

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАНИКА ПОЛЕТА

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	
3	6	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра 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 МЕХАНИКА ПОЛЕТА**

## **Разделы рабочей программы**

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

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

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

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-5 — 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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ОПК-5**

*знания:*

физических законов, определяющих принципы и закономерности механики полета, различных типов ЛА и их конструктивных особенностей, методов оценки и расчета характеристик ЛА, траекторий полета, математического аппарата описания движения ЛА, основных положений механики полета, принципов компоновки ЛА;

*умения:*

обоснованно выбирать системы координат, разрабатывать математические модели движения ЛА, выбирать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель управляемого движения ЛА, использовать методические приемы разделения движений, линеаризации уравнений движения, рассчитывать и оценивать аэродинамические характеристики, оценивать установившиеся режимы полета, расчет и оптимизацию траекторий, учитывать влияние упругости конструкции ЛА и наличие жидкого наполнения на динамику полета;

*навыки:*

анализа ЛА различного назначения по существующим методикам как объектов ориентации стабилизации и управления, разработки и реализации моделей систем управления ЛА.

## **ОПК-7**

*знания:*

методов оценки и расчета характеристик ЛА, математического аппарата описания движения ЛА, принципов компоновки ЛА и систем управления ЛА, характеристик ЛА как объектов управления;

*умения:*

обоснованно выбирать системы координат, разрабатывать математические модели движения ЛА, выбирать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель управляемого движения ЛА, использовать методические приемы разделения движений, линеаризации уравнений движения и вывода передаточных функций объекта управления, рассчитывать и оценивать аэродинамические характеристики, оценивать установившиеся режимы полета, расчет и оптимизацию траекторий, учитывать влияние упругости конструкции ЛА и наличие жидкого наполнения на динамику систем стабилизации;

*навыки:*

анализа ЛА различного назначения по существующим методикам как объектов ориентации стабилизации и управления, разработки и реализации моделей систем управления ЛА.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МЕХАНИКА ПОЛЁТА** 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, ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ, НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ, СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ**.

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-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 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5	ОПК-7
3	6	Раздел 1. Введение. Основные этапы развития летательных аппаратов. 1. Аэродинамические схемы, органы управления, типы летательных аппаратов. 2. Системы управления полетом. Автоматические и автоматизированные системы. 3. Этапы построения и состав математической модели ЛА.	4	2	2	0	2	20	20
3	6	Раздел 2. Системы координат (СК), применяемые в исследованиях механики полета. Связь между СК. 1. Инерциальные и неинерциальные СК для исследования механики полета вблизи поверхности Земли. Связь между СК. 2. Кинематические и геометрические соотношения.	7	2	2	0	5	5	10
3	6	Раздел 3. Силы, действующие на ЛА, и способы управления ими. 1. Тяга двигателей - основные типы двигателей, высотно-скоростные характеристики. 2. Сила тяжести и ее потенциал. Форма и размеры Земли. 3. Атмосфера Земли и ее свойства. Стандартные атмосферы. 4. Аэродинамические силы и моменты. Общее выражение аэродинамических сил и моментов в зависимости от угловых и кинематических параметров ЛА. Поляра и аэродинамическое качество ЛА. Центр давления и фокус ЛА. Понятие статической устойчивости. 5. Определение коэффициентов аэродинамических сил и моментов при заданной форме ЛА. Аэродинамические коэффициенты, получаемые экспериментально. 6. Управляющие силы и моменты. Сравнительная оценка нормальной схемы и схемы "утка". 7. Шарнирные моменты и аэродинамическая компенсация рулей. 8. Газодинамические силы и моменты. Способы управления ими. 9. Силы Кориолиса. Внутренний демпфирующий момент. 10. Силы, обусловленные перемещением центра масс ЛА относительно его корпуса.	22	10	8	2	12	15	10
3	6	Раздел 4. Уравнения пространственного движения ЛА в плотных слоях атмосферы и методы их упрощения. 1. Уравнения пространственного движения ЛА при закрепленных рулях, анализ системы уравнений, методы решения этой системы. 2. Основные методы упрощения системы уравнений. Разделение общего пространственного движения на поступательное и вращательное. Балансировочное соотношение. Разделение пространственного движения на продольное и боковое. Системы уравнений продольного и бокового движения. 3. Линеаризация уравнений движения ЛА с использованием метода малых возмущений. Системы уравнений продольного и бокового движения в вариациях, динамические коэффициенты. 4. Учет влияния ветра в уравнениях динамики. Система уравнений продольного движения ЛА с учетом ветра. 5. Некоторые программные режимы полета ЛА - балансировочный режим, маневр в вертикальной плоскости. Определение параметров этих режимов. 6. Понятие о маневренности и перегрузке ЛА. Определение выражений для располагаемых перегрузок.	30	14	8	6	16	10	10
3	6	Раздел 5. Учет влияния подвижности жидкого наполнения в задачах динамики ЛА. 1. Гидродинамические нагрузки на смачиваемую поверхность полости бака при малых его колебаниях. 2. Механический аналог колебаний жидкости в баках. 3. Уравнения продольного возмущенного движения ЛА с маятниковой моделью колебаний жидкости.	8	4	4	0	4	10	10
3	6	Раздел 6. Влияние упругости корпуса ЛА на динамику полета. 1. Уравнение упругих поперечных колебаний корпуса ЛА и схема построения его решения. 2. Уравнение продольного движения ЛА с учетом упругих поперечных колебаний его корпуса. 3. Определение форм и частот собственных колебаний корпуса. 4. Учет упругих колебаний при исследовании динамики ЛА.	8	4	4	0	4	10	10
3	6	Раздел 7. Летательный аппарат как звено контура управления. Передаточные функции ЛА. 1. Метод типовых звеньев, используемый при построении моделей движения ЛА. 2. Продольное возмущенное движение ЛА. Анализ продольного возмущенного движения. Коротко- и длиннопериодическое свободное возмущенное движение. 3. Система уравнений продольного возмущенного движения ЛА в вариациях, используемая при решении задач стабилизации. 4. Передаточные функции ЛА для продольного возмущенного движения. Связь с аэродинамическими, инерционными и кинематическими характеристиками ЛА. 5. Передаточные функции для бокового возмущенного движения. 6. Передаточные функции ЛА с учетом упругих поперечных колебаний корпуса и колебаний жидкости в баках.	29	15	6	9	14	30	30
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Силы, действующие на ЛА, и способы управления ими.	Расчет аэродинамических характеристик ЛА.	2
2	Раздел 4. Уравнения пространственного	Составление уравнений движения ц.м.	2

	движения ЛА в плотных слоях атмосферы и методы их упрощения.	ЛА в пространстве в различных системах координат	
3		Составление уравнений вращательного движения ЛА	2
4		Коллоквиум	2
5	Раздел 7. Летательный аппарат как звено контура управления. Передаточные функции ЛА.	Анализ динамических свойств ЛА по временным характеристикам	2
6		Анализ динамических свойств ЛА по частотным характеристикам	2
7		Синтез контура угловой стабилизации ЛА по углу тангажа	3
8		Контрольная работа	2
Всего за 6 семестр			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение. Основные этапы развития летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	2
2	Раздел 2. Системы координат (СК), применяемые в исследованиях механики полета. Связь между СК.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	5
3	Раздел 3. Силы, действующие на ЛА, и способы управления ими.	Изучение вопросов раздела по рекомендуемой литературе.	10
4		Подготовка к практическим занятиям	2
5	Раздел 4. Уравнения пространственного движения ЛА в плотных слоях атмосферы и методы их упрощения.	Изучение предусмотренных программой тем раздела по рекомендуемой литературе	10
6		Подготовка к практическим занятиям	2
7		Подготовка к коллоквиуму по пройденному материалу	4
8	Раздел 5. Учет влияния подвижности жидкого наполнения в задачах динамики ЛА.	Изучение предусмотренных программой вопросов раздела по рекомендуемой литературе	4
9	Раздел 6. Влияние упругости корпуса ЛА на динамику полета.	Изучение предусмотренных вопросов темы раздела по рекомендуемой литературе	4
10	Раздел 7. Летательный аппарат как звено контура управления. Передаточные функции ЛА.	Изучение предусмотренных программой вопросов темы раздела по рекомендуемой литературе	8
11		Подготовка к практическим занятиям	2
12		Подготовка к контрольной работе	4
Всего за 6 семестр			57

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>6</b>						ДР		Колл		ДР						ДР	Контр.Р.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Колл – коллоквиум;
- Контр.Р. – контрольная работа.

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

- диагностическая работа;
- коллоквиум;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика. М.: Машиностроение, 2005, 99 экз.
2. А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика. М.: Машиностроение, 2005, эл. рес.
3. В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Механика полёта: основные принципы построения моделей ЛА. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
4. В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
5. В. Т. Калугин. . Аэрогазодинамика органов управления полётом летательных аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004, 16 экз.
6. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, В. А. Бородавкин. . Аэродинамические характеристики летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, эл. рес.
7. М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
8. 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.
9. С. М. Кривель. . Динамика полёта. Расчёт лётно-технических и пилотажных характеристик самолёта. СПб.: Лань, 2018, 15 экз.
10. С. М. Кривель. . Динамика полёта. Расчёт лётно-технических и пилотажных характеристик самолёта. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
11. С. Н. Ельцин. . Инженерное проектирование органов управления летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.

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

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

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

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 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.

### **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 **МЕХАНИКА ПОЛЕТА** 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*:

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.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с применением законов физики - механики, аэродинамики, термогазодинамики - для формирования математических моделей движения летательных аппаратов, изучением и расчетом характеристик ЛА как объектов управления и навигации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- коллоквиум;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

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

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

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

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Введение. Основные этапы развития летательных аппаратов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Механика полёта: основные принципы построения моделей ЛА: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1) М. Г. Моисеев. . Основы аэрогазодинамики: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, В. А. Бородавкин. . Аэродинамические характеристики летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (1) С. Н. Ельцин. . Инженерное проектирование органов управления летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1)	2
Итого по разделу 1		2
<b>Раздел 2. Системы координат (СК), применяемые в исследованиях механики полета. Связь между СК.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Машиностроение, 2005 (1) В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Механика полёта: основные принципы построения моделей ЛА: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1) С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов, Ф. В. Митин. . Расчёт аэрогидродинамических характеристик и траекторий подвижных объектов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1)	5
Итого по разделу 2		5
<b>Раздел 3. Силы, действующие на ЛА, и способы управления ими.</b>		
Изучение вопросов раздела по рекомендуемой литературе.	А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Машиностроение, 2005 (1) В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Механика полёта: основные принципы построения моделей ЛА: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1, 2, 3) С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов, Ф. В. Митин. . Расчёт аэрогидродинамических характеристик и траекторий подвижных объектов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1)	10
Подготовка к практическим занятиям	В. Т. Калугин. . Аэрогазодинамика органов управления полётом летательных аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 (1)	2
Итого по разделу 3		12

<b>Раздел 4. Уравнения пространственного движения ЛА в плотных слоях атмосферы и методы их упрощения.</b>		
Изучение предусмотренных программой тем раздела по рекомендуемой литературе	А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Машиностроение, 2005 (1) С. М. Кривель. . Динамика полёта. Расчёт лётно-технических и пилотажных характеристик самолёта: СПб.: Лань, 2018 (1)	10
Подготовка к практическим занятиям	В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Механика полёта: основные принципы построения моделей ЛА: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (4, 5)	2
Подготовка к коллоквиуму по пройденному материалу	С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов, Ф. В. Митин. . Расчёт аэрогидродинамических характеристик и траекторий подвижных объектов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (3-6)	4
Итого по разделу 4		16
<b>Раздел 5. Учет влияния подвижности жидкого наполнения в задачах динамики ЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой вопросов раздела по рекомендуемой литературе	В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Механика полёта: основные принципы построения моделей ЛА: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (8)	4
Итого по разделу 5		4
<b>Раздел 6. Влияние упругости корпуса ЛА на динамику полета.</b>		
Изучение предусмотренных вопросов темы раздела по рекомендуемой литературе	В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Механика полёта: основные принципы построения моделей ЛА: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (7)	4
Итого по разделу 6		4
<b>Раздел 7. Летательный аппарат как звено контура управления. Передаточные функции ЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой вопросов темы раздела по рекомендуемой литературе	С. М. Кривель. . Динамика полёта. Расчёт лётно-технических и пилотажных характеристик самолёта: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (2) В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (10)	8
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 (3-6)	2
Подготовка к контрольной работе		4
Итого по разделу 7		14

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- коллоквиум;
- контрольная работа;
- 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.

#### Коллоквиум

Успешное прохождение коллоквиума обеспечивается при полном и правильном ответе на один вопрос из предусмотренного комплекта

#### Контрольная работа

Задание на контрольную работу предусматривает решение двух задач. При наличии ошибок в решении предусматривается обсуждение решения с преподавателем с целью проверки фактического усвоения соответствующего материала.

Успешное выполнение контрольной работы фиксируется при условии правильного решения двух задач или по результатам успешного обсуждения с преподавателем не полностью решенных задач.

#### Экзамен

Допуск к экзамену обеспечивается при полном и успешном выполнении контрольных мероприятий - коллоквиума и контрольной работы. 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 прохождения коллоквиума и контрольной работы - "удовлетворительно".

По желанию студент может сдавать экзамен в форме теста.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5	ОПК-7	
3	6	Раздел 1. Введение. Основные этапы развития летательных аппаратов.	4	2	2	0	2	20	20	Коллоквиум
3	6	Раздел 2. Системы координат (СК), применяемые в исследованиях механики полета. Связь между СК.	7	2	2	0	5	5	10	Коллоквиум
3	6	Раздел 3. Силы, действующие на ЛА, и способы управления ими.	22	10	8	2	12	15	10	Коллоквиум
3	6	Раздел 4. Уравнения пространственного движения ЛА в плотных слоях атмосферы и методы их упрощения.	30	14	8	6	16	10	10	Коллоквиум
3	6	Раздел 5. Учет влияния подвижности жидкого наполнения в задачах динамики ЛА.	8	4	4	0	4	10	10	Коллоквиум
3	6	Раздел 6. Влияние упругости корпуса ЛА на динамику полета.	8	4	4	0	4	10	10	Коллоквиум
3	6	Раздел 7. Летательный аппарат как звено контура управления. Передаточные функции ЛА.	29	15	6	9	14	30	30	Контрольная работа
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

## Оценочные материалы по дисциплине МЕХАНИКА ПОЛЕТА

**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

Какие взаимосвязи описываются группой уравнений движения ЛА, называемой кинематическими соотношениями?

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Опишите, в чем состоит смысл линеаризации уравнений движения ЛА и при каких условиях допустимо ее применение для моделирования полета.

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите корректное соответствие между описанием привязки осей и названием системы координат:

- |  |                      |
|--|----------------------|
| 1. Оу является местной вертикалью (отвесом)  | а) Связанная СК      |
| 2. Оу расположена в продольной плоскости симметрии ЛА, Oz - перпендикулярна вектору скорости | б) Скоростная СК     |
| 3. Ох - вдоль оси корпуса ЛА, Оу лежит в продольной плоскости симметрии ЛА                   | в) Стартовая СК      |
| 4. Oz всегда лежит в плоскости местного горизонта, Ох - вдоль продольной оси ЛА              | г) Полускоростная СК |
|  | д) Полусвязанная СК  |

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите, к каким группам уравнений движения относятся перечисленные параметры:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Скорость изменения угла наклона траектории               | а) кинематические соотношения            |
| 2. Угловое ускорение ЛА относительно продольной оси корпуса | б) уравнения скоростей ЛА в стартовой СК |
| 3. Вертикальная скорость ЛА                                 | в) уравнения динамики                    |



относительно  
земли

4. Угловая

скорость ЛА по г) геометрические соотношения  
тангажу

д) динамика вращения ЛА

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Выберите корректную последовательность расчета параметров движения ЛА при моделировании динамики вращения ЛА (за один цикл моделирования):

а) Расчет угловых скоростей ЛА относительно стартовой СК и интегрирование их до углов Эйлера

б) Определение скорости центра масс ЛА

в) Вычисление угловых скоростей ЛА относительно осей связанной СК

г) Определение аэродинамических моментов, действующих на ЛА

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите правильный порядок расчета параметров при моделировании динамики поступательного движения ЛА на новом цикле численного моделирования, с учетом того, что параметры вращательного движения известны:

а) Вычисление проекций скорости на оси стартовой СК

б) Определение текущего значения скорости центра масс ЛА

в) Определение углов атаки и скольжения по параметрам вращательного движения

г) Расчет аэродинамических сил

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

Отметьте из перечисленного параметры, относящиеся к боковому движению ЛА:

1) Угловая скорость ЛА относительно его продольной оси

2) Угол тангажа

3) Угол скольжения

4) Скорость изменения угла горизонтального направления траектории

5) Угол крена

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

Отметьте, для какой аэродинамической схемы характерно возрастание управляющего момента по мере реакции ЛА на фиксированное (постоянное) отклонение рулей высоты:

а) нормальная компоновка с заднерасположенными рулями

б) схема "утка" с передним расположением рулей

в) бесхвостка с отклоняемыми задними кромками крыла

г) ЛА с отклоняемым сопловым аппаратом двигателей

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

Какие явления из перечисленных характерны для момента насыщения маховика как органа управления?

а) разворот оси канала управления ЛА на угол 45 градусов к оси маховика

- б) маховик попеременно переключается от разгона к торможению и обратно
  - в) разгон маховика до предельной скорости при парировании постоянного внешнего момента
  - г) ЛА развернулся осью канала управления на 90 градусов к оси вращения маховика
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие из перечисленных факторов характерны для статически неустойчивого ЛА:
- а) малый демпфирующий момент тангажа
  - б) возрастание момента по тангажу при возрастании угла атаки
  - в) возрастание момента рыскания при росте угла скольжения
  - г) наличие предельно допустимого значения угла атаки
  - д) отрицательный коэффициент шарнирного момента руля высоты

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

Как ориентирована невозмущенная поверхность жидкого топлива в баке ЛА типа "ракета-носитель":

- а) перпендикулярно вектору кажущейся скорости
- б) перпендикулярно к направлению силы тяжести
- в) перпендикулярно вектору тяги ДУ
- г) перпендикулярно вектору кажущегося ускорения ЛА

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

Что определяет функция формы  $f_n(x)$  в уравнении упругих поперечных деформаций корпуса ЛА?

- а) распределение поперечной нагрузки вдоль корпуса ЛА
- б) распределение амплитуд максимальных деформаций вдоль корпуса для  $n$ -го тона
- в) распределение частот колебаний корпуса вдоль его оси по  $n$ -му тону
- г) установившуюся деформацию корпуса при текущей нагрузке для  $n$ -го тона

**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**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Опишите виды аэродинамических моментов, действующих на ЛА, а также параметры движения, от которых зависят эти моменты.

№ 2 Прочитайте текст и установите последовательность

Информация о полете ЛА поступает в виде данных от системы воздушных сигналов - углы атаки, скольжения, воздушная (полная) скорость и скорость вертикальная относительно земли. Крен ЛА и скорость его изменения около нуля.

Укажите, в каком порядке по этим данным должны оцениваться перечисленные ниже параметры движения, если расчет проводится по дифференциальным уравнениям продольного и бокового движения:

- а) угол тангажа
- б) угол наклона траектории
- в) стабилизирующий момент тангажа

г) угловая скорость по тангажу

д) угловое ускорение по тангажу

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Укажите, какой характер переходных процессов соответствуют приведенным моделям ЛА как объекта управления в виде передаточных функций (ПФ)

- |  |   |
|--|---|
| 1. ПФ "руль<br>высоты - угол<br>наклона<br>траектории" | а) колебательный с увеличением амплитуды                                    |
| 2. ПФ "элероны<br>- угловая<br>скорость крена"         | б) неограниченное нарастание с начальным колебательным переходным процессом |
| 3. ПФ "руль<br>направления -<br>угол<br>скольжения"    | в) апериодический или колебательный затухающий                              |
| 4. ПФ "руль<br>высоты - угол<br>атаки"                 | г) незатухающий колебательный   |
|  | д) апериодический   |

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите в правильном порядке последовательность расчета приведенных параметров движения ЛА за один такт при моделировании с использованием уравнений продольного и бокового каналов:

а) Угол тангажа

б) Боковая скорость

в) Наклон траектории

г) Скорость ЛА

д) Угол направления траектории

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Опишите, что такое шарнирные моменты, где они проявляются, причина их возникновения и способы их парирования.

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Укажите, какие углы определяют, частично или полностью, взаимную ориентацию между приведенными системами координат:

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. Стартовая и<br>скоростная       | а) углы атаки и скольжения                 |
| 2.<br>Полусвязанная и<br>связанная | б) углы тангажа, рыскания, крена           |
| 3. Скоростная и<br>связанная       | в) угол наклона траектории                 |
| 4. Стартовая и<br>связанная        | г) угол наклона траектории и угол рыскания |
|                                    | д) угол крена                              |

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

Сколько различных значений коэффициентов присоединенных масс (без учета знака) требуется

для описания модели движения в воде летательного аппарата сферической формы, если центр масс совпадает с центром сферы:

- а) 1
- б) 3
- в) 4
- г) 7
- д) 21

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

Выберите корректное определение для понятия "балансировочный режим":

- 1) режим управления рулями при сбалансированном шарнирном моменте
- 2) определение величины тяги двигателей для стабилизации скорости ЛА на данной высоте
- 3) процесс управления рулями высоты при переменном положении центра масс ЛА
- 4) полет при взаимно уравновешенных моментах от двигателей, рулей и аэродинамических моментов

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

Отметьте, какой аэродинамический момент проявляется наиболее сильно для ЛА, попадающего в условия сдвига ветра, т.е. резкого изменения направления воздушного потока, в том числе в вертикальной плоскости:

- а) шарнирный момент на рулях
- б) демпфирующий момент
- в) момент от запаздывания скоса потока
- г) стабилизирующий момент

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

Отметьте, на какие параметры движения ЛА могут оказывать заметное влияние колебания жидкого топлива в баках:

- а) продольное движение центра масс
- б) вращение ЛА по рысканию
- в) боковое движение центра масс
- г) вращение по крену
- д) динамика вращения по тангажу

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

Отметьте, какие допущения принимаются при описании движения ЛА в воде:

- а) Отсутствие трения в жидкости и трения жидкости об ЛА
- б) Форма ЛА - только поверхности, описываемые аналитически (сфера, цилиндр, конус и т.п.)
- в) Симметрия формы ЛА - осевая или плоскостная
- г) Неограниченный объем жидкости вокруг ЛА

д) Отсутствие силы Архимеда

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

Перечислите негативные эффекты, вызываемые поперечными упругими колебаниями корпуса ЛА:

- а) Снижение устойчивости поступательного движения ЛА
- б) Помехи в сигналах акселерометров бокового канала
- в) Потеря устойчивости движения в канале крена
- г) Помехи в сигналах гироскопических датчиков угла
- д) Риск деформации корпуса при развитии упругих колебаний

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