

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИСТЕМЫ 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	
4	7	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**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 СИСТЕМЫ 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-4 — Способен к определению назначения системы управления БПЛА

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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ПК-4**

*знания:*

на уровне представлений:

- знать назначение и задачи систем управления и наведения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА);

- знать принципы и математические модели систем управления (наведения) и стабилизации БПЛА различных типов;

- знать области применения; задачи типовых систем управления и наведения БПЛА различных типов;

на уровне воспроизведения и понимания:

- знать назначение и задачи систем управления и наведения БПЛА;

- знать принципы и математические модели систем наведения и стабилизации БПЛА различных типов;

- знать методы расчета, исследования и прогнозирования параметров систем управления (наведения) БПЛА;

- знать требования, предъявляемые к системам управления и наведения БПЛА;

- знать основные этапы и задачи проектирования систем управления и наведения БПЛА;

- знать области применения; задачи, состав и особенности построения и функционирования типовых систем управления и наведения БПЛА различных типов;

- знать принципы формирования законов управления и стабилизации БПЛА аппаратов различных типов;

*умения:*

- уметь классифицировать системы управления и наведения БПЛА;

- составлять математические модели систем управления и наведения БПЛА;

- уметь выбирать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель (уравнения) управляемого движения БПЛА;

- уметь использовать методические приемы упрощения моделей движения БПЛА различных типов;

*навыки:*

иметь навыки и владеть –

- основными методами анализа и синтеза систем управления и наведения БПЛА различных типов.

## **ПК-6**

*знания:*

на уровне представлений:

- знать назначение и задачи систем управления и наведения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА);

- знать принципы и математические модели систем управления (наведения) и стабилизации БПЛА различных типов;

- знать области применения; задачи типовых систем управления и наведения БПЛА различных типов;

на уровне воспроизведения и понимания:

- знать назначение и задачи систем управления и наведения БПЛА;

- знать принципы и математические модели систем наведения и стабилизации БПЛА различных типов;

- знать методы расчета, исследования и прогнозирования параметров систем управления (наведения) БПЛА;

- знать требования, предъявляемые к системам управления и наведения БПЛА;

- знать основные этапы и задачи проектирования систем управления и наведения БПЛА;

- знать области применения; задачи, состав и особенности построения и функционирования типовых систем управления и наведения БПЛА различных типов;

- знать принципы формирования законов управления и стабилизации БПЛА различных типов;

*умения:*

теоретически и практически уметь –

- уметь классифицировать системы управления и наведения БПЛА;
- составлять математические модели систем управления и наведения БПЛА;
- уметь выбирать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель (уравнения) управляемого движения БПЛА;
- уметь использовать методические приемы упрощения моделей движения БПЛА различных типов;

*навыки:*

навыки:

иметь навыки и владеть –

- основными методами анализа и синтеза систем управления и наведения БПЛА различных типов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СИСТЕМЫ 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: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОГРАММ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ДИНАМИКА ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

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 общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ПК-2 — Способен к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
- ПК-3 — Способен к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА
- 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 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-4	ПК-6
4	7	Раздел 1. Введение. 1.1. Цели и задачи курса. Назначение и задачи систем управления, наведения, инерциальных навигационных систем летательных и космических аппаратов. 1.2. Классификация систем управления, наведения, инерциальных навигационных систем. Требования, предъявляемые к системам управления и наведения, к инерциальным навигационным системам.	12	7	4	3	5	20	20
4	7	Раздел 2. Динамика систем телеуправления. 2.1. Классификация. Методы телеуправления. Принципы формирования законов управления и стабилизации. 2.2. Состав и особенности построения и функционирования систем телеуправления различных типов летательных аппаратов. Расчет кинематической траектории. 2.3. Функциональная схема командной системы телеуправления при наведении по методу трех точек. 2.4. Структурная схема командной системы телеуправления в вертикальной плоскости при наведении по методу трех точек. 2.5. Математические модели элементов системы телеуправления. Нелинейная и линейная математические модели командной системы телеуправления 1-го вида при наведении по методу трех точек, особенности их исследования. 2.6. Особенности системы телеуправления при наведении по лучу.	44	20	14	6	24	40	40
4	7	Раздел 3. Динамика систем самонаведения. 3.1. Классификация. Методы самонаведения. Принципы формирования законов управления и стабилизации. 3.2. Состав и особенности построения и функционирования систем самонаведения летательных аппаратов различных типов. 3.3. Расчет кинематической траектории наведения. Способы формирования сигнала ошибки наведения. 3.4. Функциональная и структурная схемы системы самонаведения в вертикальной плоскости при наведении по методу пропорциональной навигации. 3.5. Головки самонаведения: со следящим приводом, с гироскопической стабилизацией. 3.6. Нелинейная и линейная модели системы самонаведения в вертикальной плоскости при наведении по методу пропорциональной навигации. 3.7. Основные особенности процесса самонаведения. 3.8. Анализ устойчивости и точности систем самонаведения.	52	24	16	8	28	40	40
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение.	Математические модели систем стабилизации ЛА	3
2	Раздел 2. Динамика систем телеуправления.	Математическая модель командной системы телеуправления при наведении по методу трех точек	6
3	Раздел 3. Динамика систем самонаведения.	Математическая модель системы самонаведения при наведении по методу пропорциональной навигации	8
<b>Всего за 7 семестр</b>			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическому заданию № 1	5
2	Раздел 2. Динамика систем телеуправления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическому заданию № 2	24
3	Раздел 3. Динамика систем самонаведения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическому заданию № 3	28
<b>Всего за 7 семестр</b>			57

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																			
	1	2	3	4		5	6	7	8	9		10	11	12	13	14	15	16	17	
7				ВРЗД, Отч. по ПЗ			ДР			ВРЗД, Отч. по ПЗ		ДР						ДР	ВРЗД, Отч. по ПЗ	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию.

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. И. Л. Петрова, О. А. Толпегин. . Исследование динамики систем управления летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 50 экз.
2. О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 50 экз.

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

### 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 R 2015a;
2. Matlab 2015a SP1;
3. Qt Creator 4.11.14;
4. 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. Matlab 2015a SP1;
3. Microsoft Office;
4. Qt Creator 4.11.14;
5. MATLAB R 2015a.

### **6.3. Прочее:**

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

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **СИСТЕМЫ 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-4 Способен к определению назначения системы управления БПЛА;

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами построения систем управления и наведения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), методами анализа и синтеза этих систем. Задача дисциплины – научить методам составления математических моделей движения БПЛА различных классов с учетом динамических свойств элементов систем управления, выбирать параметры систем наведения, обеспечивающие устойчивость, требуемое качество и точность работы этих систем.

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 практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

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

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

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

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Введение.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическому заданию № 1	О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (Введение, 1.1, 4.1) И. Л. Петрова, О. А. Толпегин. . Исследование динамики систем управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Введение, Практические работы №1-№4)	5
Итого по разделу 1		5
<b>Раздел 2. Динамика систем телеуправления.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическому заданию № 2	О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (Часть I. СИСТЕМЫ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ) И. Л. Петрова, О. А. Толпегин. . Исследование динамики систем управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Практическая работа №5)	24
Итого по разделу 2		24
<b>Раздел 3. Динамика систем самонаведения.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическому заданию № 3	И. Л. Петрова, О. А. Толпегин. . Исследование динамики систем управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Практическая работа №6) О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (Часть II. СИСТЕМЫ САМОНАВЕДЕНИЯ)	28
Итого по разделу 3		28

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- отчет по практическому заданию;
- 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.

Раздел 1. Введение.

- 1.1 Назначение и задачи систем наведения.
- 1.2 Назначение и задачи инерциальных навигационных систем летательных и космических аппаратов.
- 1.3 Классификация систем наведения.
- 1.4 Классификация, инерциальных навигационных систем ЛА.
- 1.5 Требования, предъявляемые к системам управления и наведения ЛА.
- 1.6 Требования, предъявляемые к инерциальным навигационным системам.

Раздел 2. Динамика систем телеуправления.

- 2.1 Общая характеристика систем телеуправления.
- 2.2 Системы телеуправления. Классификация.
- 2.3 Методы наведения телеуправляемых летательных аппаратов (ЛА).
- 2.4 Расчет кинематических траекторий наведения.
- 2.5 Командная система телеуправления первого вида (ТУ-1).
- 2.5 Командная система телеуправления второго вида (ТУ-2).
- 2.7 Система телеуправления по лучу.
- 2.8 Система телеуправления по лучу вращающегося ЛА.
- 2.9 Перекрестные связи между каналами управления и явление «скручивания» систем координат.
- 2.10 Математические модели элементов системы телеуправления.
- 2.11 Уравнения движения ЛА.
- 2.12 Система стабилизации.
- 2.13 Радиолокационные визеры.
- 2.14 Оптические визеры.
- 2.15 Устройство формирования команд.
- 2.16 Командная радиолиния управления.
- 2.17 Математические модели систем телеуправления.
- 2.18 Командная система ТУ-1 при наведении по методу трех точек.
- 2.19 Командная система ТУ-1 при наведении с использованием спрямляющих методов.
- 2.20 Система наведения по лучу с использованием метода трех точек.
- 2.21 Математическая модель системы наведения по лучу вращающегося ЛА.
- 2.22 Исследование динамики систем телеуправления.

Раздел 3. Динамика систем самонаведения (СН).

- 3.1 Общая характеристика систем самонаведения.
- 3.2 Классификация СН.
- 3.3 Методы самонаведения.
- 3.4 Расчет кинематических траекторий наведения.
- 3.5 Способы формирования сигнала ошибки наведения.
- 3.6 Функциональная схема системы самонаведения.
- 3.7 Математические модели головок самонаведения.
- 3.8 Классификация головок самонаведения (ГСН).
- 3.9 ГСН со следящим (негироскопическим) приводом.

- 3.10 ГСН с гироскопической стабилизацией.
- 3.11 Особенности оптических головок самонаведения.
- 3.12 Математические модели систем самонаведения.
- 3.13 Система самонаведения по методу пропорциональной навигации.
- 3.13 Система самонаведения по методу прямого наведения.
- 3.14 Особенности процесса самонаведения.
- 3.15 Исследование динамики систем самонаведения.
- 3.16 Оценка эффективности стрельбы ЗУР.
- 3.17 Показатели эффективности стрельбы.
- 3.18 Расчет вероятности поражения цели одной ракетой.
- 3.19 Расчет зон поражения и зон пуска

#### **Отчет по практическому заданию**

Допуск к практическому заданию (ПЗ) не требуется. Обучающийся обязан выполнять все ПЗ в срок, сдать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля. ПЗ считается выполненным, если обучающийся полностью выполнил все задания, указанные в задании для ПЗ.

Отчет по ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ. Защита отчета проходит в форме доклада обучающегося по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении ПЗ требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

Отчеты по 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 обучающийся должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

В случае, если оформление отчета и поведение обучающегося во время защиты соответствуют указанным требованиям, он получает максимальное количество баллов (5).

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от max (5) до min (3) являются:

- небрежное выполнение отчета по ПЗ,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),
- ответы не на все вопросы преподавателя по теме ПЗ.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала

#### **Экзамен**

Промежуточная аттестация по дисциплине проходит в форме экзамена.

Допуск к экзамену оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.

Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он полностью ответил на вопросы экзаменационного билета и правильно ответил на 3 вопроса по содержанию курса.
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он полностью ответил на вопросы экзаменационного билета и правильно ответил на хотя бы на 2 вопроса по содержанию курса.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не ответил ни на один вопрос экзаменационного билета.
- во всех других случаях обучающемуся выставляется оценка «удовлетворительно».

Альтернативой получения оценки «удовлетворительно», при условии полного выполнения обучающимися всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий, является сдача письменного Теста. При правильном ответе хотя бы на 3 вопроса Тестовых заданий из 5, обучающийся получает оценку «удовлетворительно».

Экзаменационные билеты и Тестовые задания приведены в УМК по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-4	ПК-6	
4	7	Раздел 1. Введение.	12	7	4	3	5	20	20	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 2. Динамика систем телеуправления.	44	20	14	6	24	40	40	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 3. Динамика систем самонаведения.	52	24	16	8	28	40	40	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	



ПК-4 - Способен к определению назначения системы управления БПЛА

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

При исследовании контура управления угловым движением ЛА в вертикальной плоскости используется следующая передаточная функция:

$$W_{\omega}(s) = \frac{\Delta \omega(s)}{\Delta \delta(s)} = \frac{k_c(T_{1c}s + 1)}{T_c^2 s^2 + 2\xi_c T_c s + 1},$$

Составьте соответствие (каждой букве должна соответствовать только одна цифра).

А -  $k_c$

Б -  $T_{1c}$

В -  $\xi$

1 - коэффициент корреляции снаряда

2 - коэффициент демпфирования

3 - коэффициент усиления ЛА,

4 - постоянная времени ЛА,

5 - постоянная времени ЛА по скорости

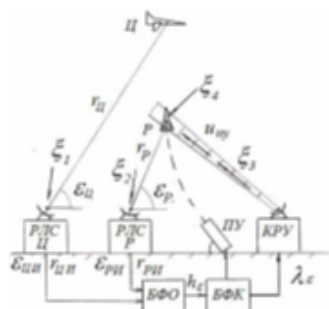
№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Запишите допущения, используемые при расчете траектории ЗУР

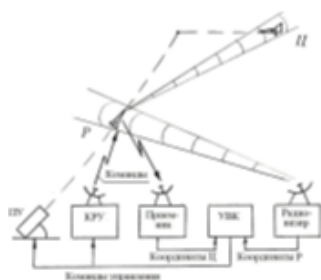
№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Поставьте в соответствие номер рисунка и его название.

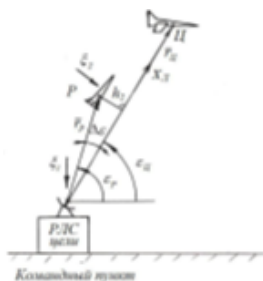
1.



2.



3.



А. Командная система телеуправления первого вида

Б. Командная система телеуправления второго вида

В. Командная система сопровождения «через ракету».

Г. Система самонаведения

Д Система телеуправления по лучу при наведении по методу трех точек

№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Запишите блоки уравнений, которые входят в нелинейную математическую модель командной системы телеуправления

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность действий при разработке систем наведения.

1. Выбор метода наведения.

2. Исследование системы наведения методами анализа и синтеза.

3. Составление математических моделей элементов структурной схемы и системы в целом.

4. Составление структурной схемы системы управления.

5. Выбор состава измерительных средств

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

Какие уравнения характеризуют динамику ГСН с гироскопической стабилизацией?

1.

$$\frac{du_{\varphi}}{dt} = \frac{1}{T_1} (k_1 (\varphi - \varphi_r) - u_{\varphi})$$

2.

$$\frac{d\delta_n}{dt} = \frac{1}{T_{\text{РП}}} \{ k_{\text{РП}} [k_y (u - k_{\text{ДУ}} n_y) - k_{\text{ДИ}} \omega_{z1}] - \delta_n \}$$

3.

$$\frac{dM_{\text{упр}}}{dt} = \frac{1}{T_2} (k_2 u_{\varphi} - M_{\text{упр}})$$

4.

$$\frac{d\varphi_r}{dt} = \frac{1}{H} M_{\text{упр}}$$

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

ответов

Запишите номера ответов верных утверждений, относящиеся к верным характеристикам/возможностям радиолокационных визиров.

1. Радиолокационные визиры определяют сферические координаты цели.
2. В случае необходимости, по измерениям сферических координат цели, можно определить высоту полета цели.
3. Радиолокационные визиры определяют координаты относительного движения цели.
4. В случае необходимости, по измерениям сферических координат цели, можно определить координаты местоположения цели в земной системе координат

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

Перечислите методы самонаведения.

1. Метод прямого наведения.
- 2 Метод погони.
- 3 Метод пропорциональной навигации.
- 4 Метод трех точек

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность этапов при функционировании системы самонаведения.

В зависимости от характера изменения угловой скорости линии визирования весь процесс самонаведения можно разделить на три этапа:

1. На этапе происходит слежение за мгновенной точкой встречи. Это слежение сопровождается ошибкой, которая обусловлена инерционностью системы управления и действием возмущений.
2. этап “неустойчивого” движения, когда угловая скорость линии визирования цели неограниченно возрастает.
3. Сигнал с выхода ГСН в контур наведения поступает не сразу после включения головки, а в момент времени, когда угловая скорость линии визирования цели имеет большую величину. Так как в методе пропорциональной навигации система стремится обратить в нуль угловую скорость линии визирования цели, то по прошествии некоторого времени это начальное рассогласование исчезает

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

Нелинейная модель командной системы телеуправления при наведении с использованием спрямляющих методов наведения в пространстве не включает:

1. систему уравнений движения Р;
2. систему уравнений динамики контуров стабилизации крена, тангажа и рыскания;
3. уравнения, описывающие работу ГСН;
4. уравнения формирования команд управления

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

Самонаведение – это...

1. один из методов управления по лучу.
2. метод наведения, применяемый при наведении ракеты на неподвижную цель.
3. процесс, при котором ракета выбирает свою цель самостоятельно, используя радиоволны.

4. метод управления, при котором на борту ракеты измеряются параметры движения цели и формируются команды управления, обеспечивающие наведение ракеты на цель

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

По типу используемой энергии и длине волны ГСН подразделяются на:

1. акустические, оптические, тепловые, радиолокационные.
2. активные, пассивные, полуактивные.
3. активные, акустические, подвижные, неподвижные.
4. неподвижные, подвижные

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

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между формулами и названиями методов наведения.

1.

$$\frac{d\theta}{dt} = k \frac{d\varphi}{dt}$$

2.

$$\xi = \varphi - \vartheta, \xi=0.$$

3.

$$\eta = \varphi - \theta, \eta = \text{const} \neq 0$$

А – метод прямого наведения.

Б – метод пропорциональной навигации

В – метод погони с постоянным упреждением,

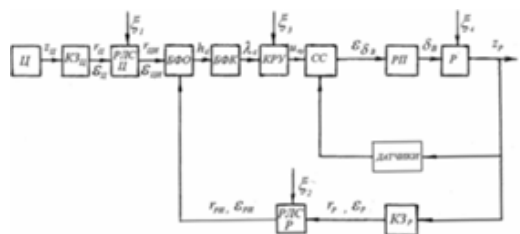
Г - метод прямого наведения с постоянным упреждением.

Д - метод параллельного сближения

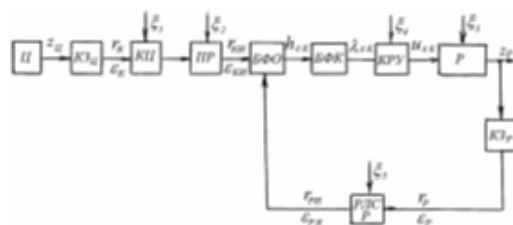
№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Поставьте в соответствие номер рисунка и его название.

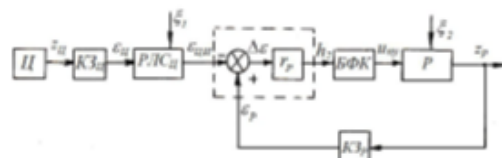
1.



2.



3.



А. Структурная схема командной системы телеуправления первого вида

Б. Структурная схема командной системы телеуправления второго вида

В. Структурная схема системы «сопровождения через ракету» в вертикальной плоскости.

Г. Структурная схема системы «сопровождения через ракету» в горизонтальной плоскости

Д. Структурная схема системы телеуправления по лучу

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность этапов при формировании сигнала ошибки наведения.

1. Для формирования сигнала ошибки необходимо определить, какие величины следует измерять для того, чтобы реализовать требуемый метод наведения.

2. Необходимо определить комплекс измерительных устройств для измерения этих величин.

3. Если одну и ту же величину можно измерить с помощью различных измерительных устройств, то окончательный выбор измерительных устройств может зависеть от дополнительных условий

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

Какое допущение из представленных не применяется при расчете кинематической траектории наведения?

1. Модули скоростей считаются известными функциями времени.

2. ЛА движутся с постоянной скоростью.

4. Система управления ЛА считается идеальной, безынерционной.

5. Возмущения отсутствуют

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите алгоритм процесса управления при командном телеуправлении.

1. Измеренные значения координат Ц и Р подаются в устройство выработки команд.

2. Формирование команды осуществляется в соответствии с выбранным методом наведения и принятым параметром рассогласования.

3. Выработанные для каждой плоскости наведения команды управления шифруются и по командной радиолинии управления передаются на борт Р.

4. Выработанные для каждой плоскости наведения команды управления принимаются бортовым приемником.

5. Выработанные для каждой плоскости наведения команды управления усиливаются.

6. Выработанные для каждой плоскости наведения команды управления дешифруются и в виде определенных сигналов подаются в автопилот для управления угловым положением Р.

7. Процесс управления осуществляется непрерывно до встречи ракеты с целью

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

Какие задачи может выполнять головка самонаведения?

1. Обнаружение полезного сигнала.

2. Селекция целей.

3. Измерение необходимых параметров абсолютного движения цели.

4. Защита от организованных помех

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

При исследовании контура управления угловым движением ЛА в вертикальной плоскости используются следующие передаточные функции (выбрать из предложенных):

1.

$$W_{\omega}^{\omega}(s) = \frac{\Delta \omega_{\omega}(s)}{\Delta \delta_{\omega}(s)} = \frac{k(T_1 s + 1)}{T_1^2 s^2 + 2\zeta_1 T_1 s + 1},$$

2.

$$W_{\omega}^{\omega}(s) = \frac{\Delta \omega_{\omega}(s)}{\Delta \delta_{\omega}(s)} = \frac{k(T_1 s + 1)}{T_1^2 s^2 + 2\zeta_1 T_1 s + 1},$$

3.

$$W_{\omega}^{\psi}(s) = \frac{\Delta \psi(s)}{\Delta \omega_{\omega}(s)} = \frac{1}{T_1 s + 1},$$

4.

$$W_{\omega}^{\phi}(s) = \frac{\Delta \phi(s)}{\Delta \omega_{\omega}(s)} = \frac{1}{T_1 s + 1},$$

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

Телеуправляемые ракеты – это....

1. ракеты, управление которыми осуществляется на расстоянии с помощью аппаратуры, расположенной на командном пункте управления.

2. ракеты, которые управляются путем визуального контакта оператора с целью.

3. ракеты, управление которыми осуществляется на расстоянии с помощью аппаратуры, расположенной на борту ЛА.

4. ракеты, которыми управляют дистанционно на основе данных, полученных со спутника

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

По конструктивному исполнению ГСН подразделяются на:

1. ГСН с гироскопической стабилизацией, ГСН с негироскопической стабилизацией.

2. активные, пассивные, полуактивные.
3. акустические, оптические, подвижные, неподвижные.
4. неподвижные, подвижные

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Запишите, где и как формируется команда управления ЛА в системах управления по лучу?

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В каких системах телеуправления необходима система стабилизации угла крена? (Ответ обоснуйте.)

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

Выберите пункты, содержащие преимущества ГСН с гироскопической стабилизацией.

1. Простота конструктивного исполнения.
2. Простота определения угловой скорости вращения линии визирования.
3. Высокая чувствительность.
4. Отсутствие влияния угловых движений ЛА на работу ГСН благодаря трехстепенному подвесу гироскопа