

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

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 ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ 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	ЭКЗ.
4	8	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	диф. 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: 2024

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

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

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 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:

ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
ПСК-2.5 — Способность к разработке структуры систем управления БПЛА
ПСК-2.6 — Способность к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

на уровне представлений:

- знать назначение и задачи систем управления беспилотных летательных аппаратов (БПЛА);
- знать методы исследования систем автоматического управления БПЛА;

на уровне воспроизведения и понимания:

- знать назначение и задачи систем управления БПЛА;
- знать методы исследования систем автоматического управления (САУ);
- знать принципы и методы построения математических моделей САУ, передаточные функции и частотные характеристики САУ БПЛА;

• знать основы метода пространства состояний: управляемость и наблюдаемость, синтез наблюдающих устройств полного и неполного порядка;

• знать метод фазового пространства, типы состояний равновесия, особые траектории;

• знать методы анализа устойчивости и точности САУ при детерминированных и случайных воздействиях, синтез корректирующих устройств (метод гармонической линеаризации, алгебраические и частотные методы определения параметров и устойчивости периодических решений);

умения:

теоретически и практически уметь –

- составлять математические модели САУ БПЛА;
- выполнять анализ и синтез САУ БПЛА;
- проводить исследование САУ методами математического моделирования;
- выполнять анализ устойчивости и качества САУ;
- уметь исследовать автоколебания, возникающие в нелинейных системах управления БПЛА;
- производить оценку установившихся режимов в нелинейных системах управления БПЛА;

навыки:

иметь навыки и владеть –

основными методами анализа и синтеза САУ БПЛА:

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

ПСК-2.5

знания:

• знать назначение и задачи систем управления (СУ) беспилотных летательных 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:

иметь навыки и владеть –

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.

ПСК-2.6

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** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ, ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОГРАММ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ.**

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общинженерные 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
- 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
- ПСК-2.1 — Способность к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА
- 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		ОПК-1	ПСК-2.5	ПСК-2.6
3	6	Раздел 1. Основные понятия теории автоматического управления. 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. Звено чистого запаздывания. 1.7.Передаточная функция линейной стационарной системы. Структурная схема системы. Построение и преобразование структурных схем.	39	19	10	4	5	20	5	5	5
3	6	Раздел 2. Частотные характеристики линейной стационарной системы. 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	5	5	5
3	6	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	5	5	5
Всего за 6 семестр			144	68	34	17	17	76	15	15	15
4	7	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.	35	8	6	0	2	27	10	10	10
4	7	Раздел 5. Анализ процессов в нелинейных системах. 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.	38	12	8	0	4	26	10	10	10
4	7	Раздел 6. Частотные методы анализа нелинейных систем. 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	50	18	12	0	6	32	5	5	5

		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.									
4	7	Раздел 7. Метод фазового пространства. 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.	57	13	8	0	5	44	10	10	10
Всего за 7 семестр			180	51	34	0	17	129	35	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.	1	1	1	0	0	0	5	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.	11	3	2	0	1	8	10	10	10
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	8	4	0	4	9	10	10	10
4	8	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.	27	7	4	0	3	20	5	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.	29	9	4	0	5	20	10	10	10
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.	23	6	2	0	4	17	10	10	10
Всего за 8 семестр			108	34	17	0	17	74	50	50	50
Всего по дисциплине			432	153	85	17	51	279	100	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.	Контрольная работа № 1 по разд. 1.1-1.5	1
12		Понятия полной и частичной управляемости. Критерии управляемости. Понятия полной и частичной наблюдаемости. Критерии наблюдаемости.	0.5

13		Постановка задачи оценивания состояния объекта управления. Наблюдатели состояния. Идентификация внешних воздействий на систему.	0.5
14	Раздел 5. Анализ процессов в нелинейных системах.	Классификация нелинейностей. Особенности процессов в нелинейных системах. Задачи и методы теории нелинейных систем.	1
15		Расчет процессов в нелинейных системах. Метод припасовывания. Анализ нелинейных систем методами Ляпунова.	3
16	Раздел 6. Частотные методы анализа нелинейных систем.	Контрольная работа № 2 по разд. 3.1-3.5	1
17		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
18		Метод гармонической линеаризации: основные положения, способы вычисления коэффициентов гармонической линеаризации.	1
19		Исследование автоколебаний и абсолютной устойчивости.	2
20		Исследование нелинейной системы угловой стабилизации БПЛА методом гармонической линеаризации. (Практическое задание №1.)	1
21	Раздел 7. Метод фазового пространства.	Выбор базиса и построение фазовых портретов нелинейных систем.	1
22		Системы с переменной структурой. Скользящие режимы в нелинейных системах. Исследование системы с переменной структурой.	1
23		Контрольная работа № 3 по разд. 4.1-4.5.	1
24		Типы особых точек и особых линий, расчет и анализ устойчивости состояний равновесия системы.	1.5
25		Исследование нелинейной системы угловой стабилизации БПЛА. (Практическое задание №2.)	0.5
Всего за 7 семестр			17
26	Раздел 9. Методы описания дискретных систем автоматического управления БПЛА во временной области.	Исследование дискретных моделей контуров стабилизации БПЛА.	0.5
27		Контрольная работа №1.	0.5
28	Раздел 10. Математические основы импульсных систем в виде разностных уравнений и структурных схем.	Контрольная работа №1.	0.5
29		Исследование дискретных моделей контуров стабилизации БПЛА.	3.5
30	Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления.	Контрольная работа №1	1
31		Исследование дискретных моделей контуров стабилизации БПЛА.	2
32	Раздел 12. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления БПЛА.	Контрольная работа №2.	1
33		Исследование точности и устойчивости контуров стабилизации БПЛА с импульсным элементом.	4
34	Раздел 13. Точность и коррекция	Контрольная работа №2.	1
35		Исследование качества точности и качества контуров	3

	дискретных систем автоматического управления БПЛА.	стабилизации БПЛА с импульсным элементом. (Практическое задание №2.)	
Всего за 8 семестр			17

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, лабораторным работам № 1 и № 4 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, лабораторным работам № 2 и № 4, 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 лабораторным работам №3 и № 4	30
Всего за 6 семестр			76
4	Раздел 4. Элементы современной теории управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям 1 - 3, контрольной работе № 1.	7
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,	20

		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).	
6		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания №1, подготовка к практическим занятиям 4 - 5.	10
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)	16
8		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к лабораторной работе № 2, контрольной работе № 2, практическим занятиям 6 - 11.	18
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	14
10	Раздел 7. Метод фазового пространства.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания №2 и подготовка к контрольной работе № 3, подготовка к практическим занятиям 12 - 17 .	18
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	26

		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.	
Всего за 7 семестр			129
12	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, практическому заданию и контрольной работе № 1.	8
13	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, заданиям и контрольной работе № 1.	9
14	Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе № 1.	20
15	Раздел 12. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления БПЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, практическому заданию и контрольной работе № 2.	20
16	Раздел 13. Точность и коррекция дискретных систем автоматического управления БПЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, практическому заданию, подготовка к контрольной работе № 2.	17
Всего за 8 семестр			74

3.5. Курсовой проект

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)

<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>	<p>1 - 8</p>	<p>20</p>
<p>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 для трех вариантов чисел автопилота из найденной области устойчивости. 5.2 Оценка качества осуществляется по всем</p>	<p>9 - 17</p>	<p>16</p>

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.		
Всего за 7 семестр		36

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

Условные обозначения:

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

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный 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, эл. рес.
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, 82 экз.
3. В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, Е. А. Курилова. . Основы теории управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
4. В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, Е. А. Курилова. . Основы теории управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 142 экз.
5. В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 42 экз.
6. В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 93 экз.
7. В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 75 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. . Теория автоматического управления дискретных и цифровых систем летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 44 экз.
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 - 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. Microsoft Windows;
3. Bloodshed Dev-C++;
4. MATLAB R 2015a;
5. Microsoft Office.

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. Microsoft Office;
4. MATLAB R 2015a.

6.3. Лабораторные занятия:

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

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** 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*:

ОПК-1 способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;

ПСК-2.5 Способность к разработке структуры систем управления БПЛА;

ПСК-2.6 Способность 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;
- контрольная работа;
- лабораторная работа;
- курсовой проект;
- отчет по практическому заданию.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный 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.
Раздел 1. Основные понятия теории автоматического управления.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям № 1-4, лабораторным работам № 1 и № 4 и контрольной работе № 1.	В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, Е. А. Курилова. . Основы теории управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (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
Раздел 2. Частотные характеристики линейной стационарной системы.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям № 5- 6, лабораторным работам № 2 и № 4, 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, А. Ю. Захаров, Е. А. Курилова. .	26

	Основы теории управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (Практические занятия №№ 3 - 4, Лабораторные работы №№ 1 - 4)	
Итого по разделу 2		26
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 лабораторным работам №3 и № 4	В. Ю. Емельянов, О. Ф. Черкасов. . Основы теории управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (Лекции №№ 10 - 17) В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, Е. А. Курилова. . Основы теории управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (Практические занятия №№ 1, 6 - 9. Лабораторные работы №№ 4, 6, 7. Домашнее задание №2)	30
Итого по разделу 3		30
Раздел 4. Элементы современной теории управления.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям 1 - 3, контрольной работе № 1.	А. С. Шальгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (Раздел 3)	7
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	В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О.	20

движения ЛА. При расчете на траектории выбирается точка, соответствующая невозмущенному движению (динамические коэффициенты при конкретном, заданном руководителем КП, числе Маха).	А. Мишина. . Теория управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Лекции №№ 1 - 2)	
Итого по разделу 4		27
Раздел 5. Анализ процессов в нелинейных системах.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания №1, подготовка к практическим занятиям 4 - 5.	А. С. Шальгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (Раздел 5)	10
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)	В. Ю. Емельянов, А. Ю. Захаров, О. А. Мишина. . Теория управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (Лекция 3)	16
Итого по разделу 5		26
Раздел 6. Частотные методы анализа нелинейных систем.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к лабораторной работе № 2, контрольной работе № 2, 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)	18
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	А. С. Шальгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных	14

	аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (Раздел 5)	
Итого по разделу 6		32
Раздел 7. Метод фазового пространства.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка и выполнение практического задания №2 и подготовка к контрольной работе № 3, 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)	18
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.		26
Итого по разделу 7		44
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, практическому заданию и 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 1 - 3. Приложение 2, 3.) И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Теория автоматического управления дискретных и	8

	цифровых систем летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (Практическая работа № 1. Приложение 1.)	
Итого по разделу 9		8
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, заданиям и контрольной работе № 1.	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 аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Разделы 1 - 3. Приложения 2, 3.)	9
Итого по разделу 10		9
Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе № 1.	И. Л. Петрова, В. Ю. Емельянов. . Анализ и синтез дискретных систем автоматического управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ	20

	<p>"ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (Разделы 2, 3. Приложения 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.)</p>	
Итого по разделу 11		20
Раздел 12. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления БПЛА.		
<p>Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка практическим занятиям, практическому заданию и контрольной работе № 2.</p>	<p>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.) 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 № 3. Приложение 2.)</p>	20
Итого по разделу 12		20

Раздел 13. Точность и коррекция дискретных систем автоматического управления БПЛА.

<p>Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям, практическому заданию, подготовка к контрольной работе № 2.</p>	<p>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 № 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)</p>	<p>17</p>
<p>Итого по разделу 13</p>		<p>17</p>

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- контрольная работа;
- лабораторная работа;
- курсовой проект;
- отчет по практическому заданию;
- дифференцированный зачет;
- экзамен;
- 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 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 экзамену 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 дифференцированному 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 контрольной работы приведены в УМК по дисциплине.

Лабораторная работа

Допуск к лабораторной работе (ЛР) не требуется. Студент обязан выполнять все ЛР в срок, сдать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

Лабораторные работы проводятся по учебным материалам соответствующих разделов дисциплины. ЛР считается выполненной, если студент полностью выполнил все задания, указанные в задании для ЛР.

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.

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 каждому ПЗ 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.

Дифференцированный зачет

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

Альтернативой получения оценки «зачтено-удовлетворительно», при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий, является сдача Теста. (Вопросы для подготовки к тесту приведены выше, Тестовые задания представлены в Фондах оценочных средств.)

При правильном ответе хотя бы на 3 вопроса из Тестовых заданий обучающийся получает оценку «зачтено-удовлетворительно»;

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

Тестовые задания и билеты для дифференцированного зачета входят в состав в УМК по дисциплине.

Экзамен

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

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 приедены в УМК по дисциплине.

Экзаменационные билеты приведены в УМК по дисциплине.

Экзамен

Промежуточная аттестация по дисциплине в 7 семестре проводится в форме сдачи экзамена.

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 приедены в УМК по дисциплине.

Экзаменационные билеты приведены в УМК по дисциплине.

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		ОПК-1	ПСК-2.5	ПСК-2.6	
3	6	Раздел 1. Основные понятия теории автоматического управления.	39	19	10	4	5	20	5	5	5	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Лабораторная работа
3	6	Раздел 2. Частотные характеристики линейной стационарной системы.	47	21	10	5	6	26	5	5	5	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Лабораторная работа
3	6	Раздел 3. Показатели устойчивости и качества систем автоматического управления.	58	28	14	8	6	30	5	5	5	Контрольная работа, Лабораторная работа, Вопросы по разделу
Всего за 6 семестр			144	68	34	17	17	76	15	15	15	
4	7	Раздел 4. Элементы современной теории управления.	35	8	6	0	2	27	10	10	10	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Курсовой проект
4	7	Раздел 5. Анализ процессов в нелинейных системах.	38	12	8	0	4	26	10	10	10	Вопросы по разделу, Курсовой проект, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 6. Частотные методы анализа нелинейных систем.	50	18	12	0	6	32	5	5	5	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Курсовой проект, Отчет по практическому заданию

4	7	Раздел 7. Метод фазового пространства.	57	13	8	0	5	44	10	10	10	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Курсовой проект, Отчет по практическому заданию
Всего за 7 семестр			180	51	34	0	17	129	35	35	35	
4	8	Раздел 8. Дискретные системы автоматического управления БПЛА.	1	1	1	0	0	0	5	5	5	Вопросы по разделу
4	8	Раздел 9. Методы описания дискретных систем автоматического управления БПЛА во временной области.	11	3	2	0	1	8	10	10	10	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	8	4	0	4	9	10	10	10	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 11. Частотные характеристики дискретных систем автоматического управления.	27	7	4	0	3	20	5	5	5	Вопросы по разделу, Контрольная работа
4	8	Раздел 12. Устойчивость и качество дискретных систем автоматического управления БПЛА.	29	9	4	0	5	20	10	10	10	Вопросы по разделу, Контрольная работа, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 13. Точность и коррекция дискретных систем автоматического управления БПЛА.	23	6	2	0	4	17	10	10	10	Вопросы по разделу, Контрольная работа
Всего за 8 семестр			108	34	17	0	17	74	50	50	50	
Всего по дисциплине			432	153	85	17	51	279	100	100	100	

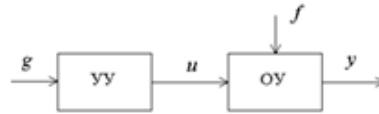
Критерии оценивания

ОПК-1

Вопросы открытого типа:

№ 1 Что такое Амплитудно-частотная характеристика?

№ 2 На рисунке приведена схема САУ:



Здесь f – это ____
 № 3 Дана система:

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

С в этой системе _____
 № 4 Напишите пропущенные слова с маленькой буквы через запятую:

Доказано, что при

$$a_n = 0$$

имеет место _____ граница устойчивости, при

$$\Delta_{n-1} = 0$$

— _____ граница устойчивости.

№ 5 Запишите название типового динамического звена, передаточная функция которого приведена ниже:

$$W(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 1}$$

№ 6 Запишите определение передаточной функции звена.

№ 7 Запишите классификацию систем управления по принципу управления.

№ 8 Где начинается годограф Михайлова для системы, находящейся на апериодической границе устойчивости?

№ 9 Для асимптотической устойчивости системы необходимо и достаточно...

№ 10 Что такое фазовое пространство?

Вопросы закрытого типа:

№ 1 По структуре различают... (Выбрать верные ответы.)

1. линейные СУ
2. одномерные СУ
3. многомерные СУ
4. нелинейные СУ
5. непрерывные СУ

№ 2 Фундаментальным свойством динамического звена является... (Выбрать верный ответ.)

1. направленность действия
2. линейность
3. нелинейность
4. непредсказуемость

- № 3 Передаточная функция звена или системы – это ... (Выбрать верный ответ)
1. отношение изображений по Лапласу его выходного и входного сигналов
 2. отношение изображений по Лапласу его входного и выходного сигналов
 3. отношение изображений по Лапласу его выходного и входного сигналов при нулевых начальных условиях и отсутствии других входных сигналов
 4. нет правильного ответа
 5. отношение изображений по Лапласу его выходного и входного сигналов при нулевых начальных условиях
 6. отношение его выходного и входного сигналов при нулевых начальных условиях и отсутствии других входных сигналов
- № 4 Главная обратная связь... (Выбрать верный ответ)
1. охватывает всю систему и служит для реализации принципа управления в замкнутой системе
 2. охватывает всю систему и служит реализации принципа управления в разомкнутой системе
 3. охватывает отдельные фрагменты структуры системы и может вводиться с целью повышения качества системы.
 4. нет правильного ответа
- № 5 Какие звенья относятся группе позиционных? (Выбрать верные варианты)
1. безынерционное
 2. колебательное
 3. изотропное
 4. апериодическое 1-го порядка
 5. консервативное
 6. апериодическое 2-го порядка
- № 6 Какие звенья относятся группе позиционных? (Записать количество выбранных верных ответов)
1. безынерционное
 2. колебательное
 3. изотропное
 4. апериодическое 1-го порядка
 5. консервативное
 6. апериодическое 2-го порядка
- № 7 Выберите все варианты представления передаточной функции:
- 1.
- $$f(t) = L^{-1}\{F(p)\}.$$
- 2.
- $$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}$$

3.

$$W(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0}$$

4. все ответы верные

5. нет верного ответа

№ 8 Изодромное звено относится к группе дифференцирующих звеньев.

1. Верно

2. Неверно

№ 9 Амплитудно-частотная характеристика... (Выбрать верный ответ.)

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.

5. нет правильного ответа.

№ 10 Если хотя бы один корень характеристического полинома находится в правой полуплоскости, система устойчива.

1. Верно

2. Неверно

ПСК-2.5

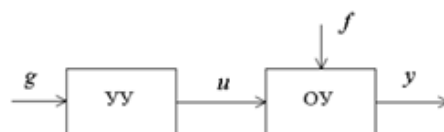
Вопросы открытого типа:

№ 1 Система автоматического управления представлена системой уравнений:

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

U в этой системе – это _____

№ 2 На рисунке приведена схема САУ:



Здесь g – это ____

№ 3 Запишите классификацию систем управления «по цели управления».

№ 4 Запишите необходимое условие устойчивости.

№ 5 Напишите пропущенные слова:

При определенной частоте _____ частотные характеристики дискретных систем будут представлять _____ смещенных частотных характеристик, соответствующих _____ систем.

№ 6 Напишите пропущенное слово:

В качестве аналогов дифференциальных уравнений для решетчатых функций используются _____ уравнения.

№ 7 Что такое решетчатая и смещенная решетчатая функции времени?

№ 8 Перечислите особые точки для комплексных и мнимых корней характеристического полинома.

- № 9 Напишите пропущенное словосочетание:
- _____
- это режим работы релейной системы, характеризующийся колебательным движением изображающей точки вдоль линии переключения.
- № 10 В чем заключается смысл понятия наблюдаемости?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Местная обратная связь... (Выбрать верный вариант ответа.)
1. охватывает всю систему и служит реализации принципа управления в замкнутой системе
 2. охватывает всю систему и служит реализации принципа управления в разомкнутой системе
 3. охватывает отдельные фрагменты структуры системы и может вводиться с целью повышения качества системы.
 4. нет правильного ответа
- № 2 Переходная характеристика – это... (Выбрать верный вариант ответа.)
1. реакция звена или системы на входной сигнал в виде дельта-функции
 2. реакция звена или системы на входной сигнал в виде единичной ступенчатой функции
 3. отношение изображений по Лапласу его выходного и входного сигналов при нулевых начальных условиях и отсутствии других входных сигналов
 4. нет правильного ответа
- № 3 Фазо-частотная характеристика... (Выбрать верный вариант ответа)
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. нет правильного ответа
- № 4 Критерий Михайлова предусматривает работу с характеристическим полиномом разомкнутой системы
1. Верно
 2. Неверно
- № 5 Установите соответствие:
1. $g=const$
 2. $g= g(t)$
 3. $g=var$
- А. Следящие системы
- Б. Системы программного управления
- В. Системы стабилизации
- № 6 Модальное управление – это... (Выбрать верный вариант ответа)

1. Модальным называют управление на основе обратных связей по переменным состояния системы, причем коэффициенты закона управления определяются на основе требуемых значений коэффициентов характеристического полинома замкнутой системы.

2. Модальным называют управление на основе обратных связей по

переменным состояния системы, причем коэффициенты закона управления определяются на основе требуемых значений коэффициентов характеристического полинома разомкнутой системы.

3. Модальным называют управление на основе обратных связей по

переменным состояния системы.

4. Нет правильного ответа

№ 7

Выберите верное определение:

1. Автоколебания – собственные незатухающие колебания, параметры которых определяются внутренними свойствами системы.

2. Автоколебания – собственные незатухающие колебания, параметры которых не зависят от свойств системы.

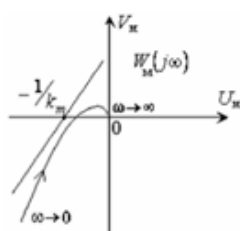
3. Автоколебания – собственные затухающие колебания, параметры которых определяются внешними свойствами системы.

4. Нет правильного ответа

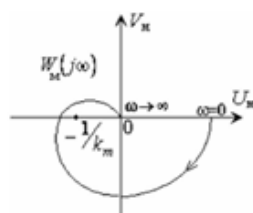
№ 8

Выберите годографы абсолютно устойчивых систем:

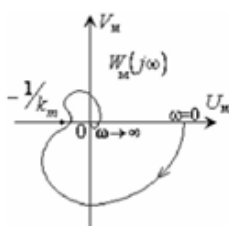
1.



2.



3.



4.



№ 9

Установите соответствие:

А. Смешанное квантование

Б. Квантование по уровню

1. Осуществляется преобразование непрерывного сигнала в дискретный в произвольные моменты времени с выделением значений непрерывного сигнала в момент пересечения им равноотстоящих уровне Δx .

2. Происходит преобразование непрерывного сигнала в дискретный через равные временные промежутки, но при этом выделяется ближайший уровень непрерывного сигнала.

№ 10

Для использования частотных критериев устойчивости и методов анализа качества в случае импульсных систем дополнительные преобразования для $D(z)$ не требуются.

1. Верно

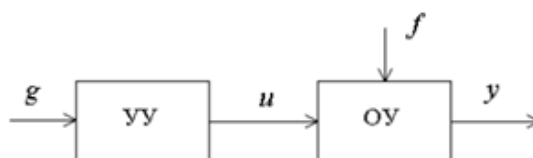
2. Неверно

ПСК-2.6

№ 1

Вопросы открытого типа:

На рисунке приведена схема САР



Здесь УУ – это ____

№ 2

Вставьте пропущенное слово:

_____ обратные связи могут вводиться для отдельных элементов системы с целью улучшения их динамических свойств.

№ 3

Перечислите задачи ТАУ.

№ 4

Дана система:

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

X в этой системе – это _____

№ 5

Напишите пропущенные слова:

Модальным называют управление на основе _____ связей по переменным состояния системы, причем коэффициенты закона управления определяются на основе требуемых значений коэффициентов характеристического полинома _____ системы.

№ 6

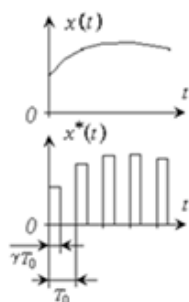
Сформулируйте частотный критерий абсолютной устойчивости для различного вида нелинейных характеристик.

№ 7

Запишите необходимое условие устойчивости дискретной системы.

№ 8

Какой тип модуляции изображен на рисунке ниже?



№ 9

Какие существуют способы определения обратных преобразований?

№ 10

Какие показатели используются для оценки качества дискретных систем?

Вопросы закрытого типа:

№ 1

Чем определяется количество передаточных функций, составленных для САУ? (Выбрать верный вариант ответа.)

1. количеством входных воздействий и интересующих выходных переменных
2. количеством выходных переменных
3. количеством выходных воздействий и интересующих выходных переменных
4. нет правильного ответа

№ 2

Частотные характеристики можно получить из: (Выбрать верный вариант ответа.)

1. АЧХ
2. дельта-функции
3. передаточной функции
4. нет правильного ответа

№ 3

Зависимость выходного параметра объекта от времени при подаче на вход дельта-функции называется:

(Выбрать верные варианты ответа.)

1. статической характеристикой
2. импульсной характеристикой
3. частотной характеристикой
4. переходной характеристикой

№ 4

Выберите верное определение:

1. Расширенный наблюдатель оценивает n переменных состояния объекта управления на основе измерения входных и выходных сигналов системы.
2. Полный наблюдатель дополнительно оценивает переменные состояния внешней среды
3. Расширенный наблюдатель дополнительно оценивает переменные состояния внешней среды
4. Нет правильного ответа

№ 5

Свойство наблюдаемости для линейных систем не связано с управлением U и, следовательно, не зависит от вектора B .

1. Верно
2. Неверно
- № 6 Возможность возникновения автоколебаний в конкретной системе может зависеть ... (Выбрать верные варианты.)
1. от вида и параметров нелинейностей
 2. от начальных условий
 3. структуры линейной части
 4. от значений отдельных параметров динамических звеньев системы
 5. от значений выходного вектора
 6. от количества звеньев в системе
- № 7 Возможность возникновения автоколебаний в конкретной системе может зависеть ... (Сколько верных вариантов приведено?)
1. от вида и параметров нелинейностей
 2. от начальных условий
 3. структуры линейной части
 4. от значений отдельных параметров динамических звеньев системы
 5. от значений выходного вектора
 6. от количества звеньев в системе
- № 8 Задача наблюдаемости состоит в... (Выбрать верный вариант ответа.)
1. синтезе алгоритма, обеспечивающего оценивание измеряемых переменных состояния объекта управления и внешней среды.
 2. синтезе алгоритма, обеспечивающего оценивание неизмеряемых переменных состояния объекта управления и внешней среды.
 3. синтезе алгоритма, обеспечивающего оценивание измеряемых переменных состояния объекта управления
 4. синтезе алгоритма, обеспечивающего оценивание неизмеряемых переменных внешней среды.
- № 9 Установите соответствие:
- А. Смешанное квантование
- Б. Квантование по уровню
1. Осуществляется преобразование непрерывного сигнала в дискретный в произвольные моменты времени с выделением значений непрерывного сигнала в момент пересечения им равноотстоящих уровне Δx .
 2. Происходит преобразование непрерывного сигнала в дискретный через равные временные промежутки, но при этом выделяется ближайший уровень непрерывного сигнала
- № 10 Как записывается система разностных уравнений дискретной системы с одним входом и одним выходом в векторно-матричной форме?
- 1.

$$W(z) = C(zI - A)^{-1}B$$

2.

$$x_m[n+1] = -a_mx_1[n] - a_{m-1}x_2[n] - \dots - a_1x_m[n] + bu[n],$$

3.

$$\begin{aligned} X[n+1] &= AX[n] + Bu[n], \\ y[n] &= CX[n], \end{aligned}$$

4. нет правильного ответа

5. все ответы верные