

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Математическое и программное обеспечение систем управления
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	
4	7	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	зач.
4	8	4	144	68	34	17	17	76	0	0	76	экз.
ВСЕГО		7	252	102	51	17	34	150	0	0	150	

*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 составили:

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

Сырцев Алексей Николаевич, д.воен.н., старший научный сотрудник,  
профессор

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

Готин Сергей Владимирович, 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 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 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, выбирать способ управления полетом

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)"

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-3**

*знания:*

математического аппарата и методик расчета параметров систем управления летательных аппаратов;

*умения:*

применять математический аппарат и методики расчета параметров систем управления летательных аппаратов для оценки их показателей качества;

*навыки:*

проведения расчета параметров для конкретных видов систем управления ЛА.

### **ОПК-7**

*знания:*

форм и расчетных схем математических моделей летательных аппаратов как объектов ориентации, стабилизации, навигации и управления движением;

*умения:*

создавать математические модели летательных аппаратов, позволяющие анализировать тактики их применения;

*навыки:*

реализации математических моделей летательных аппаратов как объектов ориентации, стабилизации, навигации и управления движением в среде автоматизации инженерных и

научных

расчетов.

### **ОПК-8**

*знания:*

математического аппарата и методик расчета параметров систем управления летательных аппаратов;

*умения:*

применять математический аппарат и методики расчета параметров систем управления летательных аппаратов для оценки их показателей качества;

*навыки:*

проведения расчета параметров для конкретных видов систем управления ЛА.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 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: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ, ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ, МЕХАНИКА ПОЛЕТА**.

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- 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)"

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-3	ОПК-7	ОПК-8
4	7	Раздел 1. Общие сведения об организации управления космическими аппаратами (КА). 1.1. Назначение и виды КА. 1.2. Виды управляемого движения КА. 1.3. Требования к СУ КА. 1.4. Общая структура СУ КА и основные способы управления.	4	1	1	0	0	3	5	5	5
4	7	Раздел 2. Управление угловым положением КА. 2.1. Возмущающие воздействия для системы угловой стабилизации КА. 2.2. Системы пассивной угловой стабилизации. Способы создания управляющих моментов. 2.3. Активная стабилизация, применяемые схемы, способы создания управляющих моментов. 2.4. Требования к СУ угловым движением. Показатели качества. 2.5. Общая функциональная схема СУ угловым движением КА. 2.6. Характеристики элементов систем ориентации. 2.7. Методы и примеры исследования СУ КА. 2.8. Магнитные, гравитационные и аэродинамические системы управления угловым движением.	26	14	6	0	8	12	15	5	15
4	7	Раздел 3. Жидкостные и твердотопливные ракетные двигатели как объекты автоматического управления и звенья системы регулирования кажущейся скорости. 3.1. Ракетный двигатель как звено в контуре регулирования скорости. 3.2. Понятие кажущейся скорости. Линейная и релейная системы регулирования кажущейся скорости (РКС). Исследование релейной системы РКС, ее недостатки и пути их преодоления. 3.3. Системы стабилизации давления в камере сгорания и управления одновременным опорожнением баков.	18	4	2	0	2	14	5	5	5
4	7	Раздел 4. Системы управления сближением КА. 4.1. Назначение СУ сближением и этапы сближения. 4.2. Уравнения относительного движения. 4.3. Метод сближения по свободным траекториям. 4.4. Метод параллельного инерциального сближения. 4.5. Функциональная схема СУ сближением, выбор элементов, показатели качества.	18	7	3	0	4	11	5	5	5
4	7	Раздел 5. Принципы управления дальностью и направлением полета баллистических ракет. 5.1. Активный участок, участок полета по баллистической траектории, участок движения головной части в атмосфере. Уравнения траектории на баллистическом участке. 5.2. Влияние относительных ошибок выдерживания расчетных параметров в конце активного участка. 5.3. Метод сопряженных систем и его применение для синтеза комплексного управления высотой и скоростью полета баллистических ракет и ракет-носителей на активном участке. Учет вращения Земли.	12	3	3	0	0	9	5	5	5
4	7	Раздел 6. Системы управления спуском КА в атмосфере. 6.1. Уравнения движения спускаемого аппарата в атмосфере. 6.2. Методы управления снижением. 6.3. СУ спуском с прогнозированием точки посадки. 6.4. СУ с космонавтом, системы ручного и полуавтоматического управления, математические модели операторской деятельности космонавта.	14	3	1	0	2	11	5	5	5
4	7	Раздел 7. Адаптивная система управления КА. 7.1. Режимы ориентации и стабилизации. 7.2. Основные характеристики алгоритма управления и обработки информации.	16	2	1	0	1	14	5	5	5
Всего за 7 семестр			108	34	17	0	17	74	45	35	45
4	8	Раздел 8. Алгоритмы бортовой аппаратуры системы управления ПКР оперативного назначения. 1.1. Состав бортовой аппаратуры системы управления и конструктивное исполнение её информационных каналов. 1.2. Общий порядок работы бортовой аппаратуры системы управления в режимах обнаружения, целераспределения и целеназначения.	32	12	8	0	4	20	20	20	20
4	8	Раздел 9. Алгоритмы работы пассивного радиотехнического канала. 2.1. Управление антенной. 2.2. Обмен информацией между ПРК и БЦВС. 2.3. Вычисление координат источника радиоизлучения. 2.4. Группирование источников радиоизлучения. 2.5 Использование информации ПРК в интересах информационного обеспечения процесса применения ПКР.	40	20	8	10	2	20	10	20	10
4	8	Раздел 10. Алгоритмы управления и обработки информации активного радиолокационного канала. 3.1. Включение активного радиолокационного канала и управление антенной. 3.2. Внутриобзорная обработка информации о целях. 3.3. Межобзорная обработка информации о целях. 3.4 Определение координат точки прицеливания.	37	17	6	7	4	20	5	10	5
4	8	Раздел 11. Целераспределение ракет залпа. 4.1.	18	10	6	0	4	8	10	10	10

		Целераспределение по неоднородной групповой морской цели. 4.2. Целераспределение по однородной групповой морской цели. 4.3. Целераспределение при стрельбе по одиночной цели.									
4	8	Раздел 12. Принципы работы системы обмена информацией между ракетами. 5.1. Формирование единой временной оси в n-ракетном залпе. 5.2. Уточнение численных системой инерциальной навигации координат ракет залпа. 5.3. Обмен координатами целей, обнаруженных информационными каналами БАСУ. 5.4. Централизованное целеназначение ракет залпа.	17	9	6	0	3	8	10	5	10
Всего за 8 семестр			144	68	34	17	17	76	55	65	55
Всего по дисциплине			252	102	51	17	34	150	100	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Управление угловым положением КА.	Анализ и синтез системы управления угловым движением КА методом фазовой плоскости.	4
2		Способы создания управляющих моментов.	2
3		Скользят режимы в системах угловой стабилизации.	2
4	Раздел 3. Жидкостные и твердотопливные ракетные двигатели как объекты автоматического управления и звенья системы регулирования кажущейся скорости.	Кейс-задача	2
5	Раздел 4. Системы управления сближением КА.	Анализ динамики каналов управления системы управления сближением КА.	4
6	Раздел 6. Системы управления спуском КА в атмосфере.	Анализ динамики систем управления спуском	2
7	Раздел 7. Адаптивная система управления КА.	Собеседование, оформление зачета.	1
Всего за 7 семестр			17
8	Раздел 8. Алгоритмы бортовой аппаратуры системы управления ПКР оперативного назначения.	Динамические свойства летательного аппарата как объекта управления	4
9	Раздел 9. Алгоритмы работы пассивного радиотехнического канала.	Порядок структурного и параметрического синтеза контура угловой стабилизации "жесткого" ЛА	2
10	Раздел 10. Алгоритмы управления и обработки информации активного радиолокационного канала.	Контрольная работа	4
11	Раздел 11. Целераспределение ракет залпа.	Централизованное ЦР	4
12	Раздел 12. Принципы работы системы обмена информацией между ракетами.	Математические модели СОИР	3
Всего за 8 семестр			17

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
Всего за 7 семестр			0
1	Раздел 9. Алгоритмы работы пассивного радиотехнического канала.	Исследование устойчивости бокового движения ЛА.	4
2		Исследование устойчивости продольного движения ЛА.	4
3		Исследование динамики рулевого привода.	2
4	Раздел 10. Алгоритмы управления и обработки информации активного радиолокационного канала.	Синтез и исследования цифровой системы нейтрализации упругих колебаний в контуре управления ЛА.	7

Всего за 8 семестр	17
--------------------	----

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общие сведения об организации управления космическими аппаратами (КА).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	3
2	Раздел 2. Управление угловым положением КА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	4
3		Подготовка к практическим занятиям	2
4		Домашнее задание на тему "Моделирование процесса угловой стабилизации КА с нелинейными датчиками"	6
5	Раздел 3. Жидкостные и твердотопливные ракетные двигатели как объекты автоматического управления и звенья системы регулирования кажущейся скорости.	Раздел 3. Жидкостные и твердотопливные ракетные двигатели как объекты автоматического управления и звенья системы регулирования кажущейся скорости. Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	8
6		Подготовка к практическому занятию	6
7	Раздел 4. Системы управления сближением КА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	4
8		Подготовка к практическим занятиям	2
9		Выполнение домашнего задания на тему "Исследование процесса сближения на орбите с использованием методов параллельного сближения и двухимпульсного перехода"	5
10	Раздел 5. Принципы управления дальностью и направлением полета баллистических ракет.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	9
11	Раздел 6. Системы управления спуском КА в атмосфере.	Подготовка к практическому занятию	2
12		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	5
13		Выполнение домашнего задания "Исследование процесса снижения и посадки КА с управлением по методу модулирующих функций"	4
14	Раздел 7. Адаптивная система управления КА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	12
15		Подготовка к собеседованию	2
Всего за 7 семестр			74
16	Раздел 8. Алгоритмы бортовой аппаратуры системы управления ПКР оперативного назначения.	Подготовка к практическим занятиям	2
17		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	18
18	Раздел 9. Алгоритмы работы пассивного радиотехнического канала.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	9
19		Подготовка к практическому занятию	1
20		Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	10
21	Раздел 10. Алгоритмы управления и обработки информации активного радиолокационного канала.	Подготовка к контрольной работе	3
22		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	14
23		Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	3
24	Раздел 11. Целераспределение ракет залпа.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	7
25		Подготовка к практическому занятию	1
26	Раздел 12. Принципы работы системы обмена информацией	Подготовка к практическому занятию	1



27	между ракетами.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	7
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>76</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7				ЛР, ДЗ		ДР	ЛР		Кейс, ЛР	ДР	ДЗ, ЛР, Контр.Р.				ЛР, Контр.Р.	ДР	Собес, Тест, Контр.Р., ДЗ, зач.
8						ДР				ДР						ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Кейс – кейс-задача;
- ДЗ – домашнее задание;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Собес – собеседование;
- Тест – тест;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- кейс-задача;
- домашнее задание;
- контрольная работа;
- собеседование;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет;
- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Исследование динамики инерциальных навигационных систем управления беспилотных летательных аппаратов. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
2. А. А. Лебедев, Л. С. Чернобровкин. . Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1973, 93 экз.
3. А. Б. Андриевский, Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. Использование системы Scilab. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 181 экз.
4. А. В. Ефремов, В. Ф. Захарченко, В. Н. Овчаренко. . Динамика полета. Москва: Машиностроение, 2011, эл. рес.
5. А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
6. А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
7. А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, 82 экз.
8. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Навигация и наведение космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 63 экз.
9. Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. . Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab. СПб.: Наука, 2001, 20 экз.
10. В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003, 169 экз.
11. В. А. Керножицкий, М. Н. Охочинский. . Ракетная техника и космонавтика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002, 39 экз.
12. В. А. Керножицкий, С. В. Козлов, С. И. Марков. . Магнитные системы ориентации, манёвра и навигации космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
13. В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 172 экз.
14. В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 150 экз.
15. В. К. Хамидуллин. . Глобальные навигационные системы. Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, 17 экз.
16. Г. Н. Разорёнов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов. . Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями). М.: Машиностроение, 2003, 19 экз.
17. Е. А. Микрин. Бортовые комплексы управления космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2014, эл. рес.
18. И. Л. Петрова, К. С. Алексеева, В. Ю. Емельянов. . Исследование динамики систем стабилизации беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 65 экз.
19. И. Л. Петрова, К. С. Алексеева, В. Ю. Емельянов. . Исследование динамики систем стабилизации беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.
20. Л. Н. Лысенко. . Наведение и навигация баллистических ракет. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007, эл. рес.
21. О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
22. Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. М.: Техносфера, 2015, эл. рес.
23. 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.
24. С. И. Марков, В. А. Керножицкий. . Маховичные и гироскопические системы ориентации летательных аппаратов. Л.: Изд-во ЛМИ, 1991, 52 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Авиакосмическое приборостроение.

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

1. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

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

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](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. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

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

### **6.4. Прочее:**

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

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 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-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)".

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами построения, структурой, динамическими свойствами и характеристиками систем управления летательных аппаратов различного типа и их элементов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- кейс-задача;
- домашнее задание;
- контрольная работа;
- собеседование;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет;
- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **7 з.е., 252 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**150 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 252 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 150 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. Общие сведения об организации управления космическими аппаратами (КА).</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Е. А. Микрин. Бортовые комплексы управления космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2014 (парагр. 1.1) В. А. Керножицкий, М. Н. Охочинский. . Ракетная техника и космонавтика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (Введение, раздел 1)	3
Итого по разделу 1		3
<b>Раздел 2. Управление угловым положением КА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	С. И. Марков, В. А. Керножицкий. . Маховичные и гироскопические системы ориентации летательных аппаратов: Л.: Изд-во ЛМИ, 1991 (разделы 1-3) А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (подразд. 2.6)	4
Подготовка к практическим занятиям	Г. Н. Разорёнов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов. . Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями): М.: Машиностроение, 2003 (главы 1.1,1.2)	2
Домашнее задание на тему "Моделирование процесса угловой стабилизации КА с нелинейными датчиками"	В. А. Керножицкий, С. В. Козлов, С. И. Марков. . Магнитные системы ориентации, манёвра и навигации космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (разделы 1-4)	6
Итого по разделу 2		12
<b>Раздел 3. Жидкостные и твердотопливные ракетные двигатели как объекты автоматического управления и звенья системы регулирования кажущейся скорости.</b>		
Раздел 3. Жидкостные и твердотопливные ракетные двигатели как объекты автоматического управления и звенья системы регулирования кажущейся скорости. Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (подразд. 2.10) А. В. Ефремов, В. Ф. Захарченко, В. Н. Овчаренко. . Динамика полета: Москва:	8

Подготовка к практическому занятию	Машиностроение, 2011 (глава 2) В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (парагр. 17.1)	6
Итого по разделу 3		14
<b>Раздел 4. Системы управления сближением КА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Г. Н. Разорёнов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов. . Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями): М.: Машиностроение, 2003 (раздел 3) С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов, Ф. В. Митин. . Расчёт	4
Подготовка к практическим занятиям	аэрогидродинамических характеристик и траекторий подвижных объектов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (разделы 1,2)	2
Выполнение домашнего задания на тему "Исследование процесса сближения на орбите с использованием методов параллельного сближения и двухимпульсного перехода"	А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (разделы 1,2)	5
Итого по разделу 4		11
<b>Раздел 5. Принципы управления дальностью и направлением полета баллистических ракет.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (подразд. 3.1-3.4) Л. Н. Лысенко. . Наведение и навигация баллистических ракет: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007 (главы 4,5) А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. . Синтез управления в системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (разделы 1-3) Г. Н. Разорёнов, Э. А. Бахрамов, Ю. Ф. Титов. . Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями): М.: Машиностроение, 2003 (главы 3.1-3.3) В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (раздел 2)	9
Итого по разделу 5		9
<b>Раздел 6. Системы управления спуском КА в атмосфере.</b>		
Подготовка к практическому занятию	А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Навигация и наведение космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (раздел 1)	2
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе		5
Выполнение домашнего задания "Исследование процесса снижения и посадки КА с		4

управлением по методу модулирующих функций"		
Итого по разделу 6		11
<b>Раздел 7. Адаптивная система управления КА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Л. Н. Лысенко. . Наведение и навигация баллистических ракет: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007	12
Подготовка к собеседованию	(глава 15)	2
Итого по разделу 7		14
<b>Раздел 8. Алгоритмы бортовой аппаратуры системы управления ПКР оперативного назначения.</b>		
Подготовка к практическим занятиям	А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (раздел 1)	2
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (раздел 10) А. А. Лебедев, Л. С. Чернобровкин. . Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1973 (главы 11-13) Р. У. Биард, Т. У. МакЛэйн. . Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика: М.: Техносфера, 2015 (главы 1-5) И. Л. Петрова, К. С. Алексеева, В. Ю. Емельянов. . Исследование динамики систем стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (главы 1-2)	18
Итого по разделу 8		20
<b>Раздел 9. Алгоритмы работы пассивного радиотехнического канала.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	А. Б. Андриевский, Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. Использование системы Scilab: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (разделы 1-3)	9
Подготовка к практическому занятию	И. Л. Петрова, К. С. Алексеева, В. Ю. Емельянов. . Исследование динамики систем стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (главы 3-5)	1
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. . Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab: СПб.: Наука, 2001 (главы 2-6) 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 1-3) А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (подразд. 2.1-2.3) А. С. Шалыгин, В. А. Бородавкин, В. А. Зазимко. Синтез управления в	10



	системах стабилизации беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (раздел 4)	
Итого по разделу 9		20
Раздел 10. Алгоритмы управления и обработки информации активного радиолокационного канала.		
Подготовка к контрольной работе	А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (подразд. 2.4)	3
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе		14
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы		3
Итого по разделу 10		20
Раздел 11. Целераспределение ракет залпа.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	В. К. Хамидуллин. . Глобальные навигационные системы: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (раздел 2) А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (подразд. 2.5) . Исследование динамики инерциальных навигационных систем управления беспилотных летательных аппаратов: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (весь текст)	7
Подготовка к практическому занятию		1
Итого по разделу 11		8
Раздел 12. Принципы работы системы обмена информацией между ракетами.		
Подготовка к практическому занятию	А. Г. Юрескул. . Системы управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (подразд. 3.5)	1
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (подразд. 3.4-3.6) О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (часть 1)	7
Итого по разделу 12		8

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- тест;
- кейс-задача;
- домашнее задание;
- собеседование;
- контрольная работа;
- лабораторная работа;
- экзамен;
- зачет.

### 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.

#### Тест

Тест (диагностическая работа) включает в себя 10 вопросов. Время выполнения 20 минут. Успешное прохождение теста регистрируется при условии получения не менее 60% правильных ответов.

#### Кейс-задача

Разбор примера системы угловой стабилизации с нелинейными датчиками угла и угловой скорости, задание логики работы регулятора, построение на фазовой плоскости линий переключения, расчет фазовой траектории и параметров предельного цикла. Успешное выполнение - получение правильных результатов для заданных исходных данных.

Балльная оценка кейс-задачи определяется технологической картой дисциплины.

#### Домашнее задание

Темы домашних заданий: "Система управления сближением КА" и "Система управления спуском КА".

Домашние задания выполняются по индивидуальным вариантам исходных данных.

Балльная оценка домашних заданий определяется технологической картой дисциплины.

#### Собеседование

Собеседование проводится для студентов, не набравших достаточное количество баллов для зачета в соответствии с технологической картой, - по вопросам, связанным с неудачно выполненными контрольными мероприятиями.

#### Контрольная работа

Контрольные работы проводятся по тестовым вопросам открытого типа. Нормы определения оценки за контрольную определяются технологической картой дисциплины.

#### Лабораторная работа

Допуск к ЛР:

- допуск к выполнению первых двух ЛР не предусмотрен.
- для допуска к выполнению третьей и четвертой ЛР необходима защита одной из выполненных ранее работ.

Требования к выполнению ЛР:

- по всем ЛР необходимо выполнение задания в программной среде по выбору студента и демонстрация результатов выполнения преподавателю.

Отчет по ЛР:

В отчет включается постановка задачи, математическая модель, листинг программы, результаты

исследования. Все результаты предъявляются в печатной или электронной форме.

**Защита ЛР:**

Защита ЛР предусматривает обсуждение порядка решения предусмотренных ее тематикой задач, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории с использованием тестовых вопросов.

Тестовые вопросы включены в состав УМК дисциплины.

Балльная оценка лабораторной работы определяется технологической картой дисциплины.

### **Экзамен**

Итоговый контроль по дисциплине по итогам 8 семестра проходит в форме экзамена.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса.

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 контрольных мероприятий семестра - "удовлетворительно".

Комплект вопросов к экзамену включен в состав УМК дисциплины.

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.

### **Зачет**

Промежуточная аттестация по дисциплине по итогам 7 семестра проходит в форме зачета.

Критерии оформления зачета определяются технологической картой дисциплины.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-3	ОПК-7	ОПК-8	
4	7	Раздел 1. Общие сведения об организации управления космическими аппаратами (КА).	4	1	1	0	0	3	5	5	5	Тест
4	7	Раздел 2. Управление угловым положением КА.	26	14	6	0	8	12	15	5	15	Кейс-задача, Тест
4	7	Раздел 3. Жидкостные и твердотопливные ракетные двигатели как объекты автоматического управления и звенья системы регулирования кажущейся скорости.	18	4	2	0	2	14	5	5	5	Тест
4	7	Раздел 4. Системы управления сближением КА.	18	7	3	0	4	11	5	5	5	Тест, Домашнее задание
4	7	Раздел 5. Принципы управления дальностью и направлением полета баллистических ракет.	12	3	3	0	0	9	5	5	5	Тест
4	7	Раздел 6. Системы управления спуском КА в атмосфере.	14	3	1	0	2	11	5	5	5	Тест, Домашнее задание
4	7	Раздел 7. Адаптивная система управления КА.	16	2	1	0	1	14	5	5	5	Тест, Собеседование
Всего за 7 семестр			108	34	17	0	17	74	45	35	45	

4	8	<b>Раздел 8. Алгоритмы бортовой аппаратуры системы управления ПКР оперативного назначения.</b>	32	12	8	0	4	20	20	20	20	Тест, Контрольная работа
4	8	<b>Раздел 9. Алгоритмы работы пассивного радиотехнического канала.</b>	40	20	8	10	2	20	10	20	10	Лабораторная работа, Тест, Контрольная работа
4	8	<b>Раздел 10. Алгоритмы управления и обработки информации активного радиолокационного канала.</b>	37	17	6	7	4	20	5	10	5	Лабораторная работа, Тест, Контрольная работа
4	8	<b>Раздел 11. Целераспределение ракет залпа.</b>	18	10	6	0	4	8	10	10	10	Тест, Контрольная работа
4	8	<b>Раздел 12. Принципы работы системы обмена информацией между ракетами.</b>	17	9	6	0	3	8	10	5	10	Тест, Контрольная работа
<b>Всего за 8 семестр</b>			144	68	34	17	17	76	55	65	55	
<b>Всего по дисциплине</b>			252	102	51	17	34	150	100	100	100	

Содержание дисциплины является логическим продолжением знаний, полученных при освоении программы бакалавриата, в том числе по дисциплине "Иностранный язык" и служит основой для освоения дисциплин: