


УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета


(подпись) Юнаков Л. П.
ФИО

«31» 05 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Направление/специальность
подготовки

24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения
космической техники

Специализация/профиль/программа
подготовки

Проектная баллистика ракет и космических систем

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.
5	9	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	ЭКЗ.
ВСЕГО		6	216	119	68	0	51	97	0	0	97	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники

год набора группы: 2022

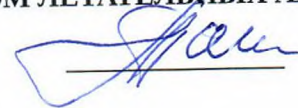
Программу составил:

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 Толпегин О.А., д.т.н., проф.



Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКИХ 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-5 — способность проводить системный и критический анализ мировых достижений в области ракетостроения и космической техники, тенденций развития навигационно-баллистического обеспечения применения космической техники
ПСК-2 — Способность к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
ПСК-3 — Способность к проведению анализа летно-технических характеристик ЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-5

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.

ПСК-2

знания:

- 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 КА, уметь использовать методические приемы упрощения моделей движения КА;

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.

ПСК-3

знания:

- знать теорию невозмущенного и возмущенного движения ракет и космических аппаратов, краевые задачи баллистики, задачи оптимизации траекторий КА;
- знать состав и особенности построения и применения математических моделей КА 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 КА, уметь использовать методические приемы упрощения моделей движения КА;

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 **ТЕОРИЯ ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.04 *Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ОСНОВЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В БАЛЛИСТИКЕ, СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛА, ИГРОВЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, УНИРС, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности
- ОПК-6 — Способен разрабатывать физические и математические модели объектов космических и ракетно-транспортных систем, и процессов их управления
- ПСК-2 — Способность к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
- ПСК-3 — Способность к проведению анализа летно-технических характеристик ЛА
- ПСК-4 — Способность к определению назначения системы управления БПЛА
- ПСК-5 — Способность к разработке структуры систем управления БПЛА
- ПСК-6 — Способность к разработке и исследованию алгоритмов функционирования системы управления БПЛА

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 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	ПСК-2	ПСК-3
4	8	Раздел 1. Основные понятия механики космического полета. Невозмущенное движение космических аппаратов (КА). 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	15	15	15
4	8	Раздел 2. Возмущенное движение КА. Метод оскулирующих элементов орбиты. 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	15	15	15
4	8	Раздел 3. Орбитальные маневры КА. 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	15	15	15
4	8	Раздел 4. Межпланетные полеты. 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	10	10	10
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	55	55	55
5	9	Раздел 5. Маневры КА с малой тягой. 1.1. Математическая модель движения КА с двигателем малой тяги 1.2. Исследование движения КА при простых законах управления вектором тяги. 1. 2.1. Трансверсальная тяга 1.2.2. Нормальная тяга.	21	12	6	6	9	10	10	10
5	9	Раздел 6. Сближение космических аппаратов. 2.1. Маневры сближения и встречи на орбите. 2.2. Дальнее наведение. Фазирующие орбиты. 2.3. Уравнения относительного движения транспортного КА и орбитальной станции. 2.4. Методы ближнего наведения.	26	16	8	8	10	10	10	10
5	9	Раздел 7. Ориентация КА. 3.1. Формулировка задачи ориентации КА. Уравнения движения КА относительно центра масс. 3.2. Моменты сил, действующие на КА. 3.3. Методы и системы пассивной стабилизации. 3.4. Управление движением КА относительно центра масс.	26	16	8	8	10	10	10	10
5	9	Раздел 8. Спуск КА с орбиты. 3.1. Классификация режимов спуска. Внеатмосферный участок спуска. Участок основного аэродинамического торможения. Участок мягкой посадки на Землю. 3.2. Принципы синтеза систем управления спуском (СУС). 3.3. Спуск КА с межпланетной орбиты.	23	16	8	8	7	10	10	10
5	9	Раздел 9. Расчет движения КА относительно наземных пунктов. 4.1 Зона радиовидимости. 4.2 Освещенность КА и подспутниковых точек.	12	8	4	4	4	5	5	5
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	45	45	45
Всего по дисциплине			216	119	68	51	97	100	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 (КА).	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	6

		обращения ИСЗ и угла наклона плоскости орбиты на характер трассы.	
3	Раздел 3. Орбитальные маневры КА.	Оптимальное преследование маневрирующей цели КА в гравитационном поле Земли.	2
4		Переход между некомпланарными круговыми орбитами различных радиусов.	2
5	Раздел 4. Межпланетные полеты.	Сущность гравитационного эффекта и его использование в межпланетных перелетах	3
Всего за 8 семестр			17
6	Раздел 5. Маневры КА с малой тягой.	Межорбитальный переход с малой тягой. Решение задачи оптимального управления о межорбитальном переходе за минимальное время.	2
7		Построение траектории маневра между некомпланарными орбитами.	4
8	Раздел 6. Сближение космических аппаратов.	Оптимизация траекторий сближения.	8
9	Раздел 7. Ориентация КА.	Возмущающие моменты, действующие на КА произвольной формы. Оценка относительного влияния моментов различных сил.	4
10		Управление движением КА вокруг центра масс с использованием двигателей-маховиков	2
11		Управление движением КА вокруг центра масс реактивными двигателями ориентации	2
12	Раздел 8. Спуск КА с орбиты.	Определение оптимальной траектории управляемого спуска ИСЗ в атмосфере Земли.	8
13	Раздел 9. Расчет движения КА относительно наземных пунктов.	Зона обзора КА на поверхности Земли	4
Всего за 9 семестр			34

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 движение космических аппаратов (КА).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	20
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
Всего за 8 семестр			57
5	Раздел 5. Маневры КА с малой тягой.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	9
6	Раздел 6. Сближение	Изучение предусмотренных программой	10

	космических аппаратов.	дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	
7	Раздел 7. Ориентация КА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	10
8	Раздел 8. Спуск КА с орбиты.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	7
9	Раздел 9. Расчет движения КА относительно наземных пунктов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	4
Всего за 9 семестр			40

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		Тест	ДР	
9				Отч. по ПЗ		ДР	Тест		Отч. по ПЗ	ДР			Отч. по ПЗ		Тест	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Тест – тест.

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- тест.

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, М. В. Михайлов. . Ориентация, выведение, сближение и спуск космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, 20 экз.
5. Е. А. Микрин, М. В. Михайлов. Ориентация, выведение, сближение и спуск космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017, эл. рес.
6. 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.
7. Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление космическими аппаратами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, 20 экз.
8. Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016, эл. рес.
9. Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. . Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, 30 экз.
10. О. А. Толпегин. . Специальные задачи управления полётом летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1993, 95 экз.
11. О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
12. Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов. М.: Лаборатория знаний, 2020, эл. рес.
13. Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013, 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. <https://urait.ru> — Главная – 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 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
4. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
5. <https://ibooks.ru/> - Электронно-библиотечная система ibooks.ru;
6. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Репозиторий библиотеки "БГТУ" ВОЕНМЕХ им. Д.Ф. Устинова: Главная страница — 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 - 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 **ТЕОРИЯ ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники*. 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-5 способность проводить системный и критический анализ мировых достижений в области ракетостроения и космической техники, тенденций развития навигационно-баллистического обеспечения применения космической техники;

ПСК-2 Способность к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов;

ПСК-3 Способность к проведению анализа лётно-технических характеристик ЛА.

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;
- тест.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**51 ч.**), самостоятельная работа студента (**97 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 119 ч. аудиторных занятий, и 97 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.
Раздел 1. Основные понятия механики космического полета. Невозмущенное движение космических аппаратов (КА).		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	<p>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)</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 (2-5)</p> <p>О. А. Толпегин. . Специальные задачи управления полётом летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1993 (1)</p> <p>Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (1,2,5)</p> <p>Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. . Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1,2,5)</p> <p>А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1-4)</p>	20
Итого по разделу 1		20
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.	<p>А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (5,6)</p> <p>Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (3)</p>	15
Итого по разделу 2		15
Раздел 3. Орбитальные маневры КА.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (10,11,13)	15

Оформление отчетов по практическим работам.	<p>О. А. Толпегин. . Специальные задачи управления полётом летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1993 (2)</p> <p>Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 (4,5)</p> <p>О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (4)</p> <p>А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика и динамика космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (7-9)</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 (6-8)</p>	
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Межпланетные полеты.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	<p>Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (4)</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>Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 (5)</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>	7
Итого по разделу 4		7
Раздел 5. Маневры КА с малой тягой.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	<p>Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление космическими аппаратами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (6)</p> <p>Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (10,11,13)</p>	9
Итого по разделу 5		9
Раздел 6. Сближение космических аппаратов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	<p>Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление космическими аппаратами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (7)</p> <p>Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: Лаборатория знаний, 2020 (4)</p> <p>А. С. Шальгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика и динамика</p>	10

	космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (8)	
Итого по разделу 6		10
Раздел 7. Ориентация КА.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	Е. А. Микрин, М. В. Михайлов. . Ориентация, выведение, сближение и спуск космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (2) Е. А. Микрин, М. В. Михайлов. Ориентация, выведение, сближение и спуск космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (2)	10
Итого по разделу 7		10
Раздел 8. Спуск КА с орбиты.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	О. А. Толпегин. . Специальные задачи управления полётом летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1993 (3) Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (14) А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Навигация и наведение космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1) Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: Лаборатория знаний, 2020 (6) Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление космическими аппаратами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (10)	7
Итого по разделу 8		7
Раздел 9. Расчет движения КА относительно наземных пунктов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016 (8)	4
Итого по разделу 9		4

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- тест;
- экзамен;
- 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

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.

Тест

Тест включает в себя от 5 до 10 вопросов по материалам раздела курса.

Прохождение теста считается успешным при правильном ответе не менее чем на 60% вопросов.

Комплект типовых тестовых вопросов включён в состав УМК дисциплины.

Экзамен

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

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».

Экзамен

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

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-5	ПСК-2	ПСК-3	
4	8	Раздел 1. Основные понятия механики космического полета. Невозмущенное движение космических аппаратов (КА).	32	12	8	4	20	15	15	15	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 2. Возмущенное движение КА. Метод оскулирующих элементов орбиты.	31	16	10	6	15	15	15	15	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 3. Орбитальные маневры КА.	29	14	10	4	15	15	15	15	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 4. Межпланетные полеты.	16	9	6	3	7	10	10	10	Тест
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	55	55	55	
5	9	Раздел 5. Маневры КА с малой тягой.	21	12	6	6	9	10	10	10	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 6. Сближение космических аппаратов.	26	16	8	8	10	10	10	10	Тест
5	9	Раздел 7. Ориентация КА.	26	16	8	8	10	10	10	10	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 8. Спуск КА с орбиты.	23	16	8	8	7	10	10	10	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 9. Расчет движения КА относительно наземных пунктов.	12	8	4	4	4	5	5	5	Тест
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	45	45	45	
Всего по дисциплине			216	119	68	51	97	100	100	100	