

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления беспилотными летательными аппаратами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	8	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 А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Сизова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ДИНАМИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

### **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-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-1 — Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ОПК-8**

*знания:*

- знать назначение, области применения и задачи систем управления космических аппаратов различных типов;
- знать состав и особенности построения и применения математических моделей космических аппаратов различных типов;
- знать принципы формирования законов управления и стабилизации космических аппаратов различных типов;

*умения:*

- уметь использовать методы математического моделирования движения объектов космической и ракетной техники;
- уметь разрабатывать и использовать математические модели движения космических аппаратов в различных системах координат с учетом различных возмущающих факторов;
- уметь выбрать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель управляемого движения космических аппаратов, уметь использовать методические приемы упрощения моделей движения космических аппаратов;

*навыки:*

- использования методов анализа движения и управления движением космических аппаратов, построения траекторий космических аппаратов;
- построения оптимальной траектории и расчета основных характеристик маневра космического аппарата;
- решения краевых и оптимизационных задач теории полета ракет и космических аппаратов.

## **ПК-1**

*знания:*

- знать теорию невозмущенного и возмущенного движения ракет и космических аппаратов, краевые задачи баллистики, задачи оптимизации траекторий КА;
- знать основные понятия теории полета космических летательных аппаратов;
- знать методы наведения космических аппаратов различных типов;
- знать типовые траектории космических аппаратов различных типов;
- знать назначение, области применения и задачи систем управления космических аппаратов различных типов;

*умения:*

- уметь использовать методы математического моделирования движения объектов космической и ракетной техники;
- уметь разрабатывать и использовать математические модели движения космических аппаратов в различных системах координат с учетом различных возмущающих факторов;
- уметь выбрать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель управляемого движения космических аппаратов, уметь использовать методические приемы упрощения моделей движения космических аппаратов;

*навыки:*

- использования методов анализа движения и управления движением космических аппаратов, построения траекторий космических аппаратов;
- построения оптимальной траектории и расчета основных характеристик маневра космического аппарата;
- решения краевых и оптимизационных задач теории полета ракет и космических аппаратов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДИНАМИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** 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, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ДИНАМИКА ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ, ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОГРАММ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ИГРОВЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ, БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ДИНАМИКЕ ПОЛЕТА, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ПК-2 — Способен к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
- ПК-6 — Способен к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА
- ПК-95 — Способен к критическому мышлению в цифровой среде, оценке информации, ее достоверности, построению логических умозаключений на основании поступающих информации и данных

### 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-8	ПК-1
4	8	<b>Раздел 1. Основные понятия механики космического полета. Невозмущенное движение космических аппаратов.</b> 1.1 Предмет курса. Задачи, решаемые в курсе. Условия космического полета. 1.2. Характеристика невозмущенной орбиты. Системы координат, используемые при описании движения КА. Координаты и составляющие скорости КЛА. Система кеплеровских элементов орбиты. 1.3. Определение орбит КЛА. Понятие сферы действия притягивающего центра.	32	12	8	4	20	25	25
4	8	<b>Раздел 2. Возмущенное движение КА. Метод оскулирующих элементов орбиты.</b> 2.1. Основные возмущающие факторы, действующие на КА в полете. Сравнительная оценка влияния этих факторов. 2.2. Система уравнений для определения оскулирующих элементов орбиты. Метод конечных разностей для оценки изменений оскулирующих элементов. Вековые и периодические возмущения элементов орбиты. 2.3. Оценка влияния сжатия земного эллипсоида и сопротивления атмосферы на отклонение параметров орбиты. Время существования ИСЗ. 2.4. Трасса ИСЗ. Характер трассы, построение трассы.	31	16	10	6	15	25	25
4	8	<b>Раздел 3. Орбитальные маневры КА.</b> 3.1. Виды и общая характеристика маневров орбитального перехода и коррекции параметров орбиты. Основной вид маневра. Понятие характеристической скорости. 3.2. Изменение элементов орбиты при импульсном управлении. 3.3. Компланарные межорбитальные переходы. Гомановский и би-эллиптический компланарные переходы между круговыми орбитами. 3.4. Некомпланарный межорбитальный переход.	29	14	10	4	15	25	25
4	8	<b>Раздел 4. Межпланетные полеты.</b> 4.1. Методические аспекты расчета траекторий межпланетных перелетов. Расчет гелиоцентрического участка. 4.2. Геоцентрический участок траектории. 4.3. Движение КА в грависфере планеты-назначения. 4.4. Оптимизации схемы межпланетных перелетов. Окна запуска.	16	9	6	3	7	25	25
Всего за 8 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 1. Основные понятия механики космического полета. Невозмущенное движение космических аппаратов.	Определение орбиты межпланетного перелета методом Ламберта-Эйлера.	4
2	Раздел 2. Возмущенное движение КА. Метод оскулирующих элементов орбиты.	Построение трассы ИСЗ, в случае околокруговой орбиты. Исследование влияния периода обращения ИСЗ и угла наклона плоскости орбиты на характер трассы.	6
3	Раздел 3. Орбитальные маневры КА.	Переход между некомпланарными круговыми орбитами различных радиусов.	2
4		Оптимальное преследование маневрирующей цели КА в гравитационном поле Земли.	2
5	Раздел 4. Межпланетные полеты.	Сущность гравитационного эффекта и его использование в межпланетных перелетах	3
Всего за 8 семестр			17

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия механики космического полета. Невозмущенное	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой	20

	движение космических аппаратов.	литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	
2	Раздел 2. Возмущенное движение КА. Метод оскулирующих элементов орбиты.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	15
3	Раздел 3. Орбитальные маневры КА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	15
4	Раздел 4. Межпланетные полеты.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	7
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>57</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
8				Отч. по ПЗ		ДР			Отч. по ПЗ	ДР			Отч. по ПЗ		ТекК	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- ТекК – вопросы для текущего контроля.

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы для текущего контроля.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
2. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика и динамика космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
3. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Навигация и наведение космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
4. Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление космическими аппаратами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, эл. рес.
5. Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016, эл. рес.
6. О. А. Толпегин. Специальные задачи управления полётом летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1993, 95 экз.
7. О. А. Толпегин. . Специальные задачи управления полётом летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1993, 95 экз.
8. О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
9. Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов. М.: Лаборатория знаний, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
4. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://urait.ru> — Главная – 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.

### 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. Matlab 2015a SP1.

### **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 **ДИНАМИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-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-1 Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с реализацией космического полета: 1) нахождение параметров траектории космического аппарата (КА) по заданным характеристикам и программе движения (основная задача); 2) проектирование траектории КА; 3) анализ влияния характеристик КА на его траекторию; 4) анализ влияния возмущающих факторов на траекторию КА; 5) анализ качества управления; 6) синтез оптимального управления движением КА.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы для текущего контроля.

**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. Основные понятия механики космического полета. Невозмущенное движение космических аппаратов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (1,2,5) О. А. Толпегин. Специальные задачи управления полётом летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1993 (1) Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление космическими аппаратами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (2-5) А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1-4)	20
Итого по разделу 1		20
<b>Раздел 2. Возмущенное движение КА. Метод оскулирующих элементов орбиты.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (5,6) Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (3)	15
Итого по разделу 2		15
<b>Раздел 3. Орбитальные маневры КА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: Лаборатория знаний, 2020 (4,5) А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика и динамика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (7-9) Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление	15

	<p>космическими аппаратами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (6-8)</p> <p>Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко.</p> <p>Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (10,11,13)</p> <p>О. А. Толпегин. . Специальные задачи управления полётом летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1993 (2)</p> <p>О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (4)</p>	
Итого по разделу 3		15
<b>Раздел 4. Межпланетные полеты.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	<p>Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: Лаборатория знаний, 2020 (5)</p> <p>А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Навигация и наведение космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1)</p> <p>Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление космическими аппаратами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (8)</p> <p>А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика и динамика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (9)</p> <p>Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко.</p> <p>Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (4)</p>	7
Итого по разделу 4		7

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- вопросы для текущего контроля;
- 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.

#### Отчет по практическому заданию

Комплект практических заданий входит в состав УМК дисциплины. Практическое задание (ПЗ) считается выполненным, если студент полностью выполнил все пункты ПЗ.

Отчет по практическому заданию представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении практических заданий требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

-В начале описательной части отчета излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.

-Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы.

-Табличные данные представляются также в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.

-При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ.

-По каждому ПЗ студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

В случае, если оформление отчета соответствует указанным требованиям, и студент ответил на все вопросы преподавателя по теме ПЗ, студент получает максимальное количество баллов (5).

Основаниями для снижения количества баллов являются:

- небрежное выполнение отчета по ПЗ,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),
- ответы не на все вопросы преподавателя по теме ПЗ.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала.

#### Вопросы для текущего контроля

Студенту предлагается 3 вопроса по результатам прохождения раздела, на которые необходимо дать правильный ответ. Вопросы текущего контроля приведены в УМК дисциплины.

#### Экзамен

Промежуточный контроль по дисциплине проходит в форме экзамена.

Экзаменационный билет включает в себя 2 теоретических вопроса. Вопросы к экзамену приведены в УМК дисциплины.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он полностью ответил на вопросы экзаменационного билета и правильно ответил на 3 вопроса по содержанию курса.
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он не полностью ответил на вопросы экзаменационного билета и правильно ответил хотя бы на 1 вопрос по содержанию курса.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не ответил ни на один вопрос экзаменационного билета.
- во всех других случаях обучающемуся выставляется оценка «удовлетворительно».

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-8	ПК-1	
4	8	Раздел 1. Основные понятия механики космического полета. Невозмущенное движение космических аппаратов.	32	12	8	4	20	25	25	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 2. Возмущенное движение КА. Метод оскулирующих элементов орбиты.	31	16	10	6	15	25	25	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 3. Орбитальные маневры КА.	29	14	10	4	15	25	25	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 4. Межпланетные полеты.	16	9	6	3	7	25	25	Вопросы для текущего контроля
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	



## Оценочные материалы по дисциплине ДИНАМИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**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)"**

- № 1 Прочитайте текст и установите последовательность в каком порядке осуществляется встреча двух КА (транспортного корабля и орбитальной станции)?
1. Наведение транспортного корабля на орбитальную станцию;
  2. Причаливание и стыковка;
  3. Выведение транспортного корабля на орбиту, близкую к орбите орбитальной станции;
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
В случае одноимпульсного маневра с целью изменения наклона орбиты, в каком направлении должен прикладываться импульс? (используйте обозначения осей орбитальной системы координат S,T,W)
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Соотнесите, какие бывают виды орбит в зависимости от величины эксцентриситета
1.  $e=0$  А. эллиптические
  2.  $e=1$  Б. гиперболические
  3.  $0 < e < 1$  В. круговые
  4.  $e > 1$  Г. параболические
- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
В случае одноимпульсного маневра с целью изменения фокального параметра орбиты, в каком направлении должен прикладываться импульс?
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие элементы орбиты подвержены вековым уходам вследствие возмущающего действия атмосферы?
1. наклонение орбиты к плоскости экватора;
  2. долгота восходящего узла орбиты;
  3. эксцентриситет орбиты;
  4. фокальный параметр
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие элементы орбиты подвержены только периодическим возмущениям вследствие возмущающего влияния от нецентральной гравитационного поля Земли?
1. наклонение орбиты к плоскости экватора;
  2. долгота восходящего узла орбиты;
  3. аргумент перигея;
  4. эксцентриситет орбиты;
- № 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
В случае одноимпульсного маневра с целью изменения долготы восходящего узла орбиты, в каком направлении должен прикладываться импульс? (используйте обозначения осей орбитальной системы координат S,T,W)

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите основные возмущающие факторы и высоты, на которых их следует учитывать:

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1. На высотах до 150 км      | А. лунно-солнечные возмущения                                      |
| 2. На высотах 150-400 км     | Б. Возмущение от несферичности Земли                               |
| 3. На высотах 400-20000 км   | В. Аэродинамическое торможение                                     |
| 4. На высотах 20000-50000 км | Г. Возмущения от несферичности Земли и лунно-солнечные возмущения  |
| 5. На высотах свыше 50000 км | Д. Аэродинамическое торможение и возмущения от несферичности Земли |

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

Система уравнений невозмущенного движения КА имеет следующие первые интегралы:

1. Интеграл площадей;
2. Интеграл Кеплера;
3. Интеграл энергии;
4. Интеграл Лапласа

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

Какой первый интеграл уравнений невозмущенного движения представляет собой неизменную удвоенную секториальную скорость?

1. Интеграл Кеплера;
2. Интеграл Лапласа;
3. Интеграл площадей;
4. Интеграл энергии.

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

Что такое время существования КА?

1. Это продолжительность его полета с момента запуска ракеты-носителя до встречи с поверхностью Земли;
2. Это продолжительность его полета с момента вывода на орбиту до выхода его из строя;
3. Это продолжительность полета между двумя последовательными прохождениями перицентра орбиты;
4. Это продолжительность его полета с момента вывода на орбиту до входа в плотные слои атмосферы

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

В соответствии с методом кусочно-конической аппроксимации траектория межпланетного перелета представляется состоящей из следующих участков. Расположите их в правильной последовательности.

1. геоцентрический;
2. гелиоцентрический;
3. планетоцентрический

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

При совершении двухимпульсного маневра между некомпланарными орбитами, в какой точке выгоднее всего совершать поворот плоскости орбиты?

1. Поворот плоскости орбиты следует производить там, где скорость КА максимальна;
2. Поворот плоскости орбиты следует совершать при изменении направления траектории;
3. Поворот плоскости орбиты следует совершать при проведении первого импульса;
4. Поворот плоскости орбиты следует производить там, где скорость КА минимальна

**ПК-1 - Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА**

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

В качестве орбиты наиболее часто используются:

1. Круговая орбита, расположенная ниже орбиты орбитальной станции
2. Круговая орбита, расположенная выше орбиты орбитальной станции
3. Параболическая орбита, расположенная выше орбиты орбитальной станции
4. Эллиптическая орбита, апогей которой касается орбиты орбитальной станции

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какой характер имеет возмущение орбиты спутника вследствие возмущающего действия атмосферы?

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В случае одноимпульсного маневра с целью изменения аргумента перигея, в каком направлении должен прикладываться импульс? (используйте обозначения осей орбитальной системы координат S,T,W)

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

Вывод транспортного корабля на орбиту близкую к орбитальной станции может выполняться следующими способами:

1. Дальнее наведение;
2. Сближение по линии визирования;
3. Прямое выведение из стартовой позиции в район цели;
4. Сближение с промежуточной орбиты;

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

Недостатками метода фазирования с использованием эллиптической промежуточной орбиты по сравнению с круговой промежуточной орбитой являются:

1. При фазировании с использованием этого метода сложно соблюсти требования к начальной фазе станции;
2. Требование к точности выдерживания высоты перигея эллиптической орбиты фазирования является более высоким, чем требования к точности высоты круговой орбиты;
3. При фазировании с использованием этого метода требуются большие затраты топлива, чем при использовании круговой орбиты фазирования;
4. Длительность фазирования по этому методу примерно вдвое больше чем при фазировании с использованием круговой промежуточной орбиты.

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

ответа

Этап ближнего наведения начинается:

1. С момента захвата транспортного корабля бортовыми средствами орбитальной станции;
2. С момента захвата орбитальной станции бортовыми средствами транспортного корабля;
3. С момента, когда соотношение скоростей транспортного корабля и орбитальной станции позволит применять используемый метод наведения;
4. С момента, когда взаимная ориентация транспортного корабля и орбитальной станции позволит применять используемый метод наведения.

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

Укажите верное утверждение:

1. Если заданное время перелета больше времени перелета по эллиптической орбите, то перелет может быть реализован только по параболической орбите;
2. Если заданное время перелета меньше времени перелета по параболической орбите, то перелет может быть реализован только по гиперболической орбите;
3. Если заданное время перелета меньше времени перелета по эллиптической орбите, то перелет может быть реализован только по параболической орбите;
4. Если заданное время перелета меньше времени перелета по параболической орбите, то перелет может быть реализован только по эллиптической орбите

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите Кеплеровские элементы орбиты и характер их возмущений вследствие нецентральности гравитационного поля Земли:

- |                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Долгота восходящего узла орбиты | А. периодические возмещения |
| 2. Фокальный параметр              | Б. вековые возмущения       |
| 3. Эксцентриситет                  |                             |
| 4. Аргумент перицентра             |                             |
| 5. Наклонение орбиты               |                             |

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

установите правильную последовательность приложения импульсов при биэллиптическом переходе между компланарными круговыми орбитами (переход на более высокую орбиту):

1. Ускоряющий импульс для перехода на орбиту, радиус перицентра которой равен радиусу второй круговой орбиты
2. Замедляющий импульс для перехода на вторую круговую орбиту
3. Ускоряющий импульс для перехода на переходную орбиту, апоцентр которой выше второй круговой орбиты

№ 10 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие - какая из указанных систем координат (СК) является инерциальной, а какая неинерциальной

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. Гринвичская СК | А. Инерциальная   |
| 2.                | Б. Неинерциальная |

Геоцентрическая  
экваториальная

3.

Геоцентрическая  
перигецентрическая

4. Орбитальная  
СК

5.

Геоцентрическая  
эклиптическая

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

укажите верную последовательность поворотов при переходе от геоцентрической экваториальной системы координат к геоцентрической перигецентрической.

1. Поворот на аргумент перигецентра
2. Поворот на долготу восходящего узла орбиты
3. Поворот на наклонение орбиты

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

Возмущение высоты полета искусственного спутника Земли (ИСЗ) в результате действия возмущений от несферичности Земли происходит следующим образом:

1. ИСЗ «проседает» в районе перигецентра орбиты и «поднимается» в районе апоцентра
2. ИСЗ «поднимается» над экваториальными областями и «проседает» в районе апоцентра
3. ИСЗ «поднимается» над экваториальными областями и «проседает» над полюсами
4. ИСЗ «проседает» над экваториальными областями и «поднимается» над полюсами