

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления ракет
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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	
5	9	4	144	51	34	0	17	93	0	0	93	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ \_\_\_\_\_

Попов Александр Михайлович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс \_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ**

**Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-3 — Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбрать способ управления полетом

ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач

ОПК-6 — Способен осуществлять критический анализ научных достижений, а также использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области систем управления летательными аппаратами

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-3**

*знания:*

задач, решаемых информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистемами систем управления БПЛА;

*умения:*

определять состав и структуру комплексов бортового оборудования БПЛА;

*навыки:*

составления математических моделей управляемого движения БПЛА с учетом характеристик бортового оборудования информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистем.

### **ОПК-5**

*знания:*

типовых математических моделей управляемого движения БПЛА самолетной и вертолетной конструктивных схем;;

*умения:*

формировать математические модели управляемого движения БПЛА с заданными характеристиками;;

*навыки:*

учета в модели движения БПЛА различных вариантов закона управления;.

### **ОПК-6**

*знания:*

видов существующих и перспективных образцов беспилотной авиационной техники, задач и организации ее применения;;

*умения:*

выбирать вид БПЛА для решения рассматриваемых задач и способ управления;;

*навыки:*

обоснования выбора вида БПЛА и способа управления для решения поставленных задач;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МЕХАНИКА ПОЛЕТА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, ОСНОВЫ НАВЕДЕНИЯ РАКЕТ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ, ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ, СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ОПК-6 — Способен осуществлять критический анализ научных достижений, а также использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области систем управления летательными аппаратами
- ОПК-7 — Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения
- ОПК-8 — Способен 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)"
- ПК-3 — Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-3	ОПК-5	ОПК-6
5	9	<b>Раздел 1. Обзор типов и задач БПЛА.</b> 1.1 Классификация беспилотных ЛА. Типы БПЛА. Обзор решаемых задач. 1.2 Структура современных беспилотных авиационных комплексов. 1.3 Общие принципы организации функционирования беспилотных авиационных комплексов.	14	4	4	0	10	5	20	20
5	9	<b>Раздел 2. Математические основы прикладной теории управления БПЛА.</b> 2.1 Особенности и принципы управления БПЛА 2.2 Этапы и виды управляемого движения 2.3 Системы координат 2.4 Воздушная скорость, скорость ветра и скорость относительно Земли 2.5 Ветровые возмущения траекторий движения БПЛА. Ветровой треугольник 2.6 Общая кинематическая модель движения БПЛА.	24	8	6	2	16	15	0	0
5	9	<b>Раздел 3. БПЛА самолетного типа.</b> 3.1 Модель динамики движения 3.2 Режимы движения и их учет в модели динамики 3.3 Стабилизация БПЛА 3.4 Наведение 3.5 Движение по заданному маршруту 3.6 Управление посадкой БПЛА.	33	12	8	4	21	30	30	30
5	9	<b>Раздел 4. БПЛА вертолетного типа.</b> 4.1. Виды БПЛА вертолетного типа, органы и принципы управления ими. 4.2. Модель движения одновинтового вертолета. 4.3. Модель движения квадрокоптера.	35	14	10	4	21	30	30	30
5	9	<b>Раздел 5. Групповое управление БПЛА.</b> 5.1 Задачи управления группой БПЛА 5.2 Организация управления в мультиагентных системах. Принцип консенсуса. 5.3 Организация информационного взаимодействия в группе БПЛА в процессе управления. Матрица Лапласа.	38	13	6	7	25	20	20	20
<b>Всего за 9 семестр</b>			144	51	34	17	93	100	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	51	34	17	93	100	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Математические основы прикладной теории управления БПЛА.	Модель углового движения БПЛА и ее компьютерная анимационная реализация	2
2	Раздел 3. БПЛА самолетного типа.	Модель углового движения БПЛА с учетом действующих на него сил и моментов и ее компьютерная анимационная реализация	1
3		Расчет коэффициентов усиления для заданного контура стабилизации	1
4		Модель движения БПЛА по заданному маршруту и ее компьютерная анимационная реализация	2
5	Раздел 4. БПЛА вертолетного типов.	Моделирование углового и продольного движения одновинтового вертолета.	2
6		Моделирование углового и продольного движения квадрокоптера	2
7	Раздел 5. Групповое управление БПЛА.	Итоговый семинар: обсуждение результатов выполнения практических заданий, итоговое тестирование.	2
8		Моделирование движения группы БПЛА по заданной траектории	5
Всего за 9 семестр			17

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов

1	Раздел 1. Обзор типов и задач БПЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	10
2	Раздел 2. Математические основы прикладной теории управления БПЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	12
3		Подготовка к практическим занятиям	4
4	Раздел 3. БПЛА самолетного типа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	15
5		Подготовка к практическим занятиям	6
6	Раздел 4. БПЛА вертолетного типв.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	14
7		Подготовка к практическим занятиям	7
8	Раздел 5. Групповое управление БПЛА.	Подготовка к практическим занятиям	7
9		Подготовка к итоговому семинару	7
10		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	11
Всего за 9 семестр			93

#### 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
<b>9</b>		ИПЗ		ИПЗ		ДР	ИПЗ			ДР			ИПЗ			ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание.

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

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003, 5 экз.
2. А. Б. Андриевский, Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. Использование системы Scilab. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 181 экз.
3. А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
4. Б. Р. Андриевский. . Управление и оценивание при ограниченной пропускной способности каналов связи. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
5. Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. . Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab. СПб.: Наука, 2001, 20 экз.
6. В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 150 экз.
7. В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 172 экз.
8. В. В. Дудник. . Конструкция вертолётов. Ростов н/Д: Изд-во ИУИ АП, 2005, эл. рес.
9. И. А. Радченко. . Интеллектуальные мультиагентные системы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 67 экз.
10. Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. М.: Техносфера, 2018, 15 экз.
11. Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. М.: Техносфера, 2015, эл. рес.
12. С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов, Ф. В. Митин. . Расчёт аэрогидродинамических характеристик и траекторий подвижных объектов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 41 экз.
13. С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов, Ф. В. Митин. . Расчёт аэрогидродинамических характеристик и траекторий подвижных объектов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
14. С. А. Лосев. . Проектирование аппаратных и программных средств микропроцессорных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 82 экз.
15. С. Н. Шаров. . Информационные управляющие системы беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
16. Ю. Ф. Подоплекин, В. В. Морозов, А. А. Александров. . Посадка беспилотных летательных аппаратов на суда: проблемы и решения. СПб.: Судостроение, 2014, 20 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Авиакосмическое приборостроение;
2. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук;
3. Проблемы машиностроения и автоматизации;
4. Морской сборник.

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

1. [https://xn----8sbcccoat3acurs.xn--p1ai/files/monography\\_1.pdf](https://xn----8sbcccoat3acurs.xn--p1ai/files/monography_1.pdf) Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами (открытый доступ);
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <https://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. <https://repository.library.voenmeh.ru/jsrui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
6. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
7. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;



8. [https://xn----8sbcccoat3acurs.xn--p1ai/images/files/Monographya4\(1\).pdf](https://xn----8sbcccoat3acurs.xn--p1ai/images/files/Monographya4(1).pdf) Моисеев В.С. Динамика полета и управление беспилотными летательными аппаратами;
9. [https://xn----8sbcccoat3acurs.xn--p1ai/images/files/0\\_\\_6\\_3\\_\\_.pdf](https://xn----8sbcccoat3acurs.xn--p1ai/images/files/0__6_3__.pdf) Моисеев В.С. Комплексы бортового оборудования перспективных беспилотных вертолетов;
10. [https://xn----8sbcccoat3acurs.xn--p1ai/images/files/0\\_monographya\\_3H.pdf](https://xn----8sbcccoat3acurs.xn--p1ai/images/files/0_monographya_3H.pdf) Моисеев В.С. Групповое применение беспилотных летальных аппаратов.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Scilab 6.0.2.

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. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
2. Matlab 2015a SP1;
3. Scilab 6.0.2.

### **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 **УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-3 Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом;

ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач;

ОПК-6 Способен осуществлять критический анализ научных достижений, а также использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области систем управления летательными аппаратами.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с классификацией существующих и перспективных образцов беспилотной авиационной техники, задачами и организацией ее применения. Рассматриваются базовые положения и математические основы прикладной теории управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), типовые модели управляемого движения БПЛА самолетной и вертолетной конструктивных схем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Обзор типов и задач БПЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2018 (глава 1) . Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 (глава 1)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Математические основы прикладной теории управления БПЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. . Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab: СПб.: Наука, 2001 (весь текст) Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2015 (главы 2-3, приложения В,С) А. Б. Андриевский, Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. Использование системы Scilab: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (весь текст)	12
Подготовка к практическим занятиям	В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (раздел 1)	4
Итого по разделу 2		16
<b>Раздел 3. БПЛА самолетного типа.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (раздел 3)	15
Подготовка к практическим занятиям	С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов, Ф. В. Митин. . Расчёт аэрогидродинамических характеристик и траекторий подвижных объектов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (разделы 2,3) Ю. Ф. Подоплекин, В. В. Морозов, А. А. Александров. . Посадка беспилотных летательных аппаратов на суда: проблемы и решения: СПб.: Судостроение, 2014 (весь текст) С. Н. Шаров. . Информационные управляющие системы беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007	6

	(главы 13,14) А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (раздел 2, подраздел 3.5) Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2015 (главы 6,9-12)	
Итого по разделу 3		21
Раздел 4. БПЛА вертолетного типв.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	С. А. Лосев. . Проектирование аппаратных и программных средств микропроцессорных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (раздел 5) В. В. Дудник. . Конструкция вертолётов: Ростов н/Д: Изд-во ИУИ АП, 2005 (главы 1-3,6) . Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 (глава 6)	14
Подготовка к практическим занятиям	С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов, Ф. В. Митин. . Расчёт аэрогидродинамических характеристик и траекторий подвижных объектов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (раздел 4)	7
Итого по разделу 4		21
Раздел 5. Групповое управление БПЛА.		
Подготовка к практическим занятиям	Б. Р. Андриевский. . Управление и оценивание при ограниченной пропускной способности каналов связи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (весь текст) И. А. Радченко. . Интеллектуальные мультиагентные системы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (глава 1)	7
Подготовка к итоговому семинару		7
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе		11
Итого по разделу 5		25

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

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

- диагностическая работа
- индивидуальное практическое задание;
- 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.

#### **Индивидуальное практическое задание**

Индивидуальные практические задания выполняются в рамках практических занятий по дисциплине в соответствии с их программой.

Вариант задания предлагается преподавателем.

Результаты выполнения заданий демонстрируются преподавателю в электронной форме.

Типовые индивидуальные практические задания с комплектами вариантов включены в состав УМК дисциплины.

Балльные оценки за индивидуальные практические задания определяются технологической картой дисциплины.

#### **Экзамен**

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса из разных разделов курса.

Список вопросов к экзамену представлен в УМК дисциплины.

Критерии формирования оценки:

полные ответы на оба вопроса "отлично";

полный ответ на один вопрос и неполный на второй - "хорошо";

неполные ответы при условии успешного выполнения индивидуальных практических заданий - "удовлетворительно".

По желанию студент может сдавать экзамен в форме теста.

Для студентов, планомерно и успешно освоивших содержание учебной дисциплины, предусматривается возможность оформления экзаменационной оценки по результатам работы в семестре в соответствии с технологической картой дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-3	ОПК-5	ОПК-6	
5	9	Раздел 1. Обзор типов и задач БПЛА.	14	4	4	0	10	5	20	20	Индивидуальное практическое задание
5	9	Раздел 2. Математические основы прикладной теории управления БПЛА.	24	8	6	2	16	15	0	0	Индивидуальное практическое задание
5	9	Раздел 3. БПЛА самолетного типа.	33	12	8	4	21	30	30	30	Индивидуальное практическое задание
5	9	Раздел 4. БПЛА вертолетного типв.	35	14	10	4	21	30	30	30	Индивидуальное практическое задание
5	9	Раздел 5. Групповое управление БПЛА.	38	13	6	7	25	20	20	20	Индивидуальное практическое задание
Всего за 9 семестр			144	51	34	17	93	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	100	100	

**Оценочные материалы по дисциплине УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМИ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ**

**ПК-3 - Способен определять состав и структуру системы управления летательным аппаратом, выбирать способ управления полетом**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Перечислите три основных компонента системы управления летательным аппаратом.
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Назовите два ключевых отличия электродистанционной системы (Fly-by-Wire) от классической механической.
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между компонентами системы управления и их основными функциями:

<b>Компонент системы</b>	<b>Функция</b>
1. Датчики (гироскопы, акселерометры)	А. Обработка данных и формирование управляющих сигналов
2. Бортовой вычислитель	Б. Преобразование электрических сигналов в механические движения
3. Исполнительные механизмы	В. Измерение параметров движения и положения ЛА
4. Шина данных	Г. Передача информации между компонентами системы

- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между типами систем управления и их ключевыми особенностями:

<b>Тип системы управления</b>	<b>Характеристика</b>
1. Механическая	А. Использует электрические сигналы и цифровую обработку
2. Гидравлическая	Б. Прямая механическая связь штурвала с рулями
3. Fly-by-Wire	В. Применение гидроусилителей для перемещения рулевых поверхностей
4. Fly-by-Light	Г. Использование оптоволоконных линий передачи данных

- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите правильный порядок прохождения сигнала в электродистанционной системе управления (Fly-by-Wire):

1. Обработка данных в бортовом вычислителе
2. Передача сигнала на исполнительные механизмы
3. Считывание параметров полета датчиками
4. Формирование управляющих команд пилотом
5. Корректировка положения рулевых поверхностей

- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите правильный порядок этапов проектирования системы управления ЛА:

1. Интеграция подсистем и комплексные испытания
2. Разработка математической модели управления
3. Определение требований и технического задания



4. Создание аппаратной архитектуры системы
5. Стендовые испытания отдельных компонентов
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какая структура управления является основной для современных ЛА?
1. Прямое механическое управление
  2. Электродистанционная (Fly-by-Wire)
  3. Гидравлическое без резервирования
  4. Пневматическая с ручным дублированием
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какой компонент НЕ входит в классический состав системы управления ЛА?
1. Датчики угловых скоростей
  2. Бортовой вычислитель
  3. Пассажирские кресла
  4. Исполнительные механизмы
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какой элемент обеспечивает резервирование в системе управления?
1. Декоративная подсветка панели
  2. Дублированные вычислительные каналы
  3. Удлинитель рулевых тяг
  4. Одноразовые предохранители
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие компоненты входят в состав типовой системы управления ЛА?
1. Бортовой вычислитель (FCC - Flight Control Computer)
  2. Исполнительные механизмы (приводы, рулевые машинки)
  3. Датчики состояния (гироскопы, акселерометры)
  4. Пассажирские мониторы развлечений
  5. Система передачи сигналов (шины данных, провода)
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие особенности характерны для современной электродистанционной системы (Fly-by-Wire)?
1. Отсутствие прямой механической связи с органами управления
  2. Использование цифровых вычислителей для обработки сигналов
  3. Обязательное наличие ручных гидравлических дублеров
  4. Многоканальное резервирование для повышения надежности
  5. Только аналоговые сигналы без цифровой обработки
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие подсистемы взаимодействуют с системой управления ЛА?
1. Автопилот и система навигации
  2. Система автоматического предотвращения сваливания
  3. Система кондиционирования салона

4. Система управления двигателями (FADEC)

5. Бортовая кухня

**ОПК-5 - Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Перечислите основные уравнения, используемые в математической модели динамики ЛА.
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Назовите три типичных упрощения в аэродинамических моделях ЛА и условия их применения.
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между типами математических моделей и их описанием:

Тип модели	Описание
1. Линеаризованная модель	А. Учитывает нелинейные аэродинамические эффекты при больших углах атаки
2. Нелинейная модель	Б. Используется для малых возмущений, упрощает анализ устойчивости
3. Квазистационарная модель	В. Пренебрегает инерционными эффектами, силы зависят только от текущих параметров
4. Полная динамическая модель	Г. Учитывает все силы, моменты и инерционные характеристики ЛА

- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между методами моделирования и их применением:

Метод	Применение
1. Метод конечных объемов (FVM)	А. Расчет потенциального обтекания простых конфигураций
2. Панельный метод	Б. Точное моделирование турбулентности в CFD
3. LES (Large Eddy Simulation)	В. Основной метод в CFD для решения уравнений Навье-Стокса
4. Метод Рунге-Кутты	Г. Численное интегрирование уравнений движения ЛА

- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие допущения часто используются при построении упрощенных математических моделей ЛА?

1. Малые углы атаки (линеаризация)
2. Жесткий корпус (пренебрежение упругостью)
3. Учет квантовых эффектов
4. Стационарность атмосферы (постоянные параметры среды)
5. Учет релятивистских эффектов

- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите правильную последовательность этапов разработки математической модели динамики ЛА:

1. Составление уравнений аэродинамических сил и моментов
  2. Запись уравнений движения (Ньютона и Эйлера)
  3. Линеаризация модели для малых возмущений
  4. Введение системы управления в модель
  5. Валидация модели на экспериментальных данных
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите правильный порядок действий при численном моделировании аэродинамики ЛА:
1. Построение расчетной сетки
  2. Задание граничных условий
  3. Выбор математической модели течения
  4. Решение системы уравнений
  5. Анализ и визуализация результатов
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какое уравнение является основой для математического моделирования аэродинамических сил и моментов летательного аппарата?
1. Уравнение Навье-Стокса
  2. Уравнение Бернулли
  3. Уравнения движения Эйлера (или уравнения динамики ЛА)
  4. Уравнение теплопроводности Фурье
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой параметр обычно используется для упрощения математической модели летательного аппарата при малых углах атаки?
1. Нелинейные аэродинамические коэффициенты
  2. Линеаризованные аэродинамические производные
  3. Турбулентные модели течения
  4. Учет сжимаемости воздуха
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой метод чаще всего используется для численного моделирования обтекания летательного аппарата?
1. Аналитическое решение уравнений Навье-Стокса
  2. Метод конечных элементов (только для прочности)
  3. Метод вычислительной гидродинамики (CFD)
  4. Метод Монте-Карло
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из перечисленных факторов учитываются при построении физической модели аэродинамики летательного аппарата?
1. Распределение давления по поверхности ЛА

2. Силы и моменты, действующие на ЛА
3. Магнитное поле Земли
4. Форма и геометрия летательного аппарата
5. Химический состав атмосферы на высоте полета

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

Какие методы применяются для численного моделирования аэродинамики летательных аппаратов?

1. Метод конечных объемов (в CFD)
2. Панельный метод (метод граничных элементов)
3. Метод Монте-Карло
4. Метод крупных вихрей (LES)
5. Метод наименьших квадратов

**ОПК-6 - Способен осуществлять критический анализ научных достижений, а также использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области систем управления летательными аппаратами**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Назовите три ключевых параметра, которые необходимо анализировать при оценке эффективности новой системы управления ЛА

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какие два преимущества имеют адаптивные системы управления по сравнению с классическими?

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между методами критического анализа и характеристиками систем управления ЛА:

Метод анализа	Характеристика системы управления
1. Анализ переходных процессов	А. Способность поддерживать заданную траекторию
2. Испытания на устойчивость	Б. Время реакции на возмущения
3. Тестирование отказоустойчивости	В. Работоспособность при частичных отказах
4. Оценка энергопотребления	Г. Эффективность использования бортовых ресурсов

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между современными технологиями управления и их основными преимуществами:

Технология управления	Ключевое преимущество
1. Адаптивное управление	А. Автоматическая подстройка под изменяющиеся условия
2. Нейросетевые алгоритмы	Б. Способность обучаться на опыте
3. Прогнозирующее управление	В. Предупреждение потенциальных опасных ситуаций

4.

Распределенные Г. Повышенная надежность за счет резервирования системы

- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите правильный порядок этапов критического анализа системы управления летательного аппарата:
1. Сравнение с существующими аналогами
  2. Выявление ключевых параметров для оценки
  3. Проведение моделирования в различных условиях
  4. Формулирование выводов и рекомендаций
  5. Анализ экспериментальных данных
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите правильный порядок этапов внедрения новой технологии управления в ЛА:
1. Натурные испытания на летающей лаборатории
  2. Разработка математической модели
  3. Анализ эксплуатационных характеристик
  4. Стендовые испытания
  5. Серийное внедрение
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой критерий является наиболее важным при критическом анализе эффективности новой системы управления ЛА?
1. Стоимость разработки
  2. Устойчивость и точность в широком диапазоне условий полета
  3. Количество публикаций о системе
  4. Внешний вид интерфейса управления
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какая из перечисленных технологий считается прорывом в современных системах управления ЛА?
1. Аналоговые автопилоты
  2. Адаптивное нейросетевое управление
  3. Ручное управление без обратной связи
  4. Пневматические системы стабилизации
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
При анализе научной статьи о новой системе управления ЛА, на что следует обратить внимание в первую очередь?
1. Количество соавторов
  2. Результаты сравнительных испытаний с аналогами
  3. Краткость аннотации
  4. Использование цветных графиков
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие факторы являются критически важными при сравнительном анализе систем управления разных ЛА?

1. Точность стабилизации в нештатных режимах полета
2. Быстродействие системы при внешних возмущениях
3. Цветовое оформление кабины пилота
4. Надежность работы при отказах датчиков
5. Энергопотребление вычислительных алгоритмов

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

При испытаниях системы управления ЛА какие параметры требуют особого контроля?

1. Время реакции на ступенчатое воздействие
2. Стабильность работы при пограничных режимах
3. Удобство расположения кнопок на пульте
4. Согласованность работы подсистем
5. Красота траекторий на визуализаторе

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

Какие параметры обязательны для объективной оценки эффективности новой системы управления ЛА?

1. Время реакции на возмущения
2. Красота математических формул в описании
3. Устойчивость при изменении внешних условий (ветер, плотность воздуха)
4. Энергоэффективность алгоритмов
5. Количество упоминаний в социальных сетях