

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»**

**Институт гражданской защиты  
Кафедра специальных технических средств**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института гражданской  
защиты

\_\_\_\_\_ Малкин В.Ю.  
« 07 » \_\_\_\_\_ 2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ БВС»**

По направлению подготовки 25.03.03 Аэронавигация  
Профиль «Эксплуатация беспилотных авиационных систем»

Луганск 2024

## Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Автоматическое управление БВС» по направлению подготовки 25.03.03 Аэронавигация профиля «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» – 28 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Автоматическое управление БВС» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 25.03.03 Аэронавигация (утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 21.08.2020 г. № 1084).

## СОСТАВИТЕЛИ:

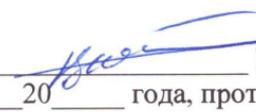
к.т.н., доцент Сыровой Г.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры специальные технические средства «16» 01 2024 года, протокол № 1.

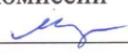
Заведующий кафедрой специальных технических средств  Победа Т. В.

Переутверждена: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

## Согласована:

Директор Института гражданской защиты  В.Ю. Малкин  
Переутверждена «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института гражданской защиты «06» 02 2024 года, протокол № 6.

Председатель учебно-методической комиссии института гражданской защиты  Михайлов Д.В.

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины «Автоматическое управление БВС» является формирование знаний и умений в области систем автоматического управления БВС, необходимых для грамотной эксплуатации современной авиационной техники; умение определить и обосновать роль управления техническими системами как одной из важнейших интернаучных дисциплин, позволяющей описать и изучить основные особенности функционирования систем технической кибернетики.

Задачи изучения дисциплины:

- дать студентам знания о классификации систем автоматического управления, принципах их построения и показателях качества их функционирования;
- обучить общим принципам и конкретным методам построения и исследования систем управления и регулирования в приборостроении;
- ознакомить студентов с элементной базой управляющих устройств автоматических систем;
- рассмотреть алгоритм и методы описания особенностей процесса функционирования систем автоматического управления и регулирования;
- ознакомить студентов с программными средствами автоматизации и получить практические навыки работы с ними.

Дисциплина «Автоматическое управление БВС» обеспечивает подготовку выпускника к эксплуатационно-технологическому и сервисному виду профессиональной деятельности.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Автоматическое управление БВС» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений модуля обязательных дисциплин учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

*знания:*

- системы управления БВС и других основных управляющих устройств;
- фундаментальных основ теории автоматизации и средств управления;

*умения:*

- анализировать причины отказов техники вследствие изменения режимов полета БВС;
- выбирать алгоритм и методы описания особенностей процесса автоматического управления;

*владеть навыками:*

- системой требований, предъявляемых к средствам автоматизации и совершенствования авиационной техники за счет применения перспективных управляющих программ;
- системой требований, предъявляемых к совершенствованию системы управления.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-1. Способен работать с готовыми программными продуктами и стандартными программными средствами при решении профессиональных задач	ОПК-1.1 структурировано подходит к анализу выбора программных продуктов и программных средств при решении профессиональных задач;	Знать: классификацию систем автоматического управления, принципы их построения и показатели качества
	ОПК-1.2 имеет навыки работы с компьютером как	Уметь: управлять алгоритмами и методами процесса функционирования систем

	средством управления информацией;	автоматического управления
	ОПК-1.3 синтезирует законы автоматического управления БВС.	Владеть: программными средствами автоматизации и системами автоматического управления

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>180</b> <b>(5 зач. ед.)</b>	-
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b> <b>в том числе:</b>	<b>85</b>	-
Лекции	51	-
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	34	-
Лабораторные работы		
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> )	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>96</b>	-
Форма аттестации	экзамен	-

##### 4.2 Содержание разделов дисциплины

###### Семестр 3

###### **Тема 1. Введение. Основные понятия и определения.**

Введение в основы автоматического управления. Математическое описание линейных систем. Временные и частотные характеристики звеньев. Составление структурных схем и правила их преобразования. Устойчивость автоматических систем. Качество процесса регулирования. Коррекция систем автоматического управления. Дискретные системы. Анализ и оценка устойчивости дискретных систем. Особенности построения цифровых систем. Основы анализа нелинейных систем автоматического регулирования. Автоматическое управление БВС.

###### **Тема 2. Анализ моделей и систем автоматического управления**

Составление структурных схем и правила их преобразования. Устойчивость автоматических систем. Качество процесса регулирования. Коррекция систем автоматического управления. Дискретные системы. Анализ и оценка устойчивости дискретных систем. Особенности построения цифровых систем. Основы анализа нелинейных систем автоматического регулирования. Автоматическое управление БВС.

###### **Тема 3. Разработка регуляторов простых динамических систем**

Дискретные системы. Анализ и оценка устойчивости дискретных систем. Особенности построения цифровых систем. Основы анализа нелинейных систем автоматического регулирования. Автоматическое управление БВС.

###### **Тема 4. Системы автоматического управления БВС самолетного типа**

Базовое управление пространственным положением и скоростью, учет динамики исполнительных механизмов и авиационного двигателя, управление движением летательного аппарата в сложных аэродинамических случаях, учет в системе управления изменения динамических характеристик в течение полёта, влияние и учет колебаний конструкции

планера в полёте. Синтез регулятора автоматического управления сверхмалого самолета. Ручная и автоматическая оптимизация параметров регулятора автоматического управления сверхмалого самолета.

**Тема 5. Система управления полетом БВС вертолетного типа**

Базовое управление пространственным положением и скоростью, учет динамики исполнительных механизмов и двигателя, учет особенностей управления автоматом перекоса и лопастями на земле и в воздухе, авторотация, учет в системе управления изменения динамических характеристик в течение полёта. Синтез регулятора автоматического управления сверхмалого вертолета. Ручная и автоматическая оптимизация параметров регулятора автоматического управления сверхмалого вертолета.

**Тема 6. Система автоматического управления мультикоптера**

Базовое управление пространственным положением и скоростью. Подходы к организации управления двигателями в разных схемах (квадро-, гекса-, окто-коптер и другие), регулирование скорости вращения двигателей мультиротора, особенности работы при насыщениях в каналах управления, AIRMODE, особенности наведения мультиротора по техническому зрению, особенности самолета вертикального взлета и посадки, способы устранения резонансов конструкции с помощью системы автоматического управления. Синтез регулятора автоматического управления сверхмалого мультиротора. Ручная и автоматическая оптимизация параметров регулятора автоматического управления сверхмалого мультиротора.

**Тема 7. Организация эксперимента по доводке систем автоматического управления**

Организация эксперимента по верификации модели самолета, вертолета, мультикоптера, настройке системы управления, способы повышения устойчивости за счет доработки конструкции, обработка результатов эксперимента, верификация динамической модели по результатам эксперимента. Определение основных характеристик объекта управления по результатам экспериментальной отработки. Определение численных показателей динамических свойств объекта управления по результатам экспериментальной отработки.

**Тема 8. Разработка систем управления БВС на производстве**

Обеспечение единого информационного пространства для разработчиков САУ, оформление отчетной документации, контроль версий системы автоматического управления, их учет.

**4.3 Лекции**

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Основные понятия и определения.	6	
2	Анализ моделей и систем автоматического управления	6	
3	Разработка регуляторов простых динамических систем	6	
4	Системы автоматического управления БВС самолетного типа	6	
5	Система управления полетом БВС вертолетного типа	6	
6	Система автоматического управления мультикоптера	7	
7	Организация эксперимента по доводке систем автоматического управления	7	
8	Разработка систем управления БВС на производстве	7	

<b>Итого:</b>		<b>51</b>	
<b>4.4 Практические (семинарские) занятия</b>			
№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Основные понятия и определения.	4	
2	Анализ моделей и систем автоматического управления	4	
3	Разработка регуляторов простых динамических систем	4	
4	Системы автоматического управления БВС самолетного типа	4	
5	Система управления полетом БВС вертолетного типа	4	
6	Система автоматического управления мультикоптера	4	
7	Организация эксперимента по доводке систем автоматического управления	5	
8	Разработка систем управления БВС на производстве	5	
<b>Итого:</b>		<b>34</b>	

**4.5 Лабораторные работы**

Не предусмотрено планом

**4.6. Самостоятельная работа студентов**

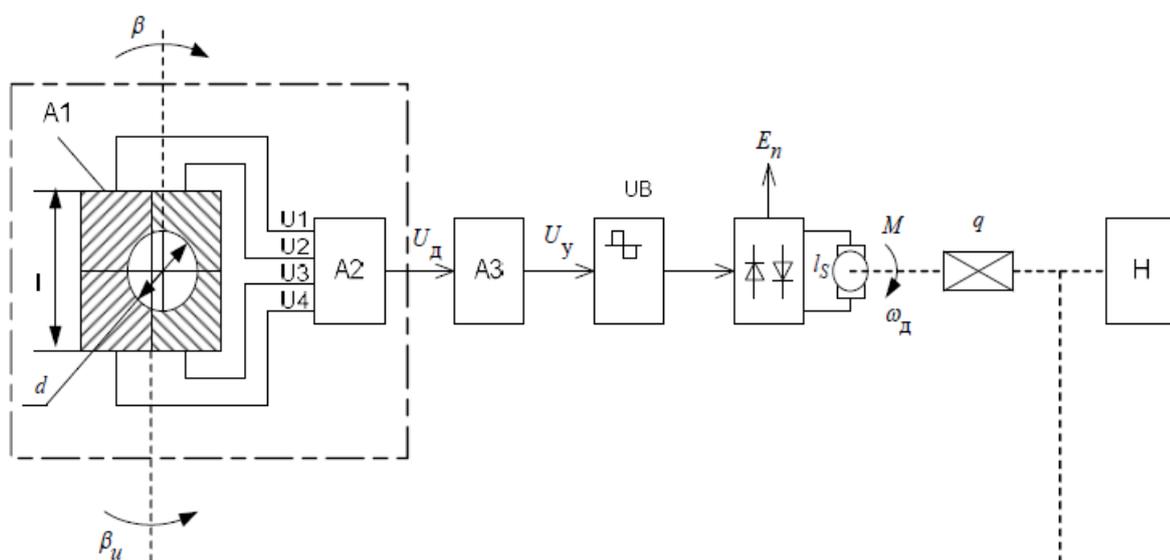
№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Основные понятия и определения.	Подготовка к практическому занятию и к промежуточной аттестации.	12	
2	Анализ моделей и систем автоматического управления	Подготовка к практическому занятию и к промежуточной аттестации.	12	
3	Разработка регуляторов простых динамических систем	Подготовка к практическим занятиям и к промежуточному контролю. Самостоятельный поиск источников информации.	12	
4	Системы автоматического управления БВС самолетного типа	Подготовка к практическим занятиям и к промежуточному контролю. Самостоятельный поиск источников информации.	12	
5	Система управления полетом БВС вертолетного типа	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск	12	

		источников информации.		
6	Система автоматического управления мультикоптера	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации.	12	
7	Организация эксперимента по доводке систем автоматического управления	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации.	12	
8	Разработка систем управления БВС на производстве	Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации.	12	
<b>Итого:</b>			<b>96</b>	

#### 4.7 Курсовые работы/проекты по дисциплине «Автоматическое управление БВС»

Темы курсовых работ.

**Тема задания на курсовую работу.** Спроектировать структурную схему системы автоматического сопровождения объекта по функциональной схеме рисунка 1,



исходным данным таблицы 1 и следующим техническим условиям:

- режим работы - кратковременное десятисекундное сопровождение объекта по азимуту;

- закон изменения азимута:  $\beta(t) = \Omega_n t + \varepsilon_n t^2$ ;

- частота следования отраженных от объекта импульсов - 10...20 Гц.

Технические данные двигателя приведены в таблице А.1 приложения А.

Таблица 1 – Параметры и исходные данные задания на курсовое проектирование системы сопровождения объекта по азимуту.

Наименование параметра	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Скорость изменения азимута $\frac{d\beta}{dt} = \Omega_H$ , град/с	0,68	0,4	0,3	0,2	0,12	0,42	0,28	0,18	0,12	0,3
Допустимая ошибка сопровождения по азимуту $\delta$ , угл. с	20	16	12	10	16	16	12	8	10	12
Электродвигатель привода	ДПР 72-02					МИГ 25Б				
Передаточное отношение редуктора $q$	628			1 200		580			1 500	
Статический момент сопротивления, приведенный к валу двигателя $M_c$ , Н·м	10			18			12			
Крутизна пеленгационной характеристики $K_d$ , В/град.	5		10		8		5		10	
Ускорение объекта по азимуту, $\epsilon_H \cdot 10^{-3}$ , град/с <sup>2</sup>	32	16	20	8	16	20	32	8	6	16

## 5 Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий и беспилотных летательных аппаратов.

## 6 Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Бесекерский В.А., Попов Е.А. Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 1975.
2. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. – М.: Машиностроение, 1985.
3. Руководство по проектированию систем автоматического управления/ Под ред. В.А. Бесекерского.– М.: Высш.шк., 1983.
4. Сольнищев Р.И. Автоматизация проектирования систем автоматического управления. – М.: Высш. шк., 1991. – 355 с.
5. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Control System Toolbox. Matlab 5 для студентов/ Под общ. ред. В.Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999. – 287 с.
6. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.
7. Справочное пособие по теории систем автоматического регулирования и управления / Под общ. ред. Е.А. Санковского. – Мн: Выш.шк., 1973.
8. Малкин В.Ю. Аэронавигация беспилотных летательных аппаратов. Курс «Введение в специальность»: учебное пособие /В.Ю. Малкин, Т.В. Победа, Г.В. Сыровой, С.Р. Комраз.- Луганск: ИП Орехов Д.А., 2024.-172 с. - ISBN 978-5-6052742-8-5

### б) дополнительная литература:

1. Авиационные материалы и технологии [Текст] : юбилейный научно-технический сборник: приложение к журналу "Авиационные материалы и технологии" / под общ. ред. Е. Н. Каблова; Федер. гос. унитар. предприятие "Всерос. науч.-исслед. ин-т авиац. материалов" ; Гос. науч. центр Рос. Федерации. - Москва : ВИАМ, 2017. - 596 с. : ил. - Библиогр. в конце ст. - ISBN 978-5-905217-13-5.

2. Рэндал У. Биард, Тимоти У. МакЛэйн Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 312 с. - ISBN 978-5-94836-393-6

3. Беспилотные летательные аппараты Справочное пособие. Воронеж, ООО Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2015. – 620с.

#### **в) методические указания:**

1. Методические указания по изучению бакалаврами дисциплины «Основы применения БАС» по направлению подготовки 25.03.03 «Аэронавигация», 20.03.01 «Техносферная безопасность», 20.05.01 «Пожарная безопасность» / Сост.: Сыровой Г.В., Атрошенко Д.В. – Луганск: Изд-во ЛГУ им. Владимира Даля, 2024 г. – 58 с.

2. Методические указания по изучению бакалаврами дисциплины «Введение в деятельность аэронавигации» по направлению подготовки 25.03.03 «Аэронавигация» профиля «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» / Сост.: Сыровой Г.В., Атрошенко Д.В. – Луганск: Изд-во ЛГУ им. Владимира Даля, 2024 г. – 40 с.

#### **г) интернет-ресурсы:**

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>  
 2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>  
 3. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

4. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

5. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

6. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

#### **Электронные библиотечные системы и ресурсы:**

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

2. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

#### **Информационный ресурс библиотеки образовательной организации:**

1. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

#### **Информационные ресурсы:**

1. Предметно-ориентированный Web-портал «CALS-CAD-CAM-CAE-технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cad.tu-bryansk.ru.> – Загл. С экрана – Яз. рус.

2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>.

### **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Автоматическое управление БВС» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, беспилотные летательные аппараты, спортивная площадка.

Программное обеспечение:

<b>Функциональное назначение</b>	<b>Бесплатное программное обеспечение</b>	<b>Ссылки</b>
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

**8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**Паспорт  
оценочных средств по учебной дисциплине**

«Автоматическое управление БВС»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
<b>Начальный</b>	ОПК-1. Способен работать с готовыми программными продуктами и стандартными программными средствами при решении профессиональных задач	<b>Пороговый</b>	<b>знать:</b> классификацию систем автоматического управления, принципы их построения и показатели качества
<b>Основной</b>		<b>Базовый</b>	<b>уметь:</b> управлять алгоритмами и методами процесса функционирования систем автоматического управления
<b>Заключительный</b>		<b>Высокий</b>	<b>владеть:</b> программными средствами автоматизации и системами автоматического управления

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по дисциплине)	Темы учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ОПК-1	Способен работать с готовыми программными продуктами и стандартными программными средствами при решении профессиональных задач	ОПК-1.1 структурировано подходит к анализу выбора программных продуктов и программных средств при решении профессиональных задач; ОПК-1.2 имеет навыки работы с компьютером как средством управления информацией; ОПК-1.3 синтезирует законы автоматического управления БВС.	<i>Тема 1. Введение. Основные понятия и определения.</i> <i>Тема 2. Анализ моделей и систем автоматического управления</i> <i>Тема 3. Разработка регуляторов простых динамических систем</i> <i>Тема 4. Системы автоматического управления БВС самолетного типа</i> <i>Тема 5. Система управления полетом БВС вертолетного типа</i> <i>Тема 6. Система автоматического управления мультикоптера</i> <i>Тема 7. Организация эксперимента по доводке систем автоматического управления</i> <i>Тема 8. Разработка систем управления БВС на производстве</i>	Начальный, Основной, Заключительный  5

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-1	ОПК-1.1 структурировано подходит к анализу выбора программных продуктов и программных	знать: классификацию систем автоматического управления, принципы их построения и	<i>Тема 1. Введение. Основные понятия и определения.</i> <i>Тема 2. Анализ моделей и систем автоматического управления</i>	Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретичес

	<p>средств при решении профессиональных задач; ОПК-1.2 имеет навыки работы с компьютером как средством управления информацией; ОПК-1.3 синтезирует законы автоматического управления БВС.</p>	<p>показатели качества уметь: управлять алгоритмами и методами процесса функционирования систем автоматического управления владеть: программными средствами автоматизации и системами автоматического управления</p>	<p><i>Тема 3. Разработка регуляторов простых динамических систем</i>  <i>Тема 4. Системы автоматического управления БВС самолетного типа</i>  <i>Тема 5. Система управления полетом БВС вертолетного типа</i>  <i>Тема 6. Система автоматического управления мультикоптера</i>  <i>Тема 7. Организация эксперимента по доводке систем автоматического управления</i>  <i>Тема 8. Разработка систем управления БВС на производстве</i></p>	<p>кого материала, задания по практическим занятиям, реферат, экзамен</p>
--	---	--	---	---

**1. Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала (пороговый уровень):**

1. Какой из следующих компонентов является основным элементом системы управления БВС?

- А) Двигатель
- В) Автопилот
- С) Сенсоры
- Д) Аккумулятор

Правильный ответ: В) Автопилот

2. Какой тип навигации чаще всего используется в БВС?

- А) Оптическая навигация
- В) Глобальная навигационная спутниковая система (GNSS)
- С) Магнитная навигация
- Д) Инерциальная навигация

Правильный ответ: В) Глобальная навигационная спутниковая система (GNSS)

3. Какой из следующих факторов не влияет на устойчивость БВС?

- А) Масса
- В) Аэродинамическая форма
- С) Цвет корпуса

D) Центр тяжести

Правильный ответ: C) Цвет корпуса

4. Какой из следующих режимов полета является наиболее критичным для БВС?

- A) Взлет
- B) Крейсерский полет
- C) Посадка
- D) Ручное управление

Правильный ответ: C) Посадка

Открытые вопросы

5. Опишите основные компоненты системы управления БВС и их функции.

6. Каковы преимущества и недостатки использования БВС в сравнении с пилотируемыми летательными аппаратами?

7. Объясните, как работает система автоматического управления полетом БВС.

8. Какие меры безопасности необходимо учитывать при эксплуатации БВС в городской среде?

Вопросы на установление соответствия

9. Установите соответствие между типами БВС и их основными применениями.

Тип БВС	Применение
A) Мультикоптер	1) Сельское хозяйство
B) Самолет с фиксированным крылом	2) Аэрофотосъемка
C) Летаящая платформа	3) Доставка грузов
D) Гибридный БВС	4) Мониторинг окружающей среды

Правильное соответствие:

- A - 2
- B - 1
- C - 3
- D - 4

Вопросы на анализ и решение проблем

10. Представьте, что ваш БВС потерял связь с оператором. Какие действия вы предпримете для восстановления управления?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству

*«комбинированный контроль усвоения теоретического материала»*

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)

3	Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

## 2. Тестовые задания (пороговый уровень)

1. Как определяется аэронавигационный запас при полете на изолированный аэродром?
  - а) Чтобы обеспечить полет на крейсерс. скорости и эшелоне в теч.120мин для ВС с ГТД;45мин+15% от тпол.на маршруте для ВС с ПД.
  - б) Чтобы обеспечить полет на крейсерских скорости и эшелоне в теч. 60мин для ВС с ГТД; 45мин для ВС с ПД.
  - в) Чтобы обеспечить полет ВС после пролета ВПП аэр. назнач-я в течение 60мин для ВС с ГТД;45мин для ВС с поршневл. двигателями.
  - г) Чтобы обеспечить полет ВС с аэродрома назначения в течение 60мин для ВС с ГТД; 45мин для ВС с поршневл. двигателями.
2. Алгоритм расчета рубежа возврата по расстоянию и по остатку топлива.
  - а) Qрасп; трасп; Sшт; Срв шт; Uэ; K; Срв; трв; Qрв.
  - б) Qпол; тпол; Sшт; Срв шт; Uэ; K; Срв; трв; Qрв.
  - в) Qобщ; тобщ; Sшт; Срв шт; Uэ; Срв; трв; Qрв.
  - г) Qобщ; тобщ; Срв шт; K; Срв; трв; Qрв.
3. Как определить средний магнитный путевой угол маршрута (МПУ<sub>ср</sub>), состоящего из трех участков?
  - а)  $МПУ_{ср} = (МПУ_1 * S_1 + МПУ_2 * S_2 + МПУ_3 * S_3) / S_{общ}$ , где  $S_{общ}$  - общая протяженность всего маршрута  $S_{общ} = S_1 + S_2 + S_3$ .
  - б)  $МПУ_{ср} = (МПУ_1 + МПУ_2 + МПУ_3) / 3$ , где 3 - количество участков маршрута.
  - в)  $МПУ_{ср} = (МПУ_1 * S_1 + МПУ_2 * S_2 + МПУ_3 * S_3) / W_{ср}$ , где  $W_{ср}$  - средняя скорость при полете по маршруту  $W_{ср} = W_1 + W_2 + W_3$ .
  - г)  $МПУ_{ср} = (МПУ_1 * S_1 + МПУ_2 * S_2 + МПУ_3 * S_3) / W_{ср}$ .
4. Рассчитайте в уме МК выхода в ППМ(ЗТ) для условий: МК<sub>р</sub>=260град; ЛБУ=-4км; S<sub>пр</sub>=60км; S<sub>ост</sub>=30км.
  - а) БУ=-4град; ДП=-8град; ПК=-12град; МК=272град.
  - б) ДП=+8град; БУ=+4град; ПК=+12град; МК=248град.
  - в) ДП=-4град; БУ=-4град; ПК=-8град; МК=252град.
  - г) ДП=+4град; БУ=+8град; ПК=+12град; МК=248град.
5. Дайте определение курсового угла р/станции (КУР)?
  - а) Угол в гориз. плоскости между продол. осью ВС и ортодромич. направл. на р/ст. Отсчит.от прод. оси ВС вправо от 0гр до 360гр.
  - б) Угол в гориз. плоскости между сев.направл-ем магнит. меридиана, проходящего через ВС и ортодромическим направлением на р/ст.
  - в) Угол между продольной осью ВС и сев. направл-ем меридиана проходящ. через р/ст.Отсч.от прод. оси ВС вправо от 0гр до 360гр.
  - г) Угол в горизонт. плоскости между сев. направлением магнит. меридиана, проходящ.через РНС и ортодромич. направлением на ВС.
6. Дайте определение магнитного пеленга радиостанции (МПР)?
  - а) Угол в гориз.плоскости между север.направлением магнит.меридиана, проходящ.через ВС и ортодромическим направлением на р/ст.

б) Угол в гориз. плоскости между сев.направл.истин.меридиана, проходящего через ВС и ортодромическим направлением на р/ст.

в) Угол в гориз.плоскости между сев.направлением магнитного меридиана, проходящего через РНС и ортодромич.направлением на ВС.

г) Угол в гориз. плоскости между продол. осью ВС и ортодромическим направл. на р/ст.Отсчит.от прод.оси ВС вправо от 0гр до 360гр.

**7.**Что является признаками нахождения ВС: на ЛЗП; левее; правее, при полете на NDB?

а)  $MPP=3MПУ \rightarrow BC$  на ЛЗП;  $MPP>3MПУ \rightarrow BC$  левее ЛЗП;  $MPP<3MПУ \rightarrow BC$  правее ЛЗП.

б)  $MPC=3MПУ \rightarrow BC$  на ЛЗП;  $MPC>3MПУ \rightarrow BC$  правее ЛЗП;  $MPC<3MПУ \rightarrow BC$  левее ЛЗП.

в)  $MPC=3MПУ \rightarrow BC$  на ЛЗП;  $MPC>3MПУ \rightarrow BC$  левее ЛЗП;  $MPC<3MПУ \rightarrow BC$  правее ЛЗП.

г)  $MPP>3MПУ \rightarrow BC$  на ЛЗП;  $MPP<3MПУ \rightarrow BC$  правее ЛЗП;  $MPP=3MПУ \rightarrow BC$  левее ЛЗП.

**8.**В чем заключается сущность активного полета на NDB?

а) В выдерживании курса ВС с учетом влияния ветра, т.е.  $MK=3MПУ-УСф$ ,  $KУР=360гр+УСф$ ; это основной способ КП при полете на РНТ.

б) В выдерживании курса ВС с учетом влияния ветра, т.е.  $MK=3MПУ+-УСф$ ,  $KУР=360гр+-УСф$ ; этот способ КП наиболее простой.

в) В выдерживании курса ВС с учетом влияния ветра, т.е.  $MK=ФMПУ-УСф$ ,  $KУР=180гр+УСф$ ; этот способ КП наиболее надежный.

г) В постоянном выдерживании стрелки КУР на нуле( $KУР=0$ ). При этом продол.ось ВС постоянно направлена на РНТ, а значит  $MPP=MK$ .

**9.**Выполните КП и,при необходимости, исправление пути,если:  $3MПУ=116$ град;  $Sуч=70$ км;  $Sпр=25$ км;  $MКр=120$ град;  $KУР=185$ град.( $Увых=40$ гр).

а)  $MPC=125$ град;  $БУ=9$ град;  $ЛБУ=4$ км; исправление пути - выходом в ППМ(ЗТ);  $ДП=5$ град;  $ПК=14$ град;  $MКзт=106$ град.

б)  $MPC=125$ град;  $БУ=9$ град; исправление пути - выходом на ЛЗП;  $MКвых=156$ град;  $УСф=+5$ град;  $MКсл=121$ град.

в)  $MPP=305$ град;  $БУ=-9$ град; исправление пути - выходом на ЛЗП;  $MКвых=76$ град;  $УСф=-5$ град;  $MКсл=111$ град.

г)  $MPP=125$ град;  $БУ=-9$ град;  $ЛБУ=-4$ км; исправление пути - выходом в ППМ(ЗТ);  $ДП=-5$ град;  $ПК=-14$ град;  $MКзт=130$ град.

**10.** Назовите три класса радиомаяков VOR.

а) HIGH VOR–ВВП, ДД до 130NM(240км); LOW VOR–НВП, ДД до 45NM(83км); Terminal VOR–аэродром. VOR, маломощ., ДД до 25NM(46км).

б) HIGH VOR–высокой мощности, ДД до 240NM; Terminal VOR–сред. мощности, ДД до 85NM; LOW VOR – низкой мощности, ДД до 45NM.

в) HIGH VOR–высокой мощности, ДД до 150NM; Terminal VOR–сред. мощности, ДД до 50NM; LOW VOR – низкой мощности, ДД до 25NM.

г) HIGH VOR–высок. мощности, ДД до 150NM; Terminal VOR–аэродр. VOR, сред. мощн., ДД до 50NM; LOW VOR–низк. мощн., ДД до 25NM.

**11.**Что называется радиалом ВС (R)?

а) Угол в гориз.плос-ти между север. направ-нием магнит. меридиана, проходящего через РМ VOR и ортодромич. направлением на ВС.

б) Угол в горизонт.плос-ти между север. направ-нием истин. меридиана, проходящего через РМ VOR и ортодромич.направ-нием на ВС.

в) Угол между северным направлением магнитного меридиана, проходящего через ВС и ортодромич. направлением на РМ VOR.

г) Угол между направлением магнитного меридиана, проходящего через РМ NDB и ортодромическим направлением на ВС.

**12.** Укажите правильный алгоритм операций контроля пути по дальности с помощью РМ VOR, расположенного в стороне от ЛЗП?

а) Выполнить КП по направ-нию; рассч.:  $R_{тр} = 3МПУ + 90$  гр;  $\alpha = |R_{тр} - R_{вс}|$ ; расст. ВС по ЛЗП от (или до) т. траверза  $S_{лзп} = S_{тр} * \text{tg } \alpha$ .

б) Отсчитать R на РМИ по обрат. концу стрелки и подвиж. шкале курса; рассч.  $БУ = R - 3МПУ$ , опред. сторону уклонения и  $ЛБУ = S_{пр} * БУ / 60$ .

в) Отсчитать R на РМИ по обратному концу стрелки; рассчитать  $БУ = R - 3МПУ$ , определить сторону уклонения и  $ЛБУ = S_{пр} * БУ / 60$ .

г) Рассчитать  $R = МК + КУР$ ; рассчитать  $БУ = 3МПУ - R$ , определить сторону уклонения и  $ЛБУ = S_{пр} * БУ / 60$ .

**13.** Выполните КП и, при необходимости, исправл. пути, если:  $R_{зад} = 250$  гр;  $S_{уч} = 144$  км;  $W = 480$  км/ч;  $t_{пр} = 6$  мин;  $ОМКр = 80$  гр;  $R_{вс} = 253$  гр ( $У_{вых} = 40$  гр).

а) Полет на VOR; уклонение влево;  $S_{пр} = 48$  км;  $S_{ост} = 96$  км;  $ЛБУ = -5$  км; исправление пути-выходом в ППМ(ЗТ);  $ПК = -9$  град;  $МК_{зт} = 89$  град.

б) Полет на VOR; уклонение вправо;  $S_{пр} = 96$  км;  $S_{ост} = 48$  км;  $ЛБУ = +5$  км; исправление пути - выходом в ППМ(ЗТ);  $ПК = 9$  град;  $МК_{зт} = 71$  град.

в) Полет от VOR; уклонение вправо;  $БУ = +3$  гр;  $S_{пр} = 48$  км; исправление пути-выходом на ЛЗП;  $МК_{вых} = 210$  град;  $УСф = -7$  град;  $МК_{сл} = 257$  град.

г) Полет от VOR; уклонение влево;  $БУ = -3$  гр;  $S_{пр} = 96$  км; исправление пути-выходом на ЛЗП;  $МК_{вых} = 290$  град;  $УСф = -7$  град;  $МК_{сл} = 243$  град.

**14.** На какие виды подразделяются УД РНС, какие элементы ими измеряются?

а) НРЛС - А и D, РМ VOR/DME (TACAN) - R и D, БРЛС - КУО и D.

б) НРЛС - КУО и D, РМ NDB - Ам и D, БРЛС - А и D.

в) НРЛС - R и D, РМ VOR/DME - А и D, РМ NDB - КУР и D.

г) НРЛС - Ам и D, РМ VOR/DME - ПП(прямой пеленг) и D, TACAN - R и D.

**15.** Как рассчитать  $S_{лзп}$ ,  $S_{лтр}$  и  $ЛБУ$  при КП по направлению и дальности с помощью бокового VOR/DME?

а)  $S_{лзп} = D * \sin \alpha$ ;  $S_{лтр} = D * \cos \alpha$ ;  $ЛБУ = S_{лтр} - S_{тр}(\text{VOR/DME слев.от ЛЗП})$ ;  $ЛБУ = S_{тр} - S_{лтр}(\text{VOR/DME справ.от ЛЗП})$ , где  $\alpha = |R_{вс} - R_{тр}|$ .

б)  $S_{лзп} = D * \cos \alpha$ ;  $S_{лтр} = D * \sin \alpha$ ;  $ЛБУ = S_{тр} - S_{лтр}(\text{VOR/DME слев.от ЛЗП})$ ;  $ЛБУ = S_{лтр} - S_{тр}(\text{VOR/DME справ.от ЛЗП})$ , где  $\alpha = |R_{вс} - R_{тр}|$ .

в)  $S_{лзп} = D * \sin \alpha$ ;  $S_{лтр} = D * \cos \alpha$ ;  $ЛБУ = S_{тр} - S_{лзп}(\text{VOR/DME слев.от ЛЗП})$ ;  $ЛБУ = S_{лзп} - S_{тр}(\text{VOR/DME справ.от ЛЗП})$ , где  $\alpha = |R_{вс} - R_{тр}|$ .

г)  $S_{лзп} = D * \cos \alpha$ ;  $S_{лтр} = D * \sin \alpha$ ;  $ЛБУ = S_{тр} - S_{лзп}(\text{VOR/DME слева от ЛЗП})$ ;  $ЛБУ = S_{лзп} - S_{тр}(\text{VOR/DME справ.от ЛЗП})$ , где  $\alpha = R - 3МПУ$ .

**16.** Опред.  $МКр$  и Трасч. вых. на наз. РЛС, если: в 10.05;  $A = 200$  гр;  $D = 120$  км;  $V_{тас} = 420$  км/ч; дельта  $M = -5$  гр;  $b = 65$  гр;  $U = 70$  км/ч.

а)  $МПУ_{вых} = 25$  гр;  $УВ = 220$  гр;  $УСр = -6$  гр;  $МКр = 31$  гр;  $W = 365,4$  км/ч;  $t_{ост} = 19$  мин 42 с; Трасч = 10.24,42.

б)  $МПУ_{вых} = 15$  гр;  $УВ = 195$  гр;  $УСр = +5$  гр;  $МКр = 20$  гр;  $W = 480$  км/ч;  $t = 15$  мин; Трасч = 10.25,00.

в)  $ИПУ_{вых} = 15$  гр;  $УВ = 145$  гр;  $УСр = +7$  гр;  $МКр = 22$  гр;  $W = 480$  км/ч;  $t = 15$  мин; Трасч = 10.35,00.

г)  $ИПУ_{вых} = 15$  гр;  $УВ = 140$  гр;  $УСр = +8$  гр;  $МКр = 23$  гр;  $W = 480$  км/ч;  $t = 15$  мин; Трасч = 10.35,00.

**17.** Рассчитайте магнитный курс обхода грозы для условий:  $S_{без} = 15$  км;  $МК_{сл} = 160$  гр;  $КУГ = 5$  гр;  $S_{пр} = 60$  км, обход слева.

а)  $УО = 10$  гр;  $МК_{обх} = 150$  гр.

- б) УО=15гр; МКобх=145гр.  
 в) УО=0гр, отворот не требуется, сохраняем МКсл=160гр.  
 г) УО=5гр; МКобх=155гр.

**18.** Дайте определение показателя надежности навигации?

- а) Вероятность того, что ВС находится в пределах области допустимых отклонений.  
 б) Вероятность того, что ВС находится в пределах дальности действия РНС.  
 в) Вероятность того, что отклонения ВС от других ВС не меньше допустимых.  
 г) Вероятность того, что отклонения ВС по высоте не больше допустимого значения.

**19.** Дайте определение градиента G?

- а) Мера возрастания(уменьшения) высоты на единицу пройденного расстояния  $G=H/S_{пр}$ , является тангенсом угла наклона траектории.  
 б) Мера изменения высоты на единицу оставшегося расстояния  $G=H/S_{ост}$ , является котангенсом угла наклона траектории набора.  
 в) Мера уменьшения высоты на единицу оставшегося расстояния  $G=H*S_{ост}$ , является тангенсом угла наклона траектории набора.  
 г) Мера изменения высоты на единицу расстояния  $G=H*S$ , является тангенсом угла тангажа.

**20.** Переведите приблизительно вертикальную скорость в другие, известные вам единицы измерения: а) 6м/с; б) 500fpm.

- а) а)  $V_B=6м/с \sim 1200fpm \sim 12kt$ ; б)  $V_B=500fpm \sim 2,5м/с \sim 5kt$ .  
 б) а)  $V_B=6м/с \sim 20fpm \sim 3kt$ ; б)  $V_B=500fpm \sim 150м/с \sim 75kt$ .  
 в) а)  $V_B=6м/с \sim 20fpm$ ; б)  $V_B=500fpm \sim 150м/с$ .  
 г) а)  $V_B=6м/с \sim 1200kt$ ; б)  $V_B=500fpm \sim 2,5kt$ .

**21.** Определить потребную  $V_B$  при полете по SID:  $W = 420км/ч$ ,  $S = 56км$ ,  $H = 2400м$ .

- а) 5м/с.  
 б) 10м/с.  
 в) 3м/с.  
 г) 8м/с.

**22.** Рассчитайте время набора высоты  $t_{наб}$  с FL160 до FL200 при вертик. скорости набора  $V_B=4м/с$ ?

- а) Дельта  $H=4000ft$ ,  $V_B=4м/с \sim 800fpm$ ,  $t_{наб}=5мин$ .  
 б) Дельта  $H=4000м$ ,  $t_{наб}=1000с=16,6мин$ .  
 в) Дельта  $H=4000ft \sim 12000м$ ,  $t_{наб}=дельта H/V_B=3000с=50мин$ .  
 г) Дельта  $FL=40$ ,  $t_{наб}=дельта FL * V_B=160с=2мин40сек$ .

**23.** Расчитайте потребную  $V_B$  (в м/с) для снижения с FL200 до TL110 за время  $t_{сн}=9мин$ ?

- а) Дельта  $H=9000ft$ ,  $V_B=дельта H/t_{сн}=1000fpm \sim 5м/с$ .  
 б) Дельта  $H=9000м$ ,  $V_B=дельта H/t_{сн}=1000м/мин \sim 16,6м/с$ .  
 в) Дельта  $H=900ft$ ,  $V_B=дельта H/t_{сн}=100м/мин \sim 1,7м/с$ .  
 г) Дельта  $FL=90$ ,  $V_B=10м/с$ .

**24.** Что включает в себя этап подхода (ARRIVAL ROUTE)?

- а) Полет на последнем участке маршрута (BT) до контрольной точки начального этапа КТН (IAF).  
 б) Полет на последнем участке маршрута (BT) до контрольной точки промежуточного этапа КТН (IF).  
 в) Полет на последнем участке маршрута (BT) до контрольной точки конечного этапа КТН (FAF).  
 г) Полет на последнем участке маршрута до контрольной точки ухода на 2-й круг (MAP).

**25.** Что включает в себя промежуточный этап захода, какой устанавливается запас высоты над максим. препятствием на этом этапе?

- а) Intermediate Approach Segment-полет от точки IF (КТП) до контр. точки конечного этапа FAF (КТК), МОС не менее 150м(500ft).
- б) Intermediate Approach Segment-полет от точки IAF (КТП) до контр. точки конеч. этапа FAF (КТК), МОС не менее 300м(1000ft).
- в) Initial Approach Segment-полет от контрол. точки промежуточ. этапа (КТП) до контр.точки начал.этапа, МОС равен 300м(1000ft).
- г) Initial Approach Segment-полет от контрол. точки нач.этапа КТН до контр.точки промежуточ.этапа КТП, МОС не менее 300ft.

**26.** Что включает в себя начальный этап ухода на второй круг?

- а) Полет от точки MAP до установления режима набора высоты (примерно 900 м за порогом ВПП).
- б) Полет от точки MAP до набора высоты 50 м (170 фт) над препятствиями.
- в) Полет от точки MAP до установления режима горизонтального полета (за порогом ВПП).
- г) Полет от точки MAP до установления режима горизонтального полета.

**27.** Что включает в себя конечный этап ухода на второй круг?

- а) Полет от высоты 50 м над препятствиями до выхода в точку повторного маневра (первого разворота).
- б) Полет от высоты 50 м до достижения высоты круга (схемы захода).
- в) Полет от высоты начала 1-го разворота до выхода в точку повторного маневра (первого разворота).
- г) Полет от высоты начала 1-го разворота до достижения высоты круга (схемы захода).

**28.** В каких случаях выполняется заход на посадку с прямой?

- а) Если ВС подходит к посадочному курсу под углом не более +30 градусов.
- б) Если ВС подходит к посадочному курсу под углом не менее +30 градусов.
- в) Если ВС подходит к посадочному курсу под углом не более +60 градусов.
- г) Если ВС подходит к посадочному курсу под углом не менее +60 градусов.

**29.** Как выполняется полет при заходе на посадку "по орбите"?

- а) Полет по линии равных расстояний (дуге DME) для выхода в точку 4-го разворота, далее разворот на ЛПП (МКпос).
- б) Полет по линии равных пеленгов (дуге DME) для выхода в точку 4-го разворота, далее разворот на ЛПУ (МК=МКпос+-180гр).
- в) Полет на или от DME для выхода в точку 4-го разворота, далее разворот на ЛПУ (МК=МКпос+-180гр).
- г) Полет на DME (VOR/DME), для входа в схему захода или точку 4-го разворота, далее разворот на ЛПП (МК=МКпос+-180гр).

**30.** Рассчитайте в уме боковую и встречную составляющие ветра при заходе на посадку, если: ПМПУ=333град., б=10град., U=20м/с.

- а)  $УВ_{пос}=б-ПМПУ=37град.$ ;  $Убок.=U*\sin УВ_{пос}=12м/с$ ;  $Увстр.=U*\cos УВ_{пос}=16м/с$ .
- б)  $УВ_{пос}=б+-180-ПМПУ=217град.$ ;  $Увстр.=U*\sin УВ_{пос}=12м/с$ ;  $Убок.=U*\cos УВ_{пос}=16м/с$ .
- в)  $Убок.=10м/с$ ;  $Увстр.=12м/с$ .
- г)  $Убок.=16м/с$ ;  $Увстр.=8м/с$ .

**31.** Рассчитайте точно  $V_{в}$  снижения на посадке, если  $V_{тас.снж.}=180км/ч$ ;  $Увстр.=10м/с$ ; а) для  $УНГ=2гр50мин$ ; б) для  $G_{снж.}=7\%$ .

- а) а)  $V_{в\ снж.}=2м/с$ ; б)  $V_{в\ снж.}=2,8м/с$ .
- б) а)  $V_{в\ снж.}=3м/с$ ; б)  $V_{в\ снж.}=4,2м/с$ .

- в) а)  $V_{в \text{ сниж}}=2,2\text{м/с}$ ; б)  $V_{в \text{ сниж}}=3,3\text{м/с}$ .  
 г) а)  $V_{в \text{ сниж}}=7,1\text{м/с}$ ; б)  $V_{в \text{ сниж}}=10\text{м/с}$ .

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «тестирование»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	85 – 100% правильных ответов
4	71 – 85% правильных ответов
3	61 – 70% правильных ответов
2	60% правильных ответов и ниже

### 3. Практическое задание (высокий уровень)

**Пример 3.1.** Построить структурную схему системы управления, оценить ее устойчивость и качественные показатели, если даны функционально необходимые элементы системы: измерительный преобразователь рассогласования – потенциометрический на двух потенциометрах ПТП-1 ( $\varphi_p = 6,1 \text{ рад}$ ,  $R = 2,5 \text{ кОм}$ ,  $P = 1 \text{ Вт}$ ,  $\omega = 4$ ); асинхронный двухфазный электродвигатель ДИД-3ТА ( $U_{\text{ном}} = 30 \text{ В}$ ,  $\omega_{\text{д ном}} = 607 \text{ с}^{-1}$ ,  $M_{\text{ном}} = 56 \cdot 10^{-4} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $M_{\text{п ном}} = 160 \cdot 10^{-4} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $J_{\text{д}} = 24 \cdot 10^{-8} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ); редуктор привода ( $q = 5200$ ,  $\eta = 0,8$ ); допустимая среднеквадратическая ошибка измерительного преобразователя  $e_{\text{н}} = 1,74 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$ ; допустимая погрешность управления системы в установившемся режиме  $e_y = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$  при  $M_{\text{н}} = 1,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $J_{\text{н}} = 20 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  и  $\Omega_{\text{н}} = 0,12 \text{ рад/с}$ .

**Решение.** Структурная схема, системы показанная на рисунке 3.1, построена путем замены каждого функционального элемента соответствующей передаточной функцией, рекомендуемой, например, в приложении А. Полагаем, что между измерительным преобразователем и двигателем включены безынерционные устройства преобразования и усиления с передаточной функцией  $K_y(p) = K_y$ .

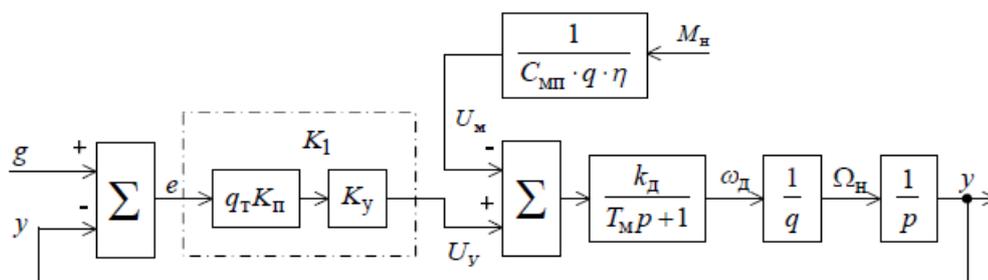


Рис. 1

Численные значения параметров схемы находим в следующей последовательности.

Определим передаточное число ускоряющего редуктора  $q_T$ . Для этого сначала найдем статическую ошибку потенциометра:

$$e_{\text{п}} = \frac{1}{57,3\omega} = \frac{1}{57,3 \cdot 4} = 4,36 \cdot 10^{-3} \text{ рад.} \quad (1)$$

Затем определяем среднеквадратическую ошибку измерительного преобразователя, состоящего из пары потенциометров:

$$e_{\text{нп}} = \sqrt{e_{\text{п}}^2 + e_{\text{п}}^2} = e_{\text{п}} \cdot \sqrt{2} = 6,17 \cdot 10^{-3} \text{ рад.} \quad (2)$$

Чтобы обеспечить требуемую точность не менее  $1,74 \cdot 10^3$  рад, необходимо иметь ускоряющий редуктор с передаточным числом  $q_{\text{T}} = (6,17 \cdot 10^3 / 1,74 \cdot 10^3) = 3,55$ . Таким образом, принимаем  $q_{\text{T}} = 4$ .

Коэффициент преобразования потенциометра находим по формуле  $K_{\text{п}} = 2 U_{\text{п}} / \varphi_{\text{р}}$ , где  $U_{\text{п}} \leq 1/2 \sqrt{PR} = 1/2 \sqrt{1 \cdot 2500} = 25$  В. Принимаем  $U_{\text{п}} = 24$  В и определяем

$$K_{\text{п}} = \frac{2 \cdot 24}{6,1} = 7,87 \frac{\text{В}}{\text{рад}}. \quad (3)$$

Коэффициент передачи двигателя по моменту:

$$C_{\text{мп}} = \frac{M_{\text{п ном}}}{U_{\text{у ном}}} = \frac{160 \cdot 10^{-4}}{30} = 5,3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{В}}. \quad (4)$$

Коэффициент демпфирования:

$$\beta = \frac{M_{\text{п ном}} - M_{\text{ном}}}{\omega_{\text{д ном}}} = \frac{(160 - 56) \cdot 10^{-4}}{607} = 0,17 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{рад}}. \quad (5)$$

Коэффициент передачи двигателя по скорости:

$$k_{\text{д}} = \frac{C_{\text{мп}}}{\beta} = \frac{5,3 \cdot 10^{-4}}{0,17 \cdot 10^{-4}} = 31 \frac{\text{рад}}{\text{с} \cdot \text{В}}. \quad (6)$$

Момент инерции на оси вала двигателя:

$$\begin{aligned} J &= 1,1 J_{\text{д}} + \frac{J_{\text{н}}}{q^2} = 1,1 \cdot 24 \cdot 10^{-8} + \frac{20}{(5200)^2} = \\ &= 26 \cdot 10^{-8} + 74 \cdot 10^{-8} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \end{aligned} \quad (7)$$

Механическая постоянная времени привода системы:

$$T_{\text{м}} = \frac{J}{\beta} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{0,17 \cdot 10^{-4}} = 0,06 \text{ с}. \quad (8)$$

Напряжение трогания двигателя под нагрузкой:

$$U_{\text{тр}} \geq \frac{1}{C_{\text{мп}} \cdot q \cdot \eta} M_{\text{н}} = \frac{1,2}{5,3 \cdot 10^{-4} \cdot 5200 \cdot 0,8} = 0,54 \text{ В}. \quad (9)$$

Коэффициент усиления последовательно соединенных измерительного преобразователя и устройств преобразования и усиления электрических сигналов:

$$K_1 = q_T \cdot K_{\Pi} \cdot K_y = \frac{U_{\text{тр}}}{e_{\text{нп}}} = \frac{0,54}{1,74 \cdot 10^{-3}} = 310 \frac{\text{В}}{\text{рад}}. \quad (10)$$

Коэффициент усиления устройств преобразования и усиления электрических сигналов:

$$K_y = \frac{K_1}{q_T \cdot K_{\Pi}} = \frac{310}{4 \cdot 7,87} = 10. \quad (11)$$

Коэффициент усиления разомкнутой системы:

$$K_v = K_1 \cdot k_d \frac{1}{q} = \frac{310 \cdot 31}{5200} = 1,84 \text{ с}^{-1}. \quad (12)$$

Коэффициент усиления разомкнутой системы по моменту сопротивления нагрузки:

$$k_M = \frac{k_d}{\eta \cdot q^2 \cdot C_{\text{МП}}} = \frac{1}{\beta \cdot q^2 \cdot \eta} = \frac{1}{0,17 \cdot 10^{-4} \cdot (5200)^2 \cdot 0,8} = 0,27 \cdot 10^{-2} \frac{\text{рад}}{\text{Н} \cdot \text{м}}. \quad (13)$$

Для найденных численных значений параметров преобразуем структурную схему к виду, представленному на рисунке 3.2.

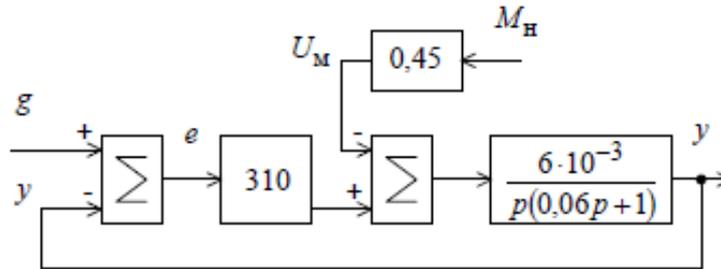


Рис. 2

В соответствии с этой схемой запишем передаточные функции разомкнутой системы

$$K(p) = \frac{y(p)}{e(p)} = \frac{1,86}{p(0,06p + 1)}; \quad (14)$$

замкнутой системы по ошибке управления

$$K_{eg}(p) = \frac{e(p)}{g(p)} = \frac{1}{1 + K(p)} = \frac{p(1 + 0,06p)}{p(0,06p + 1) + 1,8}; \quad (15)$$

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «практическое задание»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Практические задания выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90 – 100% вопросов/задач)
4	Практические задания выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75 – 89% вопросов/задач)
3	Практические задания выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50 – 74% вопросов/задач)
2	Практические задания выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

#### 4. Реферат (базовый уровень)

1. История развития беспилотных воздушных систем: Обзор ключевых этапов и технологий, которые привели к современным БВС.
2. Классификация беспилотных воздушных систем: Анализ различных типов БВС и их применения в различных отраслях.
3. Технологии навигации для БВС: Обзор методов навигации, включая GPS, инерциальные системы и другие технологии.
4. Системы управления полетом БВС: Исследование принципов работы автопилотов и систем управления.
5. Применение БВС в сельском хозяйстве: Как беспилотники меняют подходы к мониторингу и управлению сельскохозяйственными процессами.
6. Этические и правовые аспекты использования БВС: Обсуждение вопросов конфиденциальности, безопасности и регулирования.
7. Использование БВС в экстренных ситуациях: Применение беспилотников для поиска и спасения, мониторинга природных катастроф.
8. Технологии передачи данных в БВС: Обзор систем связи и передачи данных, используемых в беспилотниках.
9. Анализ рисков и угроз, связанных с эксплуатацией БВС: Обсуждение потенциальных угроз и мер по их минимизации.
10. Будущее беспилотных воздушных систем: Прогнозирование тенденций и технологий, которые могут повлиять на развитие БВС.
11. Интеграция БВС в систему управления воздушным движением: Проблемы и решения, связанные с совместным использованием воздушного пространства.
12. Использование искусственного интеллекта в управлении БВС: Как ИИ может повысить эффективность и безопасность полетов.
13. Технические аспекты проектирования БВС: Основные принципы и технологии, используемые при разработке беспилотников.
14. Сравнительный анализ БВС и пилотируемых летательных аппаратов: Преимущества и недостатки каждого типа.
15. Роль БВС в мониторинге окружающей среды: Применение беспилотников для экологического мониторинга и управления природными ресурсами.

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству» реферат»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Реферат представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ

4	Реферат представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). В оформлении допущены некоторые неточности в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ
3	Реферат представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). В оформлении допущены ошибки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ
2	Реферат представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

## 5. Оценочные средства для промежуточной аттестации (курсовая работа)

### Темы курсовой работы

1. Анализ современных технологий управления БВС: Исследование различных систем управления и их применения в современных беспилотниках.
2. Разработка алгоритмов навигации для БВС: Создание и тестирование алгоритмов, обеспечивающих точную навигацию беспилотных летательных аппаратов.
3. Сравнительный анализ систем автоматического управления полетом БВС: Сравнение различных систем автопилота и их эффективности в различных условиях.
4. Применение искусственного интеллекта в управлении БВС: Исследование возможностей использования ИИ для повышения автономности и безопасности беспилотников.
5. Безопасность и правовые аспекты эксплуатации БВС: Анализ существующих норм и правил, регулирующих использование беспилотных систем в гражданской авиации.
6. Разработка системы мониторинга состояния БВС в реальном времени: Создание системы, позволяющей отслеживать техническое состояние и параметры полета беспилотника.
7. Использование БВС в сельском хозяйстве: Исследование применения беспилотников для мониторинга и управления сельскохозяйственными процессами.
8. Анализ влияния погодных условий на управление БВС: Исследование, как различные метеорологические факторы влияют на безопасность и эффективность полетов беспилотников.
9. Разработка системы управления для многороторного БВС: Проектирование и реализация системы управления для мультикоптера с учетом его особенностей.
10. Этические и социальные аспекты использования БВС: Обсуждение вопросов, связанных с приватностью, безопасностью и этикой в контексте использования беспилотных систем.
11. Интеграция БВС в систему управления воздушным движением: Исследование проблем и решений, связанных с интеграцией беспилотников в существующие системы управления воздушным движением.
12. Разработка учебного курса по управлению БВС: Создание программы обучения для подготовки операторов беспилотных летательных аппаратов.
13. Анализ инцидентов и аварий с БВС: Исследование причин и последствий инцидентов, связанных с эксплуатацией беспилотников, и разработка рекомендаций по их предотвращению.
14. Будущее БВС в гражданской авиации: Прогнозирование тенденций и технологий, которые могут повлиять на развитие беспилотных систем в ближайшие годы.
15. Использование БВС для мониторинга окружающей среды: Исследование применения беспилотников для экологического мониторинга и управления природными ресурсами.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – *курсовая работа*.

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

## 6. Оценочные средства по экзамену

### Вопросы к экзамену

1. Определите понятие "беспилотная воздушная система" (БВС). Какие основные компоненты входят в состав БВС?
  2. Объясните различия между различными типами БВС (мультикоптеры, самолеты с фиксированным крылом, гибридные системы). В каких случаях каждый из них предпочтителен?
  3. Что такое автопилот? Каковы его основные функции и принципы работы?
  4. Опишите основные методы навигации, используемые в БВС. Какова роль GPS в навигации беспилотников?
  5. Каковы основные факторы, влияющие на устойчивость и управляемость БВС?
  6. Объясните, как работает система управления полетом БВС. Какие датчики и алгоритмы используются для обеспечения стабильности полета?
  7. Каковы основные правовые и этические аспекты эксплуатации БВС в гражданской авиации?
  8. Что такое система передачи данных в БВС? Как она влияет на управление и мониторинг полета?
  9. Опишите процесс планирования миссии для БВС. Какие факторы необходимо учитывать при планировании?
  10. Каковы основные риски и угрозы, связанные с эксплуатацией БВС? Как можно минимизировать эти риски?
- Практические вопросы
11. Представьте, что ваш БВС потерял связь с оператором. Какие действия вы предпримете для восстановления управления?

12. Как вы будете реагировать на изменение погодных условий во время полета БВС? Какие меры предосторожности необходимо принять?

13. Опишите процесс тестирования и сертификации БВС перед его эксплуатацией. Какие этапы включает этот процесс?

14. Каковы основные методы контроля качества и безопасности БВС? Как они применяются на практике?

15. Предложите решение для интеграции БВС в существующую систему управления воздушным движением. Какие проблемы могут возникнуть при этом?

Вопросы на анализ и решение проблем

16. Анализируйте случай аварии БВС. Какие факторы могли привести к инциденту, и какие меры можно предпринять для предотвращения подобных случаев в будущем?

17. Каковы преимущества и недостатки использования БВС в различных отраслях (сельское хозяйство, строительство, мониторинг окружающей среды)?

18. Обсудите влияние технологий искусственного интеллекта на управление БВС. Как ИИ может улучшить эффективность и безопасность полетов?

19. Каковы перспективы развития БВС в гражданской авиации? Какие новые технологии могут появиться в ближайшие годы?

20. Предложите проект по использованию БВС для решения конкретной задачи (например, мониторинг лесных пожаров, доставка медицинских препаратов). Опишите основные этапы реализации проекта. Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – экзамен.

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

## **7. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;

- продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;

- продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

## Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			