректирующих устройств;

*умения:*

теоретически и практически уметь –

- составлять алгоритмы функционирования САУ БПЛА;
- составлять математические модели САУ БПЛА;
- выполнять анализ и синтез САУ БПЛА;
- проводить исследование САУ методами математического моделирования;
- выполнять анализ устойчивости и качества САУ;

*навыки:*

иметь навыки и владеть –

основными методами анализа и синтеза САУ БПЛА:

- математическим аппаратом теории САУ ;
- методами анализа устойчивости и точности САУ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ, ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ, ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОГРАММ, РЯДЫ ФУРЬЕ, ОПЕРАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА, АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ДИНАМИКЕ ПОЛЕТА, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-9 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ПК-3 — Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА
- ПК-91 — способен к коммуникации и кооперации в цифровой среде, использованию различных цифровых средств, позволяющих во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей
- ПК-94 — Способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач
- ПК-95 — Способен к критическому мышлению в цифровой среде, оценке информации, ее достоверности, построению логических умозаключений на основании поступающих информации и данных
- УК-6 — Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 12 з.е., 432 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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-5	ПК-6
3	6	<b>Раздел 1. Основные понятия теории автоматического управления.</b> 1.1.Общее понятие о системе и её составе, типовая функциональная схема САУ. Состав и назначение элементов САУ. Фундаментальные принципы управления. Классификация автоматических систем в зависимости от характера изменения управляющего воздействия. 1.2.Основные способы математического описания систем управления. Дифференциальные уравнения САУ. Линеаризация уравнений. Использование экспериментальных характеристик. Примеры составления и линеаризации уравнений элементов САУ. 1.3.Понятие о линейной стационарной системе и её передаточной функции. Типовые динамические звенья. 1.4.Временные характеристики: импульсная и переходная функции линейной стационарной системы, способы их получения. Определение импульсной переходной функции моделированием. 1.5.Связь между характеристиками линейных стационарных систем. Определение реакции САУ на произвольное воздействие через временные характеристики. 1.6.Классификация динамических звеньев. Минимально-фазовые и неминимально-фазовые звенья. 1.7.Передаточная функция линейной стационарной системы. Структурная схема системы. Построение и преобразование структурных схем.	39	19	10	4	5	20	10	10
3	6	<b>Раздел 2. Частотные характеристики линейной стационарной системы.</b> 2.1. Физический смысл частотной характеристики. Способы представления частотных характеристик. 2.2. Амплитудно-фазовые (АФХ) и логарифмические частотные характеристики (ЛЧХ) типовых звеньев. 2.3. ЛЧХ разомкнутых одноконтурных систем. Примеры построения ЛЧХ цепочки последовательно соединенных звеньев. 2.4. Алгоритм построения асимптотических ЛЧХ систем. Примеры построения.	47	21	10	5	6	26	10	10
3	6	<b>Раздел 3. Показатели устойчивости и качества систем автоматического управления.</b> Раздел 3. Показатели устойчивости и качества систем автоматического управления. 3.1. Понятия свободного и вынужденного процессов в системе управления. Понятие об устойчивости линейной стационарной системы, необходимое и достаточное условие асимптотической устойчивости. 3.2. Алгебраические критерии асимптотической устойчивости. 3.3. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова. 3.4. Амплитудно-фазовый критерий устойчивости Найквиста. Запасы устойчивости. Обобщение критерия Найквиста на астатические системы. 3.5. Анализ устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам. Определение запасов устойчивости. 3.6. Оценка качества регулирования по переходной функции. Корневые методы оценки качества регулирования. 3.7.Оценка точности систем управления при степенных воздействиях. Коэффициенты ошибок. Понятие порядка астатизма и структурный признак астатизма системы. 3.8. Оценка точности при гармонических воздействиях. Частотные показатели качества. 3.9. Основные способы коррекции. Классификация корректирующих устройств. Корректирующие обратные связи. 3.10. Постановка задачи синтеза линейных систем.	58	28	14	8	6	30	15	15
Всего за 6 семестр			144	68	34	17	17	76	35	35
4	7	<b>Раздел 4. Элементы современной теории управления.</b> Раздел 4. Элементы современной теории управления. 1.1. Понятия полной и частичной управляемости. Критерии управляемости. 1.2. Понятия полной и частичной наблюдаемости. Критерии наблюдаемости. 1.3. Постановка задачи оценивания состояния объекта управления. Наблюдатели состояния. 1.4. Идентификация внешних воздействий на систему. 1.5. Принципы построения модальных регуляторов по состоянию и по выходу объекта управления.	37	8	6	0	2	29	5	5
4	7	<b>Раздел 5. Анализ процессов в нелинейных системах.</b> 2.1. Классификация нелинейностей. 2.2. Особенности процессов в нелинейных системах. Задачи и методы теории нелинейных систем. 2.3. Расчет процессов в нелинейных системах. Метод припасовывания. 2.4. Анализ нелинейных систем методами Ляпунова.	42	12	8	0	4	30	10	10
4	7	<b>Раздел 6. Частотные методы анализа нелинейных систем.</b> 3.1. Метод гармонической линеаризации: основные положения, способы вычисления коэффициентов гармонической линеаризации. 3.2. Алгебраический способ определения параметров периодических режимов и исследования их устойчивости. 3.3. Частотный способ определения параметров периодических режимов и исследования их устойчивости. 3.4. Понятие абсолютной устойчивости нелинейной системы. Критерий абсолютной устойчивости В.М. Попова. 3.5. Исследование автоколебаний и абсолютной устойчивости.	52	18	12	0	6	34	10	10
4	7	<b>Раздел 7. Метод фазового пространства.</b> 4.1. Выбор базиса и построение фазовых портретов нелинейных систем. 4.2. Типы особых точек и особых линий, расчет и анализ устойчивости состояний равновесия системы. 4.3. Анализ и синтез нелинейных законов управления методом фазовой плоскости. 4.4. Системы с переменной структурой. Скользящие режимы в нелинейных системах. 4.5. Исследование системы с переменной структурой.	49	13	8	0	5	36	10	10
Всего за 7 семестр			180	51	34	0	17	129	35	35

4	8	Раздел 8. Дискретные системы автоматического управления БПЛА. 1.1. Введение. 1.2. Содержание дисциплины. 1.3. Решаемые задачи. 1.4. Историческая справка.	3	1	1	0	0	2	5	5
4	8	Раздел 9. Методы описания дискретных систем автоматического управления БПЛА во временной области. 2.1. Методы описания дискретных систем автоматического управления БПЛА во временной области. 2.2. Дискретные системы: импульсные, цифровые, релейные. 2.3. Виды модуляции. 2.4. Решетчатая функция.	12	4	2	0	2	8	5	5
4	8	Раздел 10. Математические основы импульсных систем в виде разностных уравнений и структурных схем. 3.1. Математические основы импульсных систем в виде разностных уравнений и структурных схем. 3.2. Идеальный импульсный элемент. 3.3. Передаточные функции.	17	7	3	0	4	10	5	5
4	8	Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления. Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления. 4.1. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления. 4.2. W-преобразование. 4.3. Логарифмические частотные характеристики.	28	8	4	0	4	20	5	5
4	8	Раздел 12. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления БПЛА. 5.1. Методы и критерии определения устойчивости дискретных систем автоматического управления БПЛА. 5.2. Методы и критерии определения качества дискретных систем автоматического управления БПЛА.	30	10	5	0	5	20	5	5
4	8	Раздел 13. Точность и коррекция дискретных систем автоматического управления БПЛА. 6.1. Методы определения точности дискретных систем автоматического управления БПЛА. 6.2. Методы коррекции дискретных систем автоматического управления БПЛА.	18	4	2	0	2	14	5	5
Всего за 8 семестр			108	34	17	0	17	74	30	30
Всего по дисциплине			432	153	85	17	51	279	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия теории автоматического управления.	Контрольная работа № 1 по разд. 1.3-1.7	1
2		Дифференциальные уравнения и передаточные функции систем автоматического управления	2
3		Преобразование структурных схем	0.5
4		Импульсные и переходные функции звеньев. Вычисление реакции САУ на внешние воздействия	1.5
5	Раздел 2. Частотные характеристики линейной стационарной системы.	Логарифмические частотные характеристики звеньев. Построение амплитудно-фазовых частотных характеристик	2
6		Построение логарифмических частотных характеристик разомкнутых одноконтурных систем. Построение асимптотической ЛАХ и ЛФЧХ разомкнутых контуров стабилизации	3
7		Контрольная работа № 1 по разд. 2.1 - 2.4	1
8	Раздел 3. Показатели устойчивости и качества систем автоматического управления.	Контрольная работа № 2 по разд. 3.1-3.8	2
9		Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Примеры использования критериев устойчивости Гурвица, Михайлова, Найквиста	2
10		Анализ устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам. Определение запасов устойчивости по ЛЧХ. Построение области устойчивости по методу Д-разбиения	2
Всего за 6 семестр			17
11	Раздел 4. Элементы современной теории управления.	Понятия полной и частичной управляемости. Критерии управляемости. Понятия полной и частичной наблюдаемости. Критерии наблюдаемости Исследование линейной системы угловой стабилизации БПЛА. (Практическое задание №1.)	1
12		Постановка задачи оценивания состояния объекта управления. Наблюдатели состояния. Идентификация внешних воздействий на систему Исследование линейной системы угловой стабилизации БПЛА. (Практическое задание №1.)	1
13	Раздел 5. Анализ процессов в нелинейных системах.	Классификация нелинейностей. Особенности процессов в нелинейных системах. Задачи и методы теории нелинейных систем	1
14		Расчет процессов в нелинейных системах. Метод припасовывания. Анализ нелинейных систем методами Ляпунова	3

15	Раздел 6. Частотные методы анализа нелинейных систем.	Контрольная работа № 1 по разд. 3.1-3.5	1
16		Алгебраический способ определения параметров периодических режимов и исследования их устойчивости. Частотный способ определения параметров периодических режимов и исследования их устойчивости. Понятие абсолютной устойчивости нелинейной системы. Критерий абсолютной устойчивости В.М. Попова	1
17		Метод гармонической линеаризации: основные положения, способы вычисления коэффициентов гармонической линеаризации	1
18		Исследование автоколебаний и абсолютной устойчивости. Исследование нелинейной системы угловой стабилизации БПЛА методом гармонической линеаризации. (Практическое задание №2)	2
19		Исследование нелинейной системы угловой стабилизации БПЛА методом гармонической линеаризации. (Практическое задание №2)	1
20		Выбор базиса и построение фазовых портретов нелинейных систем	1
21		Системы с переменной структурой. Скользящие режимы в нелинейных системах. Исследование системы с переменной структурой	1
22	Раздел 7. Метод фазового пространства.	Контрольная работа № 2 по разд. 4.1-4.5	1
23		Типы особых точек и особых линий, расчет и анализ устойчивости состояний равновесия системы. Исследование нелинейной системы угловой стабилизации БПЛА. (Практическое задание №3.)	1.5
24		Исследование нелинейной системы угловой стабилизации БПЛА. (Практическое задание №3.)	0.5
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>17</b>
25	Раздел 9. Методы описания дискретных систем автоматического управления БПЛА во временной области.	Исследование дискретных моделей контуров стабилизации БПЛА. (Практическое задание №1.)	2
26	Раздел 10. Математические основы импульсных систем в виде разностных уравнений и структурных схем.	Контрольная работа №1	2
27		Исследование дискретных моделей контуров стабилизации БПЛА. (Практическое задание №1.)	2
28	Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления.	Контрольная работа №2	2
29		Исследование точности и устойчивости контуров стабилизации БПЛА с импульсным элементом. (Практическое задание №2.)	2
30	Раздел 12. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления БПЛА.	Исследование устойчивости и качества контуров стабилизации БПЛА с импульсным элементом	2
31		Исследование точности и устойчивости контуров стабилизации БПЛА с импульсным элементом. (Практическое задание №2.)	3
32	Раздел 13. Точность и коррекция дискретных систем автоматического управления БПЛА.	Методы коррекции дискретных систем автоматического управления БПЛА	2
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>17</b>



### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия теории автоматического управления.	Определение временных характеристик САУ	4
2	Раздел 2. Частотные характеристики линейной стационарной системы.	Определение частотных и логарифмических частотных характеристик САУ	5
3	Раздел 3. Показатели устойчивости и качества систем автоматического управления.	Разработка математической модели САУ	4
4		Определение устойчивости и точности САУ	4
Всего за 6 семестр			17
Всего за 7 семестр			0
Всего за 8 семестр			0

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия теории автоматического управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям № 1-4, лабораторной работе № 1 и контрольной работе № 1.	20
2	Раздел 2. Частотные характеристики линейной стационарной системы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям № 5- 6, лабораторной работе № 2, контрольной работе №1	26
3	Раздел 3. Показатели устойчивости и качества систем автоматического управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям № 7, 8 и контрольной работе № 2. Подготовка к лабораторной работе №3	30
<b>Всего за 6 семестр</b>			76
4	Раздел 4. Элементы современной теории управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям 1 - 3, подготовка и выполнение практического задания №1, подготовка к контрольной работе № 1	19
5		ЭТАП 1 выполнения курсового проекта (КП): Обзор литературы по теме курсового проекта. Расчет характерной траектории движения, выбранного прототипа ЛА. Расчет динамических коэффициентов и параметров передаточных функций объекта исследования. 1. Обзор литературы по теме курсового проекта. Анализируя и обобщая сведения из литературных источников, приводятся данные об исследуемом прототипе ЛА: основные геометрические и тактико-технические характеристики, параметры траектории движения, системы наведения, аэродинамические коэффициенты и т.д. 2. Расчет характерной траектории движения, выбранного прототипа ЛА. 2.1 На основании общих математических моделей динамики движения ЛА, приведенных в рекомендуемой литературе, используя изученные методы упрощения и аналитического моделирования, выводятся математические модели, описывающие движение прототипа на заданном для исследования участке траектории. 2.2 По разработанным математическим моделям производится численное моделирование	10

		движения ЛА. При расчете на траектории выбирается точка, соответствующая невозмущенному движению (динамические коэффициенты при конкретном, заданном руководителем КП, числе Маха)	
6		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания №2, подготовка к практическим занятиям 4 - 5	20
7	Раздел 5. Анализ процессов в нелинейных системах.	ЭТАП 1 выполнения КП: Обзор литературы по теме курсового проекта. Расчет характерной траектории движения, выбранного прототипа ЛА. Расчет динамических коэффициентов и параметров передаточных функций объекта исследования. 3. Расчет динамических коэффициентов и параметров передаточных функций объекта исследования. 3.1 Применяя методы теории автоматического управления, разработанные в п.2 математические модели (в виде системы дифференциальных уравнений) должны быть представлены в виде передаточных функций. Для этого выводятся формулы и рассчитываются динамические коэффициенты, с помощью которых и осуществляется переход от дифференциальных уравнений к передаточным функциям. 3.2 Динамические коэффициенты и параметры передаточных функций объекта исследования рассчитываются для конкретного числа Маха, соответствующего числу Маха в выбранной точке на траектории (п.2)	10
8		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания № 2, подготовка к контрольной работе № 1, практическим занятиям 6 - 11	26
9	Раздел 6. Частотные методы анализа нелинейных систем.	ЭТАП 2 выполнения КП: Анализ контура стабилизации (по заданию руководителя). Расчет переходных процессов контура стабилизации, оценка показателей качества. Исследование характерной траектории движения ЛА с учетом управления. 4. Анализ контура стабилизации (по заданию руководителя). 4.1 Обосновывается выбор контура стабилизации, как наиболее значимого при исследовании движения ЛА на заданном участке траектории. 4.2 Выводятся передаточные функции выбранного контура стабилизации. На основании метода Д-разбиения, осуществляется построение области устойчивости и выбор из этой области передаточных чисел автопилота. Границы области устойчивости определяются аналитически, их построение в пакетах математического моделирования возможно лишь для проверки правильности вычислений. 4.3 Производится построение логарифмических амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик разомкнутой системы двумя способами: методами аналитического и математического моделирования. 4.4 Производится определение запасов устойчивости по амплитуде и фазе на основании результатов построенных графиков АЧХ и ФЧХ и аналитическим методом	8
10	Раздел 7. Метод фазового пространства.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания №3, подготовка к контрольной работе №2, подготовка к практическим занятиям 12 - 17	28
11		ЭТАП 2 выполнения КП: Анализ контура стабилизации (по заданию руководителя). Расчет переходных процессов контура стабилизации, оценка показателей качества. Исследование характерной траектории движения ЛА с учетом управления. 5. Расчет переходных процессов контура стабилизации, оценка показателей качества. 5.1 Расчет переходных процессов производится с учетом выбранных чисел автопилота путем реализации программы расчета на языке программирования или с применением пакетов математического моделирования. Переходные процессы необходимо рассчитать для трех вариантов чисел автопилота из найденной области устойчивости. 5.2 Оценка качества осуществляется по всем изученным критериям: по временным характеристикам, по корням характеристического полинома, по частотным характеристикам. 6. Исследование	8

		характерной траектории движения ЛА с учетом управления. 6.1 Расчет характерной траектории выбранного прототипа ЛА с учетом управления производится при найденных передаточных числах автопилота. 6.2 Исследование траекторий движения заключается в выборе оптимальных параметров системы управления для получения требуемых показателей устойчивости и точности разрабатываемой системы	
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>129</b>
12	Раздел 8. Дискретные системы автоматического управления БПЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	2
13	Раздел 9. Методы описания дискретных систем автоматического управления БПЛА во временной области.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, контрольной работе № 1, подготовка и выполнение практического задания №1	8
14	Раздел 10. Математические основы импульсных систем в виде разностных уравнений и структурных схем.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, контрольной работе № 1, подготовка и выполнение практического задания №1	10
15	Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, подготовка и выполнение практического задания №1, подготовка к контрольной работе № 1.	20
16	Раздел 12. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления БПЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, контрольной работе № 2, подготовка и выполнение практического задания №2	20
17	Раздел 13. Точность и коррекция дискретных систем автоматического управления БПЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, подготовка и выполнение Практического задания № 2	14
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>74</b>

### 3.5. Курсовой проект

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
------------------	-------------------	-------------------------

	(недели семестра)	
<p>Этап 1. Название КП: «Разработка математической модели и исследование динамических характеристик летательного аппарата типа «.....» (ЛА выбирается по согласованию с руководителем КП). ЭТАП 1 Обзор литературы по теме курсового проекта. Расчет характерной траектории движения, выбранного прототипа ЛА. Расчет динамических коэффициентов и параметров передаточных функций объекта исследования. 1. Обзор литературы по теме курсового проекта. Анализируя и обобщая сведения из литературных источников, приводятся данные об исследуемом прототипе ЛА: основные геометрические и тактико-технические характеристики, параметры траектории движения, системы наведения, аэродинамические коэффициенты и т.д. 2. Расчет характерной траектории движения, выбранного прототипа ЛА. 2.1 На основании общих математических моделей динамики движения ЛА, приведенных в рекомендуемой литературе, используя изученные методы упрощения и аналитического моделирования, выводятся математические модели, описывающие движение прототипа на заданном для исследования участке траектории. 2.2 По разработанным математическим моделям производится численное моделирование движения ЛА. При расчете на траектории выбирается точка, соответствующая невозмущенному движению (динамические коэффициенты при конкретном, заданном руководителем КП, числе Маха). 3. Расчет динамических коэффициентов и параметров передаточных функций объекта исследования. 3.1 Применяя методы теории автоматического управления, разработанные в п.2 математические модели (в виде системы дифференциальных уравнений) должны быть представлены в виде передаточных функций. Для этого выводятся формулы и рассчитываются динамические коэффициенты, с помощью которых и осуществляется переход от дифференциальных уравнений к передаточным функциям. 3.2 Динамические коэффициенты и параметры передаточных функций объекта исследования рассчитываются для конкретного числа Маха, соответствующего числу Маха в выбранной точке на траектории (п.2)</p>	1 - 8	20
<p>Этап 2. Этап 2. Анализ контура стабилизации (по заданию руководителя). Расчет переходных процессов контура стабилизации, оценка показателей качества. Исследование характерной траектории движения ЛА с учетом управления. 4. Анализ контура стабилизации (по заданию руководителя). 4.1 Обосновывается выбор контура стабилизации, как наиболее значимого при исследовании движения ЛА на заданном участке траектории. 4.2 Выводятся передаточные функции выбранного контура стабилизации. На основании метода D-разбиения, осуществляется построение области устойчивости и выбор из этой области передаточных чисел автопилота. Границы области устойчивости определяются аналитически, их построение в пакетах математического моделирования возможно лишь для проверки правильности вычислений. 4.3 Производится построение логарифмических амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик разомкнутой системы двумя способами: методами аналитического и математического моделирования. 4.4 Производится определение запасов устойчивости по амплитуде и фазе на основании результатов построенных графиков АЧХ и ФЧХ и аналитическим методом. 5. Расчет переходных процессов контура стабилизации, оценка показателей качества. 5.1 Расчет переходных процессов производится с учетом выбранных чисел автопилота путем реализации программы расчета на языке программирования или с применением пакетов математического моделирования. Переходные процессы необходимо рассчитать</p>	9 - 17	16

для трех вариантов чисел автопилота из найденной области устойчивости. 5.2 Оценка качества осуществляется по всем изученным критериям: по временным характеристикам, по корням характеристического полинома, по частотным характеристикам. 6. Исследование характерной траектории движения ЛА с учетом управления. 6.1 Расчет характерной траектории выбранного прототипа ЛА с учетом управления производится при найденных передаточных числах автопилота. 6.2 Исследование траекторий движения заключается в выборе оптимальных параметров системы управления для получения требуемых показателей устойчивости и точности разрабатываемой системы		
<b>Всего за 7 семестр</b>		<b>36</b>

#### 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
6					ВРЗД	ДР		Отч. по ЛР	ВРЗД	ДР		Контр.Р., Отч. по ЛР			ВРЗД	ДР	Отч. по ЛР, Контр.Р.
7					ВРЗД	ДР		Отч. по ПЗ, КП	ВРЗД	ДР		Контр.Р., Отч. по ПЗ			ВРЗД	ДР	Контр.Р., Отч. по ПЗ, КП, диф. зач.
8					ВРЗД	ДР			ВРЗД	ДР					ВРЗД	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- КП – курсовой проект;
- диф. зач. – дифференцированный зачет;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- отчет по ЛР;
- контрольная работа;
- отчет по практическому заданию;
- курсовой проект.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный зачет;
- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, 82 экз.
2. А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
3. В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 42 экз.
4. В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 93 экз.
5. В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 75 экз.
6. В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
7. И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Теория автоматического управления дискретных и цифровых систем летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 44 экз.
8. И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Анализ и синтез дискретных систем автоматического управления летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 36 экз.
9. И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Анализ и синтез дискретных систем автоматического управления летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
10. И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Теория автоматического управления дискретных и цифровых систем летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Автоматизация процессов управления;
2. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук.

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

1. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
4. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### 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:

1. Matlab 2015a SP1;

2. MATLAB R 2015a;
3. Microsoft Windows;
4. Microsoft Office;
5. Bloodshed Dev-C++.

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. образцы РКТ;
2. Bloodshed Dev-C++;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Microsoft Office;
5. MATLAB R 2015a.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. образцы РКТ;
2. Matlab 2015a SP1;
3. MATLAB R 2015a;
4. Microsoft Windows;
5. Microsoft Office;
6. Bloodshed Dev-C++.

### **6.4. 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 **ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-5 Способен к разработке структуры систем управления БПЛА;

ПК-6 Способен к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами анализа и синтеза комплексов и систем управления беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), позволяющими определять основные параметры систем автоматического управления, обеспечивающие требуемое качество управления.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- отчет по ЛР;
- контрольная работа;
- отчет по практическому заданию;
- курсовой проект.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный зачет;
- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **12 з.е., 432 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**85 ч.**), практические занятия (**51 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**279 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 432 ч., из них 153 ч. аудиторных занятий, и 279 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. Основные понятия теории автоматического управления.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям № 1-4, лабораторной работе № 1 и контрольной работе № 1.	В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Практические занятия №№ 1 – 5)) В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Лекции №№ 1 - 6))	20
Итого по разделу 1		20
<b>Раздел 2. Частотные характеристики линейной стационарной системы.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям № 5- 6, лабораторной работе № 2, контрольной работе №1	В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Лекции №№ 7 - 9)) В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления:	26

	СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Практические занятия №№ 3 - 4, Лабораторные работы №№ 1 - 4))	
Итого по разделу 2		26
<b>Раздел 3. Показатели устойчивости и качества систем автоматического управления.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям № 7, 8 и контрольной работе № 2. Подготовка к лабораторной работе №3	В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Лекции №№ 10 - 17)) В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (Практические занятия №№ 1, 6 - 9. Лабораторные работы №№ 4, 6, 7. Домашнее задание №2))	30
Итого по разделу 3		30
<b>Раздел 4. Элементы современной теории управления.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям 1 - 3, подготовка и выполнение практического задания №1, подготовка к контрольной работе № 1	В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 ((Лекции №№ 1 - 2)) А. С. Шальгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных	19
ЭТАП 1 выполнения курсового проекта (КП): Обзор литературы по теме курсового проекта. Расчет характерной траектории движения, выбранного прототипа ЛА. Расчет динамических коэффициентов и параметров передаточных функций объекта исследования. 1. Обзор литературы по теме курсового проекта. Анализируя и обобщая сведения из литературных источников, приводятся данные об исследуемом прототипе ЛА: основные геометрические и тактико-технические характеристики, параметры траектории движения, системы наведения, аэродинамические коэффициенты и т.д. 2. Расчет характерной траектории движения, выбранного прототипа ЛА. 2.1 На основании общих математических моделей динамики движения ЛА, приведенных в рекомендуемой литературе, используя изученные методы упрощения и аналитического моделирования, выводятся математические модели, описывающие движение прототипа на заданном для исследования участке траектории. 2.2 По разработанным математическим моделям производится численное моделирование движения ЛА. При расчете на траектории выбирается точка, соответствующая невозмущенному движению (динамические		10

коэффициенты при конкретном, заданном руководителем КП, числе Маха)	аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 ((Раздел 3))	
Итого по разделу 4		29
<b>Раздел 5. Анализ процессов в нелинейных системах.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания №2, подготовка к практическим занятиям 4 - 5	В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 ((Лекция 3)) А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 ((Раздел 5))	20
ЭТАП 1 выполнения КП: Обзор литературы по теме курсового проекта. Расчет характерной траектории движения, выбранного прототипа ЛА. Расчет динамических коэффициентов и параметров передаточных функций объекта исследования. 3. Расчет динамических коэффициентов и параметров передаточных функций объекта исследования. 3.1 Применяя методы теории автоматического управления, разработанные в п.2 математические модели (в виде системы дифференциальных уравнений) должны быть представлены в виде передаточных функций. Для этого выводятся формулы и рассчитываются динамические коэффициенты, с помощью которых и осуществляется переход от дифференциальных уравнений к передаточным функциям. 3.2 Динамические коэффициенты и параметры передаточных функций объекта исследования рассчитываются для конкретного числа Маха, соответствующего числу Маха в выбранной точке на траектории (п.2)		10
Итого по разделу 5		30
<b>Раздел 6. Частотные методы анализа нелинейных систем.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания № 2, подготовка к контрольной работе № 1, практическим занятиям 6 - 11	В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 ((Лекции №№ 4 - 6)) А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ"	26
ЭТАП 2 выполнения КП: Анализ контура стабилизации (по заданию руководителя). Расчет переходных процессов контура стабилизации, оценка показателей качества. Исследование характерной траектории движения ЛА с учетом управления. 4. Анализ контура стабилизации (по заданию руководителя). 4.1 Обосновывается выбор контура стабилизации, как наиболее значимого при исследовании движения ЛА на заданном участке траектории. 4.2 Выводятся передаточные функции выбранного контура стабилизации. На основании метода D–разбиения, осуществляется построение области устойчивости и выбор из этой области передаточных чисел автопилота. Границы области устойчивости определяются аналитически, их построение в пакетах математического моделирования возможно лишь для проверки правильности вычислений. 4.3 Производится построение логарифмических амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик разомкнутой системы двумя способами: методами аналитического и математического моделирования. 4.4 Производится определение запасов устойчивости по амплитуде и фазе на основании результатов построенных графиков АЧХ и ФЧХ и аналитическим методом		8

	им. Д. Ф. Устинова, 2005 ((Раздел 5))	
Итого по разделу 6		34
<b>Раздел 7. Метод фазового пространства.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания №3, подготовка к контрольной работе №2, подготовка к практическим занятиям 12 - 17	В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 ((Лекции 7, 8, 9)) А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 ((Раздел 5))	28
ЭТАП 2 выполнения КП: Анализ контура стабилизации (по заданию руководителя). Расчет переходных процессов контура стабилизации, оценка показателей качества. Исследование характерной траектории движения ЛА с учетом управления. 5. Расчет переходных процессов контура стабилизации, оценка показателей качества. 5.1 Расчет переходных процессов производится с учетом выбранных чисел автопилота путем реализации программы расчета на языке программирования или с применением пакетов математического моделирования. Переходные процессы необходимо рассчитать для трех вариантов чисел автопилота из найденной области устойчивости. 5.2 Оценка качества осуществляется по всем изученным критериям: по временным характеристикам, по корням характеристического полинома, по частотным характеристикам. 6. Исследование характерной траектории движения ЛА с учетом управления. 6.1 Расчет характерной траектории выбранного прототипа ЛА с учетом управления производится при найденных передаточных числах автопилота. 6.2 Исследование траекторий движения заключается в выборе оптимальных параметров системы управления для получения требуемых показателей устойчивости и точности разрабатываемой системы		8
Итого по разделу 7		36
<b>Раздел 8. Дискретные системы автоматического управления БПЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Теория автоматического управления дискретных и цифровых систем летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Практическая работа № 1. Приложение 1.)) И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Анализ и синтез дискретных систем автоматического управления летательных	2

	аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 ((Разделы 1 - 3. Приложения 2, 3.))	
Итого по разделу 8		2
<b>Раздел 9. Методы описания дискретных систем автоматического управления БПЛА во временной области.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, контрольной работе № 1, подготовка и выполнение практического задания №1	И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Анализ и синтез дискретных систем автоматического управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 ((Разделы 1 - 3. Приложения 2, 3.)) И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Теория автоматического управления дискретных и цифровых систем летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Практическая работа № 1. Приложение 1.))	8
Итого по разделу 9		8
<b>Раздел 10. Математические основы импульсных систем в виде разностных уравнений и структурных схем.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, контрольной работе № 1, подготовка и выполнение практического задания №1	И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Теория автоматического управления дискретных и цифровых систем летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ"	10

	им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Практическая работа № 1. Приложение 1.)) И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Анализ и синтез дискретных систем автоматического управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 ((Разделы 1 - 3. Приложение 2, 3.))	
Итого по разделу 10		10
<b>Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, подготовка и выполнение практического задания №1, подготовка к контрольной работе № 1.	И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Анализ и синтез дискретных систем автоматического управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 ((Разделы 2, 3. Приложение 2, 3, 6.)) И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Теория автоматического управления дискретных и цифровых систем летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Практическая работа № 1. Приложение 1.))	20
Итого по разделу 11		20
<b>Раздел 12. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления БПЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по	И. Л. Петрова,	20

лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка практическим занятиям, контрольной работе № 2, подготовка и выполнение практического задания №2	В. Ю. Емельянов. . Теория автоматического управления дискретных и цифровых систем летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Практическая работа № 3. Приложение 2.)) И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Анализ и синтез дискретных систем автоматического управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 ((Раздел 4. Приложения 1, 4, 5.))	
Итого по разделу 12		20
<b>Раздел 13. Точность и коррекция дискретных систем автоматического управления БПЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, подготовка и выполнение Практического задания № 2	И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Анализ и синтез дискретных систем автоматического управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 ((Раздел 5. Приложения 4, 5, 6)) И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Теория автоматического управления дискретных и цифровых систем летательных	14



	аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 ((Практическая работа № 2.))	
Итого по разделу 13		14

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- контрольная работа;
- отчет по ЛР;
- отчет по практическому заданию;
- курсовой проект;
- дифференцированный зачет;
- экзамен;
- зачет.

### 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 по разделу

Контрольные вопросы для подготовки к экзамену в 6 семестре:

1. Общее понятие о системе и её составе, типовая функциональная схема САУ.
2. Состав и назначение элементов САУ.
3. Фундаментальные принципы управления. Классификация автоматических систем в зависимости от характера изменения управляющего воздействия.
4. Основные способы математического описания систем управления. Дифференциальные уравнения САУ.
5. Линеаризация уравнений. Использование экспериментальных характеристик.
6. Примеры составления и линеаризации уравнений элементов САУ.
7. Понятие о линейной стационарной системе и её передаточной функции.
8. Типовые динамические звенья.
9. Временные характеристики: импульсная и переходная функции линейной стационарной системы, способы их получения.
10. Связь между характеристиками линейных стационарных систем. Определение реакции САУ на произвольное воздействие через временные характеристики.
11. Классификация динамических звеньев.
12. Передаточная функция линейной стационарной системы.
13. Структурная схема системы. Построение и преобразование структурных схем.
14. Физический смысл частотной характеристики. Способы представления частотных характеристик.
15. Амплитудно-фазовые и логарифмические частотные характеристики (ЛЧХ) типовых звеньев.
16. ЛЧХ разомкнутых одноконтурных систем. Примеры построения ЛЧХ цепочки последовательно соединенных звеньев.
17. Алгоритм построения асимптотических ЛЧХ систем. Примеры построения.
18. Понятия свободного и вынужденного процессов в системе управления.
19. Понятие об устойчивости линейной стационарной системы, необходимое и достаточное условие асимптотической устойчивости.
20. Алгебраические критерии асимптотической устойчивости.
21. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова.
22. Амплитудно-фазовый критерий устойчивости Найквиста. Запасы устойчивости. Обобщение критерия Найквиста на астатические системы.
23. Анализ устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам. Определение запасов устойчивости.
24. Оценка качества регулирования по переходной функции. Корневые методы оценки качества регулирования.
25. Оценка точности систем управления при степенных воздействиях. Коэффициенты ошибок. Понятие порядка астатизма и структурный признак астатизма системы.

26. Оценка точности при гармонических воздействиях. Частотные показатели качества.
27. Основные способы коррекции.
28. Классификация корректирующих устройств. Корректирующие обратные связи.
29. Постановка задачи синтеза линейных систем.

Контрольные вопросы для подготовки к дифференцированному зачету в 7 семестре:

1. Понятия полной и частичной управляемости.
2. Критерии управляемости.
3. Понятия полной и частичной наблюдаемости.
4. Критерии наблюдаемости.
5. Постановка задачи оценивания состояния объекта управления.
6. Наблюдатели состояния.
7. Идентификация внешних воздействий на систему.
8. Принципы построения модальных регуляторов по состоянию и по выходу объекта управления.
9. Классификация нелинейностей.
10. Особенности процессов в нелинейных системах.
11. Задачи и методы теории нелинейных систем.
12. Расчет процессов в нелинейных системах.
13. Метод припасовывания.
14. Анализ нелинейных систем методами Ляпунова.
15. Метод гармонической линеаризации: основные положения.
16. Метод гармонической линеаризации: способы вычисления коэффициентов гармонической линеаризации.
17. Алгебраический способ определения параметров периодических режимов и исследования их устойчивости.
18. Частотный способ определения параметров периодических режимов и исследования их устойчивости.
19. Понятие абсолютной устойчивости нелинейной системы.
20. Критерий абсолютной устойчивости В.М. Попова.
21. Исследование автоколебаний и абсолютной устойчивости.
22. Выбор базиса и построение фазовых портретов нелинейных систем.
23. Типы особых точек и особых линий.
24. Расчет и анализ устойчивости состояний равновесия системы.
25. Анализ и синтез нелинейных законов управления методом фазовой плоскости.
26. Системы с переменной структурой.
27. Скользящие режимы в нелинейных системах.
28. Исследование системы с переменной структурой.

Контрольные вопросы для подготовки к зачету в 8 семестре:

1. Дискретные системы автоматического управления летальных и космических аппаратов. Решаемые задачи.
2. Методы описания дискретных систем автоматического управления летальных и космических аппаратов во временной области.
3. Дискретные системы: импульсные, цифровые, релейные.
4. Виды модуляции. Решетчатая функция.
5. Математические основы импульсных систем в виде разностных уравнений и структурных схем.
6. Идеальный импульсный элемент.
7. Передаточные функции дискретных систем.
8. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления.
9. W-преобразование, z-преобразование. Логарифмические частотные характеристики.
10. Устойчивость дискретных систем автоматического управления летальных и космических аппаратов.
11. Качество дискретных систем автоматического управления летальных и космических аппаратов.
12. Точность дискретных систем автоматического управления летальных и космических аппаратов.
13. Коррекция дискретных систем автоматического управления летальных и космических аппаратов

### **Контрольная работа**

Успешное написание контрольной работы подразумевает правильное решение хотя бы одной задачи.

Типовые задачи для выполнения контрольных работ приведены в УМК по дисциплине

### **Отчет по ЛР**

Отчет по лабораторной работе (ЛР) представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ЛР.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении ЛР требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

ЛР выполняются на листах бумаги формата А4.

На титульном листе указываются название дисциплины, тема ЛР, фамилия и инициалы студента и преподавателя, номер группы, номер и вариант задания.

В начале описательной части излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.

Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы.

Табличные данные в соответствии с требованиями ЛР, представляются в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.

При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ. Результаты машинного счета оформляются в виде приложения.

По каждой ЛР студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала

### **Отчет по практическому заданию**

Отчет по практическому заданию (ПЗ) представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении ПЗ требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

ПЗ выполняются на листах бумаги формата А4.

На титульном листе указываются название дисциплины, тема ПЗ, фамилия и инициалы студента и преподавателя, номер группы, номер и вариант задания.

В начале описательной части излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.

Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы.

Табличные данные в соответствии с требованиями ПЗ, представляются в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.

При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ. Результаты машинного счета оформляются в виде приложения.

По каждой ЛР студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала

### **Курсовой проект**

Для допуска к защите курсового проекта (КП) в комиссию необходимо представить:

1. Заполненный бланк задания на КП.
2. Расчетно-пояснительную записку, оформленную в соответствии с положением о курсовых проектах и курсовых работах, подписанную руководителем («допускается к защите») и преподавателями, курирующими выполнение КП. (Информация об оформлении КП представлена на САЙТЕ БГТУ «ВОЕНМЕХ»: <http://www.voenmeh.ru/>)
- Обучающемуся ➤ Студенту ➤ Нормативные документы: Положение по содержанию, оформлению, организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ).
3. Графические материалы (при наличии).
4. Презентацию (с элементами визуализации).
5. Разработанную программу представить на внешнем носителе для проверки ее работоспособности (демонстрация работоспособности составленной программы обязательна).

Критерии оценки защиты КП:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КП и ответил на все вопросы комиссии, организованной на кафедре для защиты КП, связанные с

материалами, изложенными в пояснительной записке к КП.

- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КП и ответил на 50% вопросов комиссии, организованной на кафедре для защиты КП, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КП.

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КП, но не ответил на вопросы комиссии, организованной на кафедре для защиты КП, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КП.

- оценка «не защитил» выставляется обучающемуся, если он не решил все задачи, поставленные перед ним в КП.

Перечень тем курсовых проектов представлен в УМК дисциплины

### **Дифференцированный зачет**

Промежуточная аттестация по дисциплине в 7 семестре проводится в форме сдачи дифференцированного зачета. Процедура Дифференцированного зачета проводится по билетам, содержащих по 5 вопросов (4 теоретических вопроса и задача).

Критерии оценивания:

- оценка «зачтено-отлично» выставляется обучающемуся, если он правильно решил задачу, подобную задачам из выполненных контрольных работ и полностью ответил на 4 вопроса из билета для дифференцированного зачета.

- оценка «зачтено-хорошо» выставляется обучающемуся, если он правильно решил задачу, подобную задачам из выполненных контрольных работ, полностью ответил на 3 вопроса билета для дифференцированного зачета.

- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если он неправильно решил задачу и ответил только на 1 вопрос билета для дифференцированного зачета или не решил задачу и ответил на только на 2 вопроса билета для дифференцированного зачета.

- во всех других случаях обучающемуся выставляется оценка «удовлетворительно».

Для получения оценки «зачтено-удовлетворительно», по выбору обучающегося, возможно написание Тестового задания по дисциплине. Оценка «зачтено-удовлетворительно» проставляется при условии полного выполнения графика контрольных мероприятий, при правильном ответе хотя бы на 3 вопроса Тестового задания из 5.

Тестовые задания по дисциплине приведены в УМК по дисциплине.

Билеты для дифференцированного зачета приведены в УМК по дисциплине

### **Экзамен**

Промежуточная аттестация по дисциплине в 6 семестре проводится в форме сдачи экзамена.

Экзамен проводится по экзаменационным билетам, содержащих по 5 вопросов (4 теоретических вопроса и задача).

Критерии оценивания:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он правильно решил задачу, подобную задачам из выполненных контрольных работ и полностью ответил на 4 вопроса экзаменационного билета.

- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он правильно решил задачу, подобную задачам из выполненных контрольных работ, полностью ответил на 3 вопроса экзаменационного билета.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он неправильно решил задачу и ответил только на 1 вопрос экзаменационного билета или не решил задачу и ответил на только на 2 вопроса экзаменационного билета.

- во всех других случаях обучающемуся выставляется оценка «удовлетворительно».

Для получения оценки «удовлетворительно», по выбору обучающегося, возможно написание Тестового задания по дисциплине. Оценка «удовлетворительно» проставляется при условии полного выполнения графика контрольных мероприятий, при правильном ответе хотя бы на 3 вопроса Тестового задания из 5.

Тестовые задания по дисциплине приведены в УМК по дисциплине.

Экзаменационные билеты приведены в УМК по дисциплине

### **Зачет**

Промежуточная аттестация по дисциплине в 8 семестре проводится в форме сдачи зачета (включает в себя ответы на теоретические вопросы, решение задач), который оформляется при условии полного выполнения графика контрольных мероприятий.

При правильном ответе хотя бы на 3 вопроса из Тестовых заданий (Вопросы для подготовки к тесту приведены выше, Тестовые задания представлены в Фондах оценочных средств), обучающийся получает оценку «зачтено»

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-5	ПК-6	
3	6	Раздел 1. Основные понятия теории автоматического управления.	39	19	10	4	5	20	10	10	Вопросы по разделу, Отчет по ЛР, Контрольная работа
3	6	Раздел 2. Частотные характеристики линейной стационарной системы.	47	21	10	5	6	26	10	10	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Отчет по ЛР
3	6	Раздел 3. Показатели устойчивости и качества систем автоматического управления.	58	28	14	8	6	30	15	15	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Отчет по ЛР
Всего за 6 семестр			144	68	34	17	17	76	35	35	
4	7	Раздел 4. Элементы современной теории управления.	37	8	6	0	2	29	5	5	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию, Контрольная работа, Курсовой проект
4	7	Раздел 5. Анализ процессов в нелинейных системах.	42	12	8	0	4	30	10	10	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Отчет по практическому заданию, Курсовой проект
4	7	Раздел 6. Частотные методы анализа нелинейных систем.	52	18	12	0	6	34	10	10	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию, Контрольная работа, Курсовой проект

4	7	Раздел 7. Метод фазового пространства.	49	13	8	0	5	36	10	10	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию, Контрольная работа, Курсовой проект
Всего за 7 семестр			180	51	34	0	17	129	35	35	
4	8	Раздел 8. Дискретные системы автоматического управления БПЛА.	3	1	1	0	0	2	5	5	Вопросы по разделу
4	8	Раздел 9. Методы описания дискретных систем автоматического управления БПЛА во временной области.	12	4	2	0	2	8	5	5	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 10. Математические основы импульсных систем в виде разностных уравнений и структурных схем.	17	7	3	0	4	10	5	5	Контрольная работа, Отчет по практическому заданию, Вопросы по разделу
4	8	Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления.	28	8	4	0	4	20	5	5	Контрольная работа, Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 12. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления БПЛА.	30	10	5	0	5	20	5	5	Контрольная работа, Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 13. Точность и коррекция дискретных систем автоматического управления БПЛА.	18	4	2	0	2	14	5	5	Контрольная работа, Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
Всего за 8 семестр			108	34	17	0	17	74	30	30	
Всего по дисциплине			432	153	85	17	51	279	100	100	

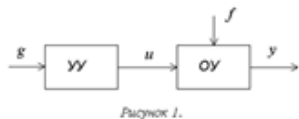
# Оценочные материалы по дисциплине ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

## ПК-5 - Способен к разработке структуры систем управления БПЛА

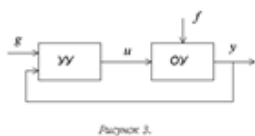
№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Даны рисунки структурно-динамических схем систем. К каждому рисунку подберите соответствующую позицию из правого столбца.

1.



2.



3.



А. - Замкнутая система.

Б – Система с компенсацией возмущения.

В - Разомкнутая система

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Запишите матрицу выходов для следующей следящей системы:

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= -kx_3 + ku_1 - k_f u_2, \\ \frac{dx_2}{dt} &= x_1 - x_3 - k_f T_M u_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= \frac{1}{T_E T_M} x_2 - \frac{1}{T_E} x_3, \\ y &= x_3.\end{aligned}$$

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Дан рисунок структурно-динамической схемы системы. По цели управления различают.....

Подберите верный ответ для каждого пункта из левого столбца, выбрав соответствующую позицию из правого столбца.



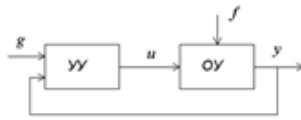


Рисунок 3.

1.  $g = \text{const}$
2.  $g = g(t)$
3.  $g = \text{var}$

А. Следящие системы.

Б. Системы программного управления.

В. Системы стабилизации

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Для какой системы приведен годограф Михайлова, представленный на рисунке?

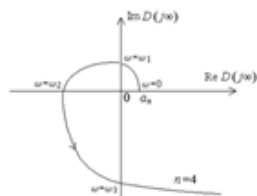


Рисунок 97.

1. Неустойчивой.
2. Устойчивой.
3. Находящейся на колебательной границе устойчивости.
4. Находящейся на апериодической границе устойчивости

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Из представленных вариантов выберите все передаточные функции соответствующие интегрирующим звеньям.

1.  $W(s) = \frac{ks}{Ts + 1}$
2.  $W(s) = \frac{k}{s}$
3.  $W(s) = \frac{k(\tau s + 1)}{s}$
4.  $W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2T\zeta s + 1}$

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Запишите матрицы состояния и входов для следующей следящей системы:

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= -kx_3 + ku_1 - k_f u_2, \\ \frac{dx_2}{dt} &= x_1 - x_3 - k_f T_M u_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= \frac{1}{T_E T_M} x_2 - \frac{1}{T_E} x_3, \\ y &= x_3.\end{aligned}$$

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Из представленных вариантов выберите верные утверждения:

Критерий Найквиста наиболее широко используется на практике по следующим причинам:

1. передаточная функция и частотные характеристики для разомкнутой системы могут быть получены проще, чем для замкнутой.
2. помимо анализа устойчивости обеспечивается определение ряда показателей качества системы.
3. для анализа устойчивости и качества системы в принципе не требуется математическая модель.
4. критерий Найквиста предусматривает работу с характеристическим полиномом замкнутой системы

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность при построения асимптотических ЛАХ для следующей передаточной функции:

$$W(s) = \frac{k(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)^2}{s(T_3 s + 1)^3(T_4 s + 1)}$$

параметрами:  $k=40 \text{ c}^{-2}$ ,  $T_1=0,5 \text{ c}$ ,  $T_2=2,5 \text{ c}$ ,  $T_3=20 \text{ c}$ ,  $T_4=0,01 \text{ c}$

1. Определяются сопрягающие частоты, соответствующие отдельным слагаемым, и записываются в порядке возрастания

$$\frac{1}{T_3} = 0,05 \text{ c}^{-1}; \quad \frac{1}{T_2} = 0,4 \text{ c}^{-1}; \quad \frac{1}{T_1} = 2 \text{ c}^{-1}; \quad \frac{1}{T_4} = 100 \text{ c}^{-1}.$$

2. Первый участок расположен левее всех сопрягающих частот. Следовательно, его уравнение, получаемое по условию

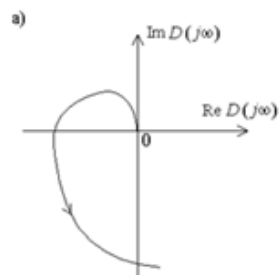
$$\omega \ll 1/T_4 \quad (i=1,2,\dots,n).$$

3. Выбирается масштаб для оси частот так, чтобы крайние сопрягающие частоты располагались на расстоянии от 0,5 до 1 декады от краев видимой горизонтальной оси.
4. Следующий участок расположен правее сопрягающей частоты  $1/T_3$ , которой в выражении для ЛАХ соответствует коэффициент  $-60$ .
5. Четвертый участок разделен с третьим сопрягающей частотой  $1/T_1$ .
- 6 Следующий участок разделен со вторым сопрягающей частотой  $1/T_2$ .

- 7 Следующий участок разделен с четвертым сопрягающей частотой  $1/T_4$

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

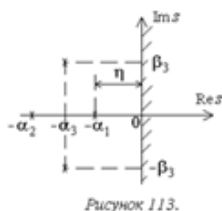
Для какой системы приведен годограф Михайлова, представленный на рисунке?



1. Неустойчивой.
2. Устойчивой.
3. Находящейся на колебательной границе устойчивости.
4. Находящейся на апериодической границе устойчивости

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

На рисунке представлено одно из возможных расположений корней характеристического полинома, по которым можно установить показатели критериев качества.



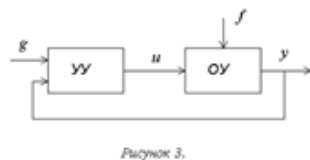
Какой параметр характеризует показатель быстродействия?

1. Перерегулирование.
2. Колебательность.
3. Степень устойчивости.
4. Затухание за период

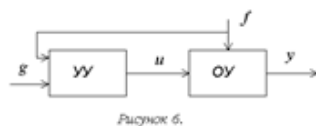
№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Из представленных вариантов выберите все системы, относящиеся к системам стабилизации:

1.



2.



3.

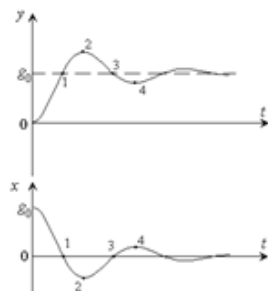


Рисунок 10.

4.

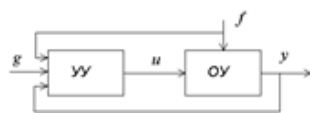


Рисунок 8.

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность определения величин при нахождении логарифмической частной характеристики

1.  $W(s)$
2.  $L(\omega)$
3.  $A(\omega)$
4.  $W(j\omega)$

**ПК-6 - Способен к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА**

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Задана система в векторно-матричной форме. Установите соответствие между названиями матриц и буквами их обозначающими.

$$\begin{aligned}\dot{X} &= AX + BU, \\ Y &= CX.\end{aligned}$$

1. Матрица выходов.
2. Матрица состояния
3. Матрица входов
4. Матрица наблюдения

**A, B, C**

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Дайте определение Амплитудно-частотной характеристики. (Выбрать верное утверждение.)

1. показывает степень усиления или ослабления звеном амплитуды пропускаемого гармонического сигнала в зависимости от его частоты.
2. показывает зависимость от частоты фазового сдвига, вносимого звеном в пропускаемый гармонический сигнал.
3. показывает степень усиления или ослабления звеном частоты пропускаемого гармонического сигнала в зависимости от его амплитуды.
4. показывает величину амплитуды пропускаемого гармонического сигнала в зависимости от его частоты

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Даны формулы передаточных функций. Подберите соответствующее название формулы, сопоставив номер формулы и ее буквенное обозначение.

$$1. \quad W(s) = \frac{Y(s)}{G(s)} \Big|_{W_{oc} = 0}$$

$$2. \quad \Phi(s) = \frac{Y(s)}{G(s)} = \frac{W(s)}{1 + W_{oc}(s)W(s)}$$

$$3. \quad \Phi_x(s) = \frac{X(s)}{G(s)} = \frac{G(s) - Y(s)}{G(s)} = 1 - \Phi(s)$$

$$4. \quad W_f(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} \Big|_{W_{oc} = 0}$$

А – передаточная функция замкнутой системы по ошибке.

Б – передаточная функция разомкнутой системы по ошибке от возмущающего воздействия.

В – передаточная функция разомкнутой системы

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность при решении задачи на проверку устойчивости системы критерием Гурвица.

Дана замкнутая система:



1. Составить характеристический полином замкнутой системы.

2. Сделать вывод об устойчивости системы.

3. Проверить второй определитель Гурвица.

4. Определить матрицу коэффициентов

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность при нахождении переходной характеристики апериодического звена 1-го порядка классическим методом (путем решения дифференциального уравнения звена).

1. Записать дифференциальное уравнение звена.

2. Переходную составляющую находят как решение однородного дифференциального уравнения.

3. Произвольные константы находят через начальные условия, которые для временных характеристик динамических звеньев принимаются равными нулю.

4. В соответствии с определением переходной характеристики - замене абстрактного входного сигнала на единичную ступенчатую функцию будет соответствовать замена выходного сигнала на переходную характеристику (функцию).

5. Вынужденную составляющую находят в форме, соответствующей правой части. Если правая часть – константа, вынужденная составляющая – также константа.

6. Решение полученного линейного неоднородного дифференциального уравнения ищут в виде суммы двух составляющих: общего и частного (переходная и вынужденная составляющие соответственно).

7. Строится график переходной характеристики.
8. В результате получена переходная характеристика
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Запишите основные задачи анализа и синтеза системы
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Выберите утверждение, не характерное для критерия устойчивости Найквиста:
1. передаточная функция и частотные характеристики для разомкнутой системы могут быть получены проще, чем для замкнутой.
  2. критерий позволяет определять только показатели качества системы.
  3. для анализа устойчивости и качества системы в принципе не требуется математическая модель, так как критерий допускает работу с экспериментально полученными частотными характеристиками.
  4. критерий Найквиста положен в основу достаточно простых и удобных процедур синтеза систем
- № 8 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Дайте определение понятия «динамическое звено».
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Из представленных вариантов выберите те, в которых указаны существующие виды обратных связей.
1. Главные или местные.
  2. Положительные или отрицательные.
  3. Жесткие или гибкие.
  4. Статические или астатические
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие характеристики не являются частотными в приведенном списке?
1. Фазовая.
  2. Вещественная.
  3. Весовая.
  4. Переходная
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Критерий устойчивости Найквиста предусматривает анализ устойчивости замкнутой системы по ....
1. частотным характеристикам разомкнутой системы.
  2. АФХ разомкнутой системы.
  3. логарифмическим частотным характеристикам разомкнутой системы.
  4. частотным характеристикам замкнутой системы
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Дайте определение «Передаточной функции звена или системы».

1. Передаточная функция звена или системы – это отношение изображений по Лапласу его входного и выходного сигналов при нулевых начальных условиях.
2. Передаточная функция звена или системы – это отношение изображений по Лапласу его выходного и входного сигналов при нулевых начальных условиях и отсутствии других входных сигналов.
3. Передаточная функция звена или системы – это реакция звена или системы на единичную ступенчатую функцию.
4. Передаточная функция звена или системы – это отношение выходного сигнала к входному при нулевых начальных условиях и отсутствии других входных сигналов