

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Юнаков Л. П.
(подпись) ФИО
« ____ » _____ 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 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	
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: 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 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:

ОПК-5 — способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
ОПК-8 — способность проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"
ПСК-2.4 — Способность к определению назначения системы управления БПЛА
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-5

знания:

на уровне представлений:

- знать назначение и задачи систем управления и наведения беспилотных летальных 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.

ОПК-8

знания:

на уровне представлений:

- знать назначение и задачи систем управления и наведения беспилотных летальных 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;

- знать методики математического и полунатурного моделирования при исследовании и разработке систем управления БПЛА;

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;

- уметь проводить динамические расчеты систем управления БПЛА;

- уметь применять методики математического и полунатурного моделирования при разработке и исследовании систем управления БПЛА;

навыки:

уметь навыки и владеть –

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

- способностью проводить динамические расчеты систем управления БПЛА;

- применять методики математического и полунатурного моделирования при исследовании и разработке систем управления БПЛА.

ПСК-2.4

знания:

на уровне представлений:

- знать назначение и задачи систем управления и наведения беспилотных летальных 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:

иметь навыки и владеть –

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

ПСК-2.5

знания:

на уровне представлений:

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

- знать принципы, структуру 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, структуру 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:

иметь навыки и владеть –

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

ПСК-2.6

знания:

на уровне представлений:

- знать назначение и задачи систем управления и наведения беспилотных летальных 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;

- знать методики математического и полунатурного моделирования при исследовании и разработке систем управления БПЛА;

умения:

теоретически и практически уметь –

- уметь классифицировать системы управления и наведения БПЛА;

- составлять алгоритмы и 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;

- уметь проводить динамические расчеты систем управления БПЛА;

- уметь применять методики математического и полунатурного моделирования при разработке и исследовании систем управления БПЛА;

навыки:

уметь навыки и владеть –

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

- способностью к разработке алгоритмов систем управления БПЛА;

- применять методики математического и полунатурного моделирования при исследовании и разработке систем управления БПЛА.

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-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
- ПСК-2.2 — Способность к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
- ПСК-2.3 — Способность к проведению анализа летно-технических характеристик БПЛА
- ПСК-2.6 — Способность к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы 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 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 компетencies, %				
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5	ОПК-8	ПСК-2.4	ПСК-2.5	ПСК-2.6
4	7	Раздел 1. Введение. 1.1. Цели и задачи курса. Назначение и задачи систем наведения, инерциальных навигационных систем летательных и космических аппаратов. 1.2. Классификация систем наведения, инерциальных навигационных систем требования, предъявляемые к системам управления и наведения, к инерциальным навигационным системам.	12	7	4	3	5	10	10	10	10	10
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	45	45	45	45	45
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	45	45	45	45	45
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100	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
Всего за 7 семестр			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
Всего за 7 семестр			57

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7				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 - 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*:

ОПК-5 способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач;
ОПК-8 способность проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)";
ПСК-2.4 Способность к определению назначения системы управления БПЛА;
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 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.
Раздел 1. Введение.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическому заданию № 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) 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)	5
Итого по разделу 1		5
Раздел 2. Динамика систем телеуправления.		
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
Раздел 3. Динамика систем самонаведения.		
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 визиры.
- 2.14 Оптические визиры.
- 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 (ССН).

- 3.1 Общая характеристика систем самонаведения.
- 3.2 Классификация ССН.
- 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 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		ОПК-5	ОПК-8	ПСК-2.4	ПСК-2.5	ПСК-2.6	
4	7	Раздел 1. Введение.	12	7	4	3	5	10	10	10	10	10	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 2. Динамика систем телеуправления.	44	20	14	6	24	45	45	45	45	45	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 3. Динамика систем самонаведения.	52	24	16	8	28	45	45	45	45	45	Вопросы по разделу, Отчет по практическому заданию
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100	100	100	

Критерии оценивания

ОПК-5

Вопросы открытого типа:

№ 1 Напишите пропущенное слово:

При _____ радиолокации цель облучается радиосигналами, вырабатываемыми передатчиком, расположенным вне визира Ц, а приемник радиолокационных сигналов находится в составе аппаратуры визира.

№ 2 Напишите пропущенное слово:

При _____ радиолокации цель облучается радиосигналами, вырабатываемыми передатчиком, расположенным вне визира Ц, а приемник радиолокационных сигналов находится в составе аппаратуры визира.

№ 3 Данная формула используется для определения...

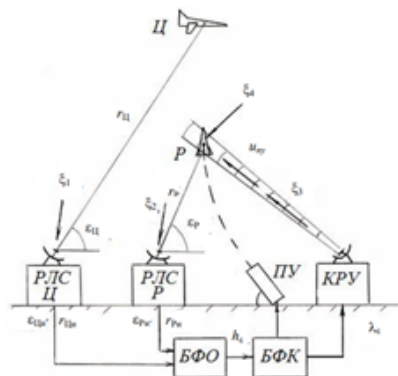
Ответ запишите в родительном падеже с маленькой буквы.

$$h_{\varepsilon} = r_p (\varepsilon - \varepsilon_p)$$

№ 4 Напишите пропущенные в определении слова с маленькой буквы через запятую без пробелов:

Устройство формирования _____ является вычислительным устройством, которое на основе _____ наведения и дополнительной информации вычисляет команды управления БПЛА или _____, по которому должен двигаться БПЛА.

№ 5 Напишите в родительном падеже, функциональная схема какой системы изображена на рисунке:



№ 6 Система стабилизации описывается следующей системой ДУ:

Заданное значение какого параметра представляет собой сигнал управления u ?

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\omega_{y1}}{dt} &= b_{11}\Delta\omega_{y1} + b_{12}\Delta\beta + b_{13}\Delta\delta_n, \\ \frac{d\Delta\varphi}{dt} &= \Delta\omega_{y1}, \quad \frac{d\Delta\psi}{dt} = b_{42}\Delta\beta, \\ \frac{d\delta_n}{dt} &= \frac{1}{T_{PI}}(k_{PI}\varepsilon_{\delta_n} - \Delta\delta_n), \\ \varepsilon_{\delta_n} &= k_y(u_{nz} - k_{\partial nz}\Delta n_z) - k_{\omega y}\Delta\omega_{y1}, \\ \Delta\beta &= \Delta\varphi - \Delta\psi, \quad \Delta n_z = -\frac{V}{g}b_{42}\Delta\beta = -\frac{V}{g}\frac{d\Delta\psi}{dt}. \end{aligned}$$

№ 7 Для чего предназначена система стабилизации БПЛА?

№ 8 В чем состоит принцип активной радиолокации?

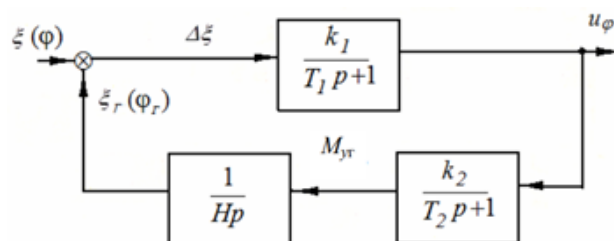
№ 9 Напишите достоинства КСТУ-2.

№ 10 Напишите недостатки КСТУ-2.

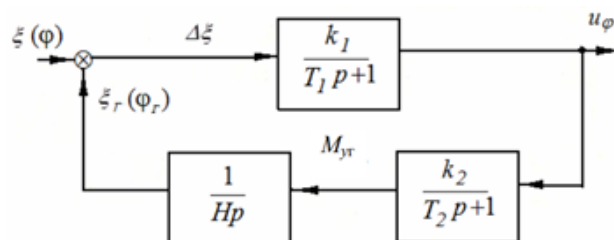
Вопросы закрытого типа:

- № 1 Телеуправляемые БПЛА – это....
1. БПЛА, управление которыми осуществляется на расстоянии с помощью аппаратуры, расположенной на командном пункте управления
 2. БПЛА, которые управляются путем визуального контакта оператора с целью
 3. БПЛА, управление которыми осуществляется на расстоянии с помощью аппаратуры, расположенной на борту ЛА
 4. БПЛА, которыми управляют дистанционно на основе данных, полученных со спутника
- № 2 Системы телеуправления БПЛА делятся на две группы:
1. КСТУ-1 и КСТУ-2
 2. командные системы и системы управления по лучу
 3. КСТУ-1, КСТУ-2 и системы управления по лучу
 4. командные системы и системы самонаведения
- № 3 Разработка систем наведения включает:
1. Выбор метода наведения.
 2. Выбор состава измерительных средств.
 3. Составление структурной схемы системы управления.
 4. Составление математических моделей элементов структурной схемы и системы в целом.
 5. Исследование системы наведения методами анализа и синтеза
- № 4 Какие допущения применяются при расчете кинематической траектории наведения?
1. модули скоростей считаются известными функциями времени
 2. БПЛА движутся с постоянной скоростью
 3. подъемная сила не учитывается
 4. система управления БПЛА считается идеальной, безынерционной
 5. возмущения отсутствуют.
- № 5 Самонаведение – это...
1. один из методов управления по лучу
 2. метод наведения, применяемый при наведении БПЛА на неподвижную цель
 3. процесс, при котором ракета выбирает свою цель самостоятельно, используя радиоволны
 4. такой метод управления, при котором на борту БПЛА измеряются параметры движения цели и формируются команды управления, обеспечивающие наведение БПЛА на цель.
- № 6 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
- № 7 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
- № 8 Преимущества ГСН с гироскопической стабилизацией:
1. достаточная сложность головки
 2. простота определения угловой скорости вращения линии визирования
 3. высокая чувствительность
 4. отсутствие влияния угловых движений БПЛА на работу головки благодаря трехстепенному подвесу гироскопа
- № 9 Структурная схема какого устройства, входящего в СУ БПЛА изображена на рисунке?
1. ГСН с гироскопической стабилизацией
 2. ГСН с негироскопической стабилизацией
 3. ГСН со следящим приводом
 4. Контура стабилизации перегрузки



- № 10 Верно ли утверждение?
- На рисунке изображена структурная схема контура стабилизации перегрузки.
1. Да.
 2. Нет.



ОПК-8

- Вопросы открытого типа:
- № 1 Система из скольких уравнений при всех заданных параметрах определяет единственную траекторию движения осесимметричного БПЛА с аэродинамическим управлением в пространстве, рассматриваемого как твердое тело?

В ответе напишите число
 № 2 Запишите пропущенные слова с маленькой буквы через запятую и без пробела:

Поэтому чем выше _____ колебаний БПЛА, тем более _____
 должна быть полоса частот, пропускаемых без искажения _____
 системой.

№ 3 Запишите пропущенные слова с маленькой буквы через запятую и без пробела:

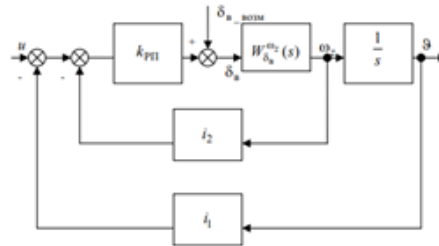
В световых ГСН в качестве приемников используются _____, а в инфракрасных
 ГСН применяют приемники на _____.

№ 4 Запишите в именительном падеже, метод наведения, о котором идет речь:

В настоящее время наибольшее распространение получил _____. Это связано с тем,
 что сигнал, пропорциональный угловой скорости линии визирования несет
 информацию о промахе БПЛА, который характеризует точность наведения его на
 цель.

№ 5 Дополните предложение:

На рисунке изображена система стабилизации _____



№ 6 На чем основан импульсный метод определения дальности?

№ 7 Напишите допущения, используемые при расчете траектории БПЛА.

№ 8 Что определяют радиолокационные визиры?

№ 9 Что такое активная радиолокация с пассивным ответом?

№ 10 Что такое метод максимума?

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Какое уравнение характеризует динамику контура стабилизации перегрузки с
 дифференцирующим гироскопом и датчиком линейных ускорений?

1.

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

2.

$$\frac{dV}{dt} = -(C_{x0} + A\alpha^2)q \frac{S}{m} - g \sin \theta$$

3.

$$n_y = \frac{C_y^\alpha \alpha q S}{mg}$$

4.

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

№ 2 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.

$$\frac{d\delta_{\text{в}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{РП}}} \{ k_{\text{РП}} [k_y (u - k_{\text{ДЛТУ}} n_y) - k_{\text{ДГ}} \omega_{z1}] - \delta_{\text{в}} \}$$

3.

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

4.

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

№ 3 Можно ли уравнения трёхточечных методов можно задать формулами:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{И}} + A_{\varepsilon} \Delta r$$

$$\chi = \chi_{\text{И}} + A_{\chi} \Delta r$$

1. Да.

2. Нет.

№ 4 Выберите уравнения положения цели относительно БПЛА :

1.

$$\frac{dy}{dt} = v \sin(\theta)$$

2.

$$\frac{dr}{dt} = v_{\text{ц}} \cos(\theta_{\text{ц}} - \varphi) - v \cos(\theta - \varphi)$$

3.

$$\frac{dx}{dt} = v \cos(\theta)$$

4.

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

5.

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{r} (v_u \sin(\theta_u - \varphi) - v \sin(\theta - \varphi))$$

№ 5 Выберите уравнения описывающее динамику ГСН :

1.

$$\frac{dx}{dt} = v \cos(\theta)$$

2.

$$\frac{dr}{dt} = v_u \cos(\theta_u - \varphi) - v \cos(\theta - \varphi)$$

3.

$$\frac{dx}{dt} = v \cos(\theta)$$

4.

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

5.

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{r} (v_u \sin(\theta_u - \varphi) - v \sin(\theta - \varphi))$$

№ 6 Выберите верные утверждения:

1. С увеличением дальности наведения линейная ошибка возрастает
2. При активном самонаведении цель облучается передатчиком, установленным на командном пункте управления, а на ракете имеется только приемник
3. В методе пропорциональной навигации угол упреждения выбирается пропорционально изменению угла наклона линии визирования.
4. В системе «сопровождения через ракету» не требуется стабилизировать крен
5. Телеуправляемые БПЛА – это БПЛА, которые управляются путем визуального контакта оператора с целью

№ 7 Первый этап продольного возмущенного движения осесимметричного БПЛА определяется следующей линейной системой уравнений с постоянными коэффициентами (выбрать верный пункт):

1.

$$\frac{d\Delta\omega_{x1}}{dt} = c_{11}\Delta\omega_{x1} + c_{13}\Delta\delta_3,$$

$$\frac{d\Delta\gamma}{dt} = \Delta\omega_{x1},$$

2.

$$\frac{d\Delta\omega_{y1}}{dt} = b_{11}\Delta\omega_{y1} + b_{12}\Delta\beta + b_{13}\Delta\delta_H,$$

$$\frac{d\Delta\varphi}{dt} = \Delta\omega_{y1}, \quad \frac{d\Delta\Psi}{dt} = b_{42}\Delta\beta, \quad \Delta\beta = \Delta\varphi - \Delta\Psi,$$

3.

$$\frac{d\Delta\omega_{z1}}{dt} = a_{11}\Delta\omega_{z1} + a_{12}\Delta\alpha + a_{13}\Delta\delta_B,$$

$$\frac{d\Delta\vartheta}{dt} = \Delta\omega_{z1}, \quad \frac{d\Delta\Theta}{dt} = a_{42}\Delta\alpha, \quad \Delta\alpha = \Delta\vartheta - \Delta\Theta,$$

4.

$$W_{\delta_s}^{\omega_{z1}}(p) = \frac{\Delta\omega_{z1}(p)}{\Delta\delta_s(p)} = \frac{k_c(T_{1c}p+1)}{T_c^2 p^2 + 2\xi_c T_c p + 1},$$

$$W_{\omega_{z1}}^{\dot{\Theta}}(p) = \frac{\Delta\dot{\Theta}(p)}{\Delta\omega_{z1}(p)} = \frac{1}{T_{1c}p+1},$$

№ 8 Есть ли среди приведенных уравнений, уравнения описывающие первый этап продольного возмущенного движения осесимметричного БПЛА :

1. Да

2. Нет

№ 9 Движение крена определяется следующими линейными дифференциальными уравнениями:

(выбрать верный пункт)

1.

$$\frac{d\Delta\omega_{y1}}{dt} = b_{11}\Delta\omega_{y1} + b_{12}\Delta\beta + b_{13}\Delta\delta_H,$$

$$\frac{d\Delta\varphi}{dt} = \Delta\omega_{y1}, \quad \frac{d\Delta\Psi}{dt} = b_{42}\Delta\beta, \quad \Delta\beta = \Delta\varphi - \Delta\Psi,$$

2.

$$\frac{d\Delta\omega_{x1}}{dt} = c_{11}\Delta\omega_{x1} + c_{13}\Delta\delta_3,$$

$$\frac{d\Delta\gamma}{dt} = \Delta\omega_{x1},$$

3.

$$\frac{d\delta_s}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ПИ}}} (k_{\text{ПИ}} \varepsilon_{\delta_s} - \delta_s),$$

$$\varepsilon_{\delta_s} = k_y (u_{ny} - k_{\text{доп}} n_y) - k_{\omega_z} \omega_{z1}.$$

4.

$$\frac{dr}{dt} = V \cos(\Theta - \varepsilon), \quad \frac{dr_{11}}{dt} = V_{11} \cos(\Theta_{11} - \varepsilon_{11})$$

№ 10

Движение тангажа определяется следующими линейными дифференциальными уравнениями:

(выбрать верный пункт)

1.

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\omega_{y1}}{dt} &= b_{11}\Delta\omega_{y1} + b_{12}\Delta\beta + b_{13}\Delta\delta_n, \\ \frac{d\Delta\varphi}{dt} &= \Delta\omega_{y1}, \quad \frac{d\Delta\Psi}{dt} = b_{42}\Delta\beta, \quad \Delta\beta = \Delta\varphi - \Delta\Psi, \end{aligned}$$

2.

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\omega_{x1}}{dt} &= c_{11}\Delta\omega_{x1} + c_{13}\Delta\delta_y, \\ \frac{d\Delta\gamma}{dt} &= \Delta\omega_{x1}, \end{aligned}$$

3.

$$\begin{aligned} \frac{d\delta_s}{dt} &= \frac{1}{T_{\text{ПИ}}} (k_{\text{ПИ}} \varepsilon_{\delta_s} - \delta_s), \\ \varepsilon_{\delta_s} &= k_y (u_{ny} - k_{\text{опы}} n_y) - k_{\omega_z} \omega_{z1}. \end{aligned}$$

4.

$$\frac{dr}{dt} = V \cos(\Theta - \varepsilon), \quad \frac{dr_{11}}{dt} = V_{11} \cos(\Theta_{11} - \varepsilon_{11})$$

5. нет верного ответа

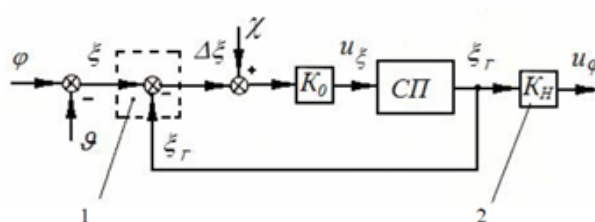
ПСК-2.4

№ 1

Вопросы открытого типа:

Дополните предложение:

На рисунке изображена структурная схема _____



№ 2

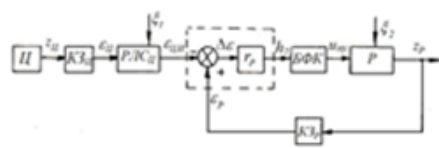
Напишите пропущенные слова с маленькой буквы через запятую и без пробелов:

- Назначение _____ привода сводится к вращению платформы таким образом, чтобы ось ОХг ГСН была направлена на цель, т. е. ГСН должна отслеживать угол _____ цели.
- № 3 Какие ГСН не могут измерять наклонную дальность цели?
- № 4 Ответ запишите с маленькой буквы во множественном числе
О каких ССН идет речь? Ответ запишите одним словом во множественном числе с маленькой буквы.
- № 5 В этих ССН используются видимые лучи. Такие системы строятся на основе телевизионных, оптических и лазерных устройств. Их отличают очень высокие точность и разрешающая способность, особенно характерные для лазерных устройств. Однако работоспособность таких систем еще более зависит от метеорологических.
- Запишите пропущенные слова с маленькой буквы через запятую и без пробела: _____ метод измерения дальности состоит в измерении разности фаз _____ и отраженного от цели _____ и применяется ограниченно.
- № 6 Что включает в себя разработка систем наведения?
- № 7 На какие классы подразделяются подвижные ГСН?
- № 8 Какие задачи выполняет головка самонаведения?
- № 9 Напишите определение активной радиолокации с пассивным ответом.
- № 10 В чем состоит пассивная радиолокация
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 В каких системах телеуправления необходима система стабилизации угла крена?
1. В командных системах телеуправления 1-го вида. для правильного выполнения команд, передаваемых с командного пункта управления на борт ЛА, необходимо обеспечить совпадение осей системы координат на станции наведения и на борту ЛА. Это осуществляется обычно с помощью системы стабилизации угла крена.
 2. В командных системах телеуправления 2-го вида координатор цели устанавливается на борту ЛА. Он осуществляет слежение за целью и определение ее текущих координат относительно осей, связанных с ЛА. Это осуществляется обычно с помощью системы стабилизации угла крена.
 3. В системах телеуправления, содержащих в своем составе ГСН.
 4. В системах телеуправления по лучу, если на борту ЛА имеется система измерения углов ориентации осей связанной системы координат и передачи их в блок формирования команды управления.
 5. В системах телеуправления по лучу обычно требуется обеспечить стабилизацию угла крена, так как необходимо совместить оси СК, связанные с лучом, с осями Р.
- № 2 Установите соответствие:
- А. КСТУ-1
- Б. КСТУ-2
1. Координаты цели измеряются устройствами, размещенными на КПУ. Выработка команд управления осуществляется наземным КПУ
 2. Координаты цели измеряются бортовым координатором БПЛА с последующей передачей их на КПУ. Выработка команд осуществляется наземным КПУ

- № 3 Какой вид командных систем управления осуществляет «сопровождение через ракету»:
1. КСТУ-1, и КСТУ-2
 2. КСТУ-1
 3. КСТУ-2
 4. Нет правильного ответа
- № 4 Достоинствами КСТУ-2 являются высокая точность наведения, независимость точности наведения от дальности стрельбы, есть возможность селекции и распознавания целей.
- 1.Верно
 - 2.Неверно
- № 5 Какими углами определяется взаимное положение сферической и неподвижной земной СК?
1. Углами Эйлера-Крылова
 2. Углами места и азимута
 3. Углами скольжения и атаки
 4. Углами возвышения и наклона траектории
- № 6 Параметр рассогласования – это...
1. Мера отклонения реальной траектории движения БПЛА от кинематической траектории, определяемой методом наведения.
 2. Величина, которая показывает количество расхода топлива у БПЛА во время полета.
 3. Характеристика, отвечающая за точность наведения БПЛА на цель в условиях плохой видимости.
 4. Нет правильного ответа
- № 7 Системы самонаведения в зависимости от места расположения первичного источника электромагнитного излучения различают:
- 1.активные
 - 2.полуактивные
 - 3.акустические
 4. оптические
 - 5.пассивные
 6. комбинированные
- № 8 Активные ССН не обладают полной автономией управления
1. Верно
 - 2.Неверно
- № 9 Неподвижные ГСН применяются на малогабаритных БПЛА.
1. Верно
 2. Неверно
- № 10 Неподвижные ГСН применяются на крупногабаритных БПЛА.
1. Верно
 2. Неверно

№ 1 Перечислите текущие координаты Ц и БПЛА, которые определяются РЛС сопровождения в пространстве.

(Дать полный ответ.)



(Написать самостоятельно через запятую, слово «цель» не записывать)

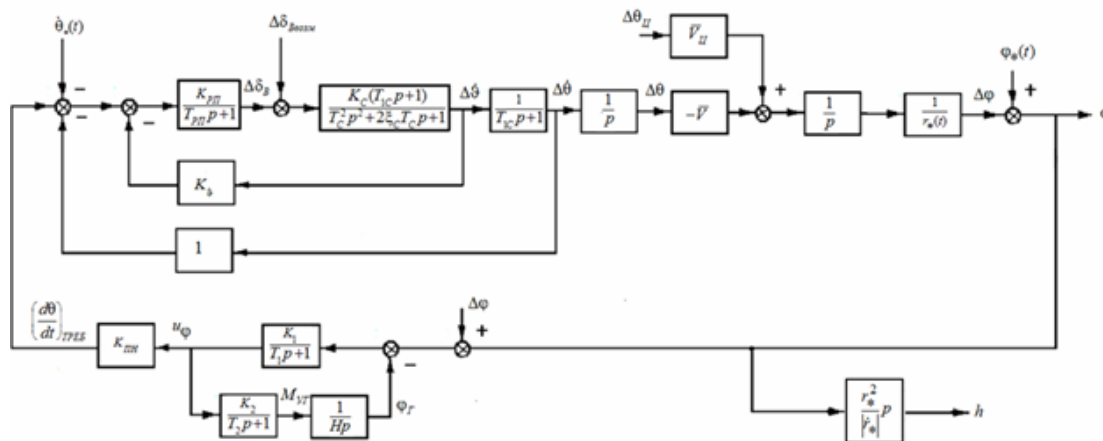
(Написать самостоятельно. Слово «радиолокация» не записывать)



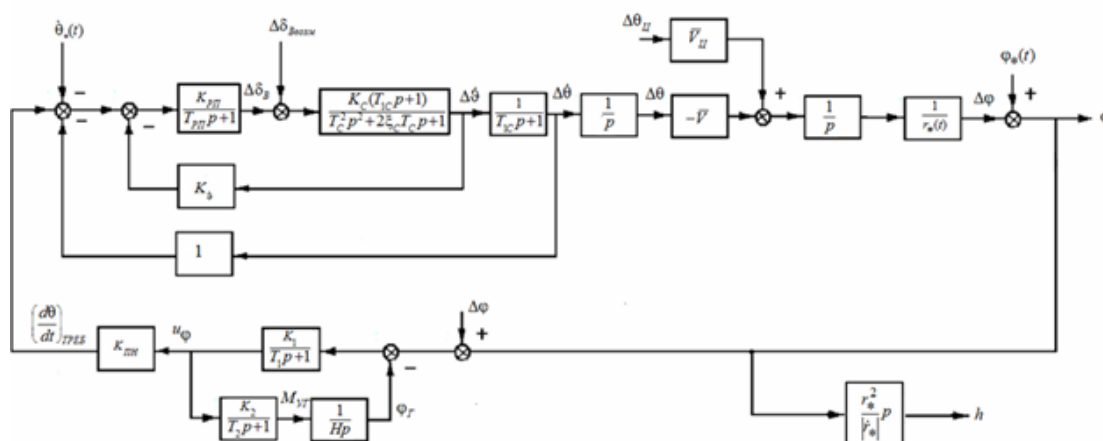
(Написать самостоятельно, слово «радиолокация» не записывать.)

(написать самостоятельно)

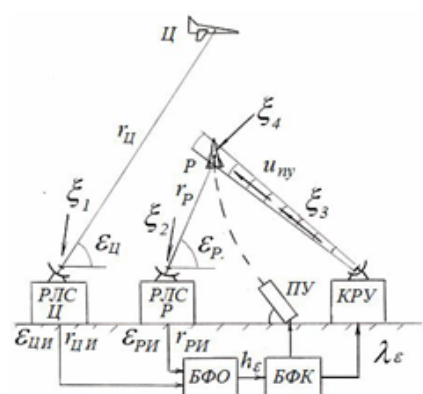
№ 8 Структурная схема какой системы изображена на рисунке?



№ 9 Какая ГСН используется при формировании закона наведения. Ответ дать исходя из приведенной структурной схемы.



№ 10 Схема какой системы изображена на рисунке?



Вопросы закрытого типа:

№ 1 Основные этапы, которые включает в себя разработка систем наведения.

(Выбрать из предложенных.)

1. Выбор метода наведения
2. Выбор состава измерительных средств.
3. Составление структурной схемы системы управления.
4. Составление математических моделей элементов структурной схемы и системы в целом.
5. Исследование метода наведения методами анализа и синтеза.

№ 2 Какие системы телеуправления не нуждаются в системе стабилизации угла крена?

1. КСТУ 1-го вида. Для правильного выполнения команд, передаваемых с командного пункта управления на борт БПЛА, необходимо обеспечить совпадение осей системы координат на станции наведения и на борту БПЛА. Это осуществляется обычно с помощью системы стабилизации угла крена.
2. КСТУ 2-го вида. Координатор цели устанавливается на борту БПЛА. Он осуществляет слежение за целью и определение ее текущих координат относительно осей, связанных с БПЛА. Это осуществляется обычно с помощью системы стабилизации угла крена.
3. Системы телеуправления, содержащие в своем составе ГСН.
4. Системы телеуправления по лучу, если на борту БПЛА имеется система измерения углов ориентации осей связанной системы координат и передачи их в блок формирования команды управления.
5. Системы телеуправления по лучу обычно требуется обеспечить стабилизацию угла крена, так как необходимо совместить оси СК, связанные с лучом, с осями БПЛА.

№ 3 Все ли уравнения, представленные ниже входят в систему уравнений для расчета кинематической траектории наведения?

$$\frac{dr}{dt} = V \cos \Theta \cos(\psi - \chi) \cos \varepsilon + V \sin \Theta \sin \varepsilon$$

$$r \frac{d\varepsilon}{dt} = -V \cos \Theta \cos(\psi - \chi) \sin \varepsilon + V \sin \Theta \cos \varepsilon$$

$$\frac{dr_{0i}}{dt} = V_{0i} \cos \Theta \cos(\psi_{0i} - \chi_{0i}) \cos \varepsilon_{0i} + V_{0i} \sin \Theta \sin \varepsilon_{0i}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + A_{\varepsilon} \Delta x_{\varepsilon}$$

1. Да
2. Нет

№ 4 Может ли отсутствовать система стабилизации крена в системах телеуправления по лучу?

1. Да
2. Нет

№ 5 Запишите количество верных утверждений.

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. Радиолокационные визиры определяют координаты местоположения цели в земной СК.
5. В случае необходимости, по измерениям местоположения цели радиолокационными визирами в земной СК, можно определить координаты цели в связанной системе координат.
6. В случае необходимости, по измерениям сферических координат цели, можно определить координаты местоположения цели в земной СК.

№ 6 Запишите номера ответов верных утверждений.

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. Радиолокационные визиры определяют координаты местоположения цели в земной СК.
5. В случае необходимости, по измерениям местоположения цели радиолокационными визирами в земной СК, можно определить координаты цели в связанной системе координат.
6. В случае необходимости, по измерениям сферических координат цели, можно определить координаты местоположения цели в земной СК.

№ 7 Верно ли утверждение?

Для реализации прямого метода наведения нужна информация об угле пеленга цели.

1. Да
2. Нет

№ 8 Верно ли утверждение?

Все ГСН могут измерять наклонную дальность цели.

1. Да.
2. Нет.

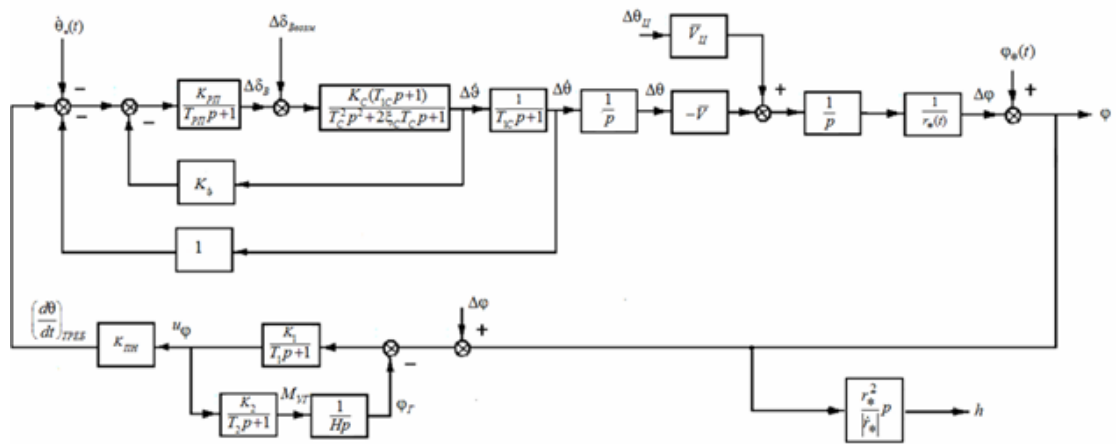
№ 9 Верно ли утверждение?

Для реализации прямого метода наведения нужна информация об угловой скорости линии визирования цели?

1. Да
2. Нет.

№ 10 Верно ли утверждение:

На рисунке изображена структурная схема ССН БПЛА.



1. Да.
2. Нет

ПСК-2.6

Вопросы открытого типа:

- № 1 Какая система координат, связанная с лучом, используется при наведении БПЛА по лучу в пространстве?
- (Написать самостоятельно)
- № 2 Возмущенное движение вокруг продольной оси называется движением _____.
- Дописать определение.
- № 3 Дана структурная схема.



Какое устройство измеряет величину

$E_{из}$

?

- № 4 Какой метод наведения называется «методом погони»?
- № 5 Перечислите 6 методов самонаведения.
- № 6 Запишите, что происходит с ЛА в момент прекращения нормальной работы ГСН?
- № 7 Какие 4 функции выполняет головка самонаведения (ГСН)?
- № 8 Запишите блоки уравнений, которые не входят в линейную математическую модель КСТУ, но обязательно входят в нелинейную математическую модель КСТУ.
- № 9 Перечислите 4 метода наведения телеуправляемых летательных аппаратов.
- № 10 Перечислите основные этапы, которые включает в себя разработка систем наведения.

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Перечислить методы наведения телеуправляемых летательных аппаратов.

(Выбрать наиболее полный ответ.)

1.

- Метод трех точек;

- метод наведения с постоянным упреждением;

- метод половинного спрямления;

- метод полного спрямления.

2.

- Метод прямого наведения;

- метод прямого наведения с постоянным упреждением;

- метод двух точек.

3.

- Метод погони;

- метод погони с постоянным упреждением;

- метод пропорциональной навигации.

4.

- Метод параллельного сближения;

- метод двух точек;

- метод трех точек.

5.

- Метод трех точек;

- метод погони;

- метод половинного спрямления;

- метод полного спрямления.

№ 2 Возмущенное движение вокруг _____ оси называется движением _____, возмущенное движение БПЛА вокруг _____ оси называется движением _____.

Выбрать понятия из предложенных ниже, соответствующие определению и расставить их в правильном порядке, чтобы получилось верное определение.

Тангажа, рыскания, крена, перегрузки,

продольной, вертикальной, поперечной, связанной со скоростью БПЛА.

№ 3 При исследовании контура управления угловым движением ЛА в вертикальной плоскости используются следующие передаточные функции:

(выбрать из предложенных).

1.

$$W_{\delta\omega}^{\omega}(s) = \frac{\Delta\omega_{\omega}(s)}{\Delta\delta_{\omega}(s)} = \frac{k(T_1s+1)}{T_1^2s^2+2\xi_1T_1s+1},$$

2.

$$W_{\delta\omega}^{\omega}(s) = \frac{\Delta\omega_{\omega}(s)}{\Delta\delta_{\omega}(s)} = \frac{k(T_1s+1)}{T_1^2s^2+2\xi_1T_1s+1},$$

3.

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

4.

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

5.

$$W_{\varepsilon_{\varepsilon}}^{\delta}(s) = \frac{\delta(s)}{\varepsilon_{\varepsilon}(s)} = \frac{k_{\text{ЭП}}}{T_{\text{ЭП}}s + 1},$$

№ 4 Выберите формулу, определяющую на практике ошибку наведения при использовании метода трех точек.

1.

$$h_{\varepsilon} = r_{\text{Э}}(\varepsilon_{\text{ц}} - \varepsilon_{\text{р}}),$$

2.

$$h_{\chi} = R(t)(\chi_{\text{ц}} - \chi_{\text{р}}),$$

3.

$$h_{\varepsilon} = R(t)(\varepsilon_{\text{ц}} - \varepsilon_{\text{р}});$$

4.

$$h_{\chi} = r_{\text{Э}}(\chi_{\text{ц}} - \chi_{\text{р}}),$$

№ 5 Выберите наиболее полные формулы для формирования команд управления в КСТУ-1:

1.

$$\begin{aligned} U_{0y} &= -k_{1y}\dot{y}_{12} - k_{2y}\dot{y}_{12} + U_{y_{\text{зад}}} \\ U_{0z} &= -k_{1z}\dot{y}_{11} - k_{2z}\dot{y}_{11} + U_{z_{\text{зад}}} \end{aligned}$$

2.

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_{1x} &= k_{1x}\dot{y}_{1x} + k_{2x}\dot{y}_{1x} + \lambda_{\text{созм}0x} \\ \dot{\lambda}_{1z} &= -k_{1z}\dot{y}_{1z} - k_{2z}\dot{y}_{1z} + \lambda_{\text{созм}0z} \end{aligned}$$

3.

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_{1x} &= k_{1x}\dot{y}_{1x} + k_{2x}\dot{y}_{1x} + k_{3x}\ddot{y}_{1x} + \lambda_{\text{созм}0x} \\ \dot{\lambda}_{1z} &= -k_{1z}\dot{y}_{1z} - k_{2z}\dot{y}_{1z} + k_{3z}\ddot{y}_{1z} + \lambda_{\text{созм}0z} \end{aligned}$$

4.

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_{1x} &= k_{1x}\dot{y}_{1x} + k_{2x}\dot{y}_{1x} \\ \dot{\lambda}_{1z} &= -k_{1z}\dot{y}_{1z} - k_{2z}\dot{y}_{1z} \end{aligned}$$

5.

$$\dot{\lambda}_x = k_{1x}\dot{h}_x + k_{2x}\dot{h}_{1x}, \quad \dot{\lambda}_z = -k_{1z}\dot{h}_z - k_{2z}\dot{h}_{1z},$$

$$u_{0y} = -k_{1y}\dot{h}_z - k_{2y}\dot{h}_{1z}, \quad u_{0z} = -k_{1y}\dot{h}_x - k_{2y}\dot{h}_{1x},$$

№ 6

Какие уравнения определяют динамику контура стабилизации угла тангажа?

1.

$$\frac{d\delta_z}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ПЗ}}} (k_{\text{ПЗ}} \varepsilon_{z0} - \delta_z),$$

2.

$$\frac{d\delta_z}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ПЗ}}} (k_{\text{ПЗ}} \varepsilon_{z0} - \delta_z),$$

3.

$$\frac{d\delta_z}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ПЗ}}} (k_{\text{ПЗ}} \varepsilon_{z0} - \delta_z),$$

4.

$$\varepsilon_{z0} = k_{yz}(u_{0y} - k_{zy}n_y) - k_{\omega_z} \omega_z,$$

№ 7

Каким образом моделируются ошибки измерений сигналов РЛС? (Выбрать верные пункты).

1. Заданием дополнительных углов отклонения рулей.
2. В виде случайных функций с неизвестными статистическими свойствами.
3. В виде случайных функций с заданными статистическими свойствами.
4. Заданием дополнительных углов атаки и скольжения.
5. В виде дополнительных возмущающих моментов.

№ 8

Выберите блоки уравнений, которые не входят в линейную математическую модель КСТУ.

1. Система уравнений движения ЛА.
2. Уравнения формирования команд управления.
3. Ограничения на углы отклонения рулей.
4. Система уравнений динамики контуров стабилизации.
5. Уравнения вычисления линейных отклонений.
6. Кинематические уравнения, определяющие положение ЛА и цели относительно командного пункта управления.

7. Уравнения, определяющие программу движения цели.
8. Уравнения, учитывающие ошибки измерения с помощью РЛС координат движения ЛА и цели.
9. Ограничения на входные управляющие сигналы.
- № 9 Выберите блоки уравнений, которые входят в линейную математическую модель КСТУ.
1. Система уравнений движения ЛА.
 2. Уравнения формирования команд управления.
 3. Ограничения на углы отклонения рулей.
 4. Система уравнений динамики контуров стабилизации.
 5. Уравнения вычисления линейных отклонений.
 6. Кинематические уравнения, определяющие положение ЛА и цели относительно командного пункта управления.
 7. Уравнения, определяющие программу движения цели.
 8. Уравнения, учитывающие ошибки измерения с помощью РЛС координат движения ЛА и цели.
 9. Ограничения на входные управляющие сигналы.
- № 10 Какой метод наведения называется «методом погони»?
1. Вектор радиальной составляющей скорости ЛА всегда направлен на цель.
 2. Продольная ось ЛА направлена на цель.
 3. Угол упреждения выбирается пропорционально изменению угла наклона линии визирования.
 4. Метод наведения должен обеспечить постоянное значение угла наклона линии визирования цели.
 5. Вектор скорости ЛА всегда направлен на цель.