

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.06.2022 15:20:57
Уникальный программный ключ:
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов»**

Инженерная академия

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность
планеты**

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной
образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

Баллистическое проектирование космических комплексов и систем
(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность планеты» является формирование у обучающихся современных принципов и методов управления космического аппарата при спуске в атмосфере Земли.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность планеты» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.2 Определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи; УК-1.3 Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов; УК-1.4 Предлагает варианты решения задачи, анализирует возможные последствия их использования
ПК-1	Способен формулировать цели, задачи научных исследований в области прикладной математики и информатики, вычислительной техники и современных технологий программирования, выбирать методы и средства решения задач	ПК-1.1 Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий ПК-1.2 Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области прикладной математики и информатики, вычислительной техники и современных технологий программирования ПК-1.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области прикладной математики и информатики, вычислительной техники и современных технологий программирования
ПК-2	Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки и участвовать в их реализации в виде программных продуктов	ПК-2.1 Знает современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей, инновационные инструментальные средства проектирования и элементы архитектурных решений информационных систем ПК-2.2 Умеет разрабатывать и реализовывать алгоритмы математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования ПК-2.3 Имеет практический опыт разработки вариантов реализации информационных систем с использованием инновационных инструментальных средств
ПК-3	Способен участвовать в проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и	ПК-3.1 Знает основные математические методы и современные инструментальные средства в области баллистического проектирования космических комплексов и систем ПК-3.2 Владеет базовыми знаниями по стандартам,

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	управления полетами космических аппаратов	нормам и правилами разработки проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов ПК-3.3 Умеет применять математические методы и современные информационные технологии при проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность планеты» относится к обязательной части блока Б1.О.02.08.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность планеты».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	История и методология науки Прикладные задачи математического моделирования Численные методы решения задач математического моделирования Проектирование орбитальных структур спутниковых систем Проектирование межпланетных траекторий космических аппаратов Проектирование орбитальных тросовых систем Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов	Преддипломная практика Государственный экзамен Выпускная квалификационная работа
ПК-1	Способен формулировать цели, задачи научных исследований в области прикладной математики и информатики, вычислительной техники и современных	Проектирование орбитальных структур спутниковых систем Проектирование межпланетных траекторий космических аппаратов Проектирование орбитальных тросовых	Преддипломная практика Государственный экзамен Выпускная квалификационная работа

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	технологий программирования, выбирать методы и средства решения задач	систем Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов	
ПК-2	Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки и участвовать в их реализации в виде программных продуктов	Проектирование орбитальных структур спутниковых систем Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов Тематическая интерпретация данных дистанционного зондирования Земли	Преддипломная практика Государственный экзамен Выпускная квалификационная работа
ПК-3	Способен участвовать в проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов	Проектирование орбитальных структур спутниковых систем Проектирование межпланетных траекторий космических аппаратов Проектирование орбитальных тросовых систем Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов Орбитальное обслуживание космических аппаратов Основы управления космическим движением Прогнозирование засоренности космического пространства	Преддипломная практика Государственный экзамен Выпускная квалификационная работа

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность планеты» составляет 4 зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)
		3
Контактная работа, ак.ч.	108	108
в том числе:		
Лекции (ЛК)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		3	
Практические/семинарские занятия (СЗ)	17	17	
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	57	57	
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	36	36	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	114	144
	зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Баллистика и навигация космических аппаратов	Тема 1.1 Основные понятия и определения. Типы космических аппаратов. Аэродинамическая компоновка космических аппаратов. Органы управления космических аппаратов: «Союз МС», «Прогресс-МС»	ЛК
	Тема 1.2. Математическая модель движения КА. Используемая система координат, параметры движения. Понятие инерциальных и неинерциальных систем координат. Фундаментальная СК J2000. Гринвичская СК. Орбитальная, скоростная, связанная СК. Стартовая, топоцентрическая, приборная СК.	ЛК
	Тема 1.3 Кеплеровы элементы орбиты.	ЛК
	Тема 1.4 Математическая модель движения КА. Система дифференциальных уравнений движения. Уравнения движения центра масс. Расчёт действующих сил. Уравнения движения вокруг центра масс. Расчёт действующих моментов.	ЛК
	Тема 1.5 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕВОЗМУЩЁННОГО ДВИЖЕНИЯ.	
	Тема 1.6 Модели атмосферы Земли. Динамическая модель атмосферы. Статическая модель атмосферы. Модель вариаций параметров атмосферы	
	Тема 1.7 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПУСКАЕМЫХ АППАРАТОВ. Типы аэродинамической компоновки возвращаемых аппаратов. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИЛЫ И МОМЕНТЫ	
	Тема 1.8. Модели работы двигательных установок. Формула Циолковского и её применение для расчёта участка работы ДУ. Разброс параметров ДУ и их влияние на траектории спуска. Расчёт V_1 V_2 . Аналитический расчёт оптимального угла тангажа вектора тяги ДУ. Модель работы ДУ “на подушке”	ЛК
	Тема 1.9 Классификация навигационных систем. Типы автономных навигационных систем и принципы их работы.	ЛК
	Тема 1.10 Модели гравитационного поля Земли. Модель центрального гравитационного поля. Модель гравитационного поля с учётом полярного	ЛК

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	сжатия Земли. Модель гравитационного поля с учётом гармоник	
Раздел 2. Методы расчёта параметров траекторий спуска КА	<p>Тема 2.1 Расчёт основных параметров траектории спуска КА. Расчёт элементов предпусковой орбиты.</p> <p>Расчёт высоты полёта. Расчёт угловой дальности</p> <p>Расчёт азимута подхода СА к точке посадки</p> <p>Расчёт удаления от точки посадки. Расчёт $T1, V1, T2, V2$</p> <p>Тема 2.2. Решение краевой задачи прицеливания при спуске с орбиты</p> <p>Тема 2.3 Приближённый расчёт равновесной температуры корпуса КА. Приближённый расчёт параметров плазменной оболочки КА.</p> <p>Модель разрушения КА при спуске в плотных слоях атмосферы</p> <p>Тема 2.4 Методы расчёта рассеивания траекторий спуска</p> <p>Тема 2.5 Расчёт зон видимости и целеуказаний наземным пунктам. Расчёт параметров освещённости Солнцем. Расчёт времени входа в тень и выхода из тени Расчёт номера суточного витка</p> <p>Расчёт угла $CO3$</p> <p>Тема 2.6 Расчёт траекторий относительного движения двух КА</p>	ЛК
Раздел 3 Решение баллистических задач спуска КА на Землю	<p>Тема 3.1 Организация спуска КА в атмосфере Земли</p> <p>Тема 3.2 Участок построения ориентации. Участок активного торможения. Внеатмосферный участок спуска. Участок мягкой посадки</p> <p>Тема 3.3 Задачи управления движением КА на атмосферном участке спуска</p> <p>Тема 3.4 Задачи баллистики спуска на этапах жизненного цикла космического комплекса</p>	ЛК
Раздел 4 Баллистическое проектирование безопасного завершения полёта орбитального беспилотного КА	<p>Тема 4.1 Обсуждение проблемы. Постановка задачи</p> <p>Тема 4.2 Сравнительный анализ критериев оптимизации для случая входа в атмосферу на границе захвата</p> <p>Тема 4.3 Сглаживающие полиномы в задаче оптимизации программы тангажа вектора тяги</p> <p>Тема 4.4 Примеры численного решения задачи оптимизации схода КА с орбиты</p>	ЛК, СЗ
Раздел 5 Баллистическое проектирование спуска орбитального корабля для безопасной посадки спускаемого аппарата с малым аэродинамическим качеством на территории России	<p>Тема 5.1 Задачи спуска и безопасной посадки ПТК на территории России</p> <p>Тема 5.2 Задачи баллистического проектирования спуска ПТК</p> <p>Тема 5.3 Баллистическое обоснование возможности создания комбинированной системы управления спуском с использованием спутниковой навигационной информации. Баллистическое проектирование номинальной траектории спуска для обеспечения оптимальных условий работы комбинированной СУС</p> <p>Тема 5.4 Схема функционирования</p>	ЛК, СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	комбинированной СУС. Синтез комплекса бортовых алгоритмов терминального наведения ВА на конечном участке спуска Тема 5.5 Анализ проблем управления движением ВА вокруг центра масс Тема 5.6 Метод решения задачи прицеливания для высокоточного управления спуском с орбиты ИСЗ. Тема 5.7 Варианты трасс спуска перспективного пилотируемого корабля	

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	Перечень специализированного лабораторного оборудования, установок, стендов и т.д.
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Перечень специализированного оборудования, стендов, наглядных плакатов и т.д.
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ___шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Перечень специализированного программного обеспечения, установленного на компьютеры для освоения дисциплины (модуля)
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Аким Э.Л., Бажинов И.К., Павлов В.П., Почукаев В.Н. Поле тяготения Луны и движение её искусственных спутников. Под ред. акад. В.С. Авдуевского. – М.:Машиностроение, 1984, 288с.
- 2.
3. Андреевский В.В. Динамика спуска космических аппаратов на Землю. М.: Машиностроение, 1970.
4. Атмосфера Земли верхняя. Модель плотности для баллистического обеспечения полётов искусственных спутников Земли. ГОСТ 25645.115-84.
5. Атмосфера стандартная. Параметры. ГОСТ 4401-73.
6. Беренов Н.К., Бранец В.Н., Евдокимов С.Н., Климанов С.И., Комарова Л.И., Микрин Е.А., Рыжков В.С., Самитов Р.М. Система управления спуском космического аппарата “Союз ТМА”. “Гироскопия и навигация”, №3, 2004.
7. Горбатенко С.А., Макашов Э.М., Полушкин Ю.Ф., Шефтель Л.В. Механика полёта. Инженерный справочник. М.: Машиностроение, 1969.
8. Государственная система координат “Параметры Земли 1990 года” (ПЗ-90).
9. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика. М.: Машиностроение, 2005.
10. Иванов Н.М., Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация ЛА. М.: Машиностроение, 1986.
11. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Дрофа, 2004.
12. Левантовский В.И. Механика космического полёта в элементарном изложении. М.: Наука, 1980.
13. Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф., Сихарулидзе Ю.Г. Алгоритмы управления космическим аппаратом при входе в атмосферу. М.: Наука, 1975.
14. Сихарулидзе Ю.Г. и др. Этап основного торможения для выполнения мягкой посадки на поверхность Луны как один из видов коррекции траектории. Вестник НПО им.Лавочкина 5/2012.
15. Сихарулидзе Ю.Г. и др. Заключительные этапы торможения и методика расчётов параметров управления движением КА, совершающего мягкую посадку на Луну. Вестник НПО им.Лавочкина 1/2013
16. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика летательных аппаратов. М.: Наука, 1982.
17. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. М.: Бином, 2015.
19. Шунейко И.И. Пилотируемые полёты на Луну. Конструкция и характеристики Saturn V Apollo. М.: ВИНТИ, Итоги науки и техники, 1973, т.3.
20. Эльясберг П.Е. Введение в теорию полёта искусственного спутника Земли. М.: Наука, 1965.

Дополнительная литература:

1. Алёшин В.И. и др. Мониторинг техногенного засорения околоземного пространства и предупреждение об опасных ситуациях, создаваемых космическим мусором. Под ред. Ю.Н. Макарова. Рязань: ЦНИИмаш, 2015. 243 с.
2. Шевченко В.В. Современная селенография. М.: Наука, 1980. 288 с.2.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность планеты».
2. Лабораторный практикум по дисциплине «Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность планеты» (при наличии лабораторных работ).
3. Методические указания по выполнению и оформлению курсовой работы/проекта по дисциплине «Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность планеты» (при наличии КР/КП).

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Проектирование траекторий спуска космических аппаратов на поверхность планеты» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

РАЗРАБОТЧИКИ:

Ст. преп. ДМПУ



Морозова Т.А.

Должность, БУП

Подпись

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:
ДМПУ**



Разумный Ю.Н.

Наименование БУП

Подпись

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:
Профессор ДМПУ**

Разумный Ю.Н.

Должность, БУП

Подпись

Фамилия И.О.