

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о создателе:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.06.2022 15:20:37
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 межпланетных траекторий космических аппаратов

(наименование дисциплины)

Рекомендовано МССН для направления подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

(код и наименование направления подготовки)

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

Баллистическое проектирование космических комплексов и систем

(наименование (направленность/профиль) ОП ВО)

Форма обучения: **очная**

2022 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Проектирование межпланетных траекторий космических аппаратов» является получение знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области проектированию траекторий межпланетного перелета, под которым понимается полет космического аппарата к планетам Солнечной системы, астероидам и кометам, характеризующих этапы формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение математических моделей, описывающих движение космического аппарата в солнечной системе и его функционирование;
- обучение студентов корректной постановке и решению задач, связанных с проектированием траекторий межпланетного перелета.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

Код компетенции	Наименование компетенции	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;
ОПК-2	Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.1 Владеет математическими методами, основами программирования и специализированными системами программирования для реализации алгоритмов решения прикладных задач; ОПК-2.2 Умеет осуществлять выбор и адаптацию математических методов и программного обеспечения к решению практических задач; ОПК-2.3 Владеет навыками разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач в области профессиональной деятельности;
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Разрабатывает математические модели в области прикладной математики и информатики; ОПК-3.2 Анализирует математические модели для решения прикладных задач

		<p>профессиональной деятельности;</p> <p>ОПК-3.3 Разрабатывает и анализирует новые математические модели для решения прикладных задач профессиональной деятельности в области прикладной математики и информатики;</p>
ПК-1	<p>Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям, в том числе данные дистанционного зондирования Земли</p>	<p>ПК-1.1 Знает современные методы того, как собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям;</p> <p>ПК-1.2 Умеет применять современные методы и средства для обработки и интерпретации данные научных исследований;</p> <p>ПК-1.3 Владеет основными навыками сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям;</p>
ПК-3	<p>Способен участвовать в проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов</p>	<p>ПК-3.1 Знает основные математические методы и современные инструментальные средства в области баллистического проектирования космических комплексов и систем;</p> <p>ПК-3.2 Владеет базовыми знаниями по стандартам, нормам и правилами разработки проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов;</p> <p>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;</p>

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО:

Дисциплина «Проектирование межпланетных траекторий космических аппаратов» относится к базовой части блока Б1.О.02.02

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Технологии программирования»

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

Код компетенции	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	Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов	-
ОПК-2	Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов Основы управления космическим движением	-
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	Прикладные задачи математического моделирования Численные методы решения задач математического моделирования	-
ПК-1	Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям, в том числе данные дистанционного зондирования Земли	Прикладные задачи математического моделирования Численные методы решения задач математического моделирования	-
ПК-3	Способен участвовать в проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов	Прикладные задачи математического моделирования Численные методы решения задач математического моделирования Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов	Тематическая интерпретация данных дистанционного зондирования Земли

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		1
Лекции (ЛК)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
Практические/семинарские занятия (СЗ)	17	17
Курсовая работа (КР)	0	0
Самостоятельная работа обучающегося, ак.ч.	93	93
Контроль (экзамен), ак.ч.	36	36
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	180
	зач.ед.	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Виды учебной работы
Семестр 1		
Раздел 1 Введение.	Тема 1.1. Особенности строения Солнечной системы с точки зрения реализации межпланетных перелетов. Тема 1.2. Особенности движения КА с двигателем большой и малой тяги. Тема 1.3. Оптимизационная постановка задачи межпланетного перелёта.	Л, ЛР, СЗ
Раздел 2 Прямые и сложные маршруты межпланетных полетов	Тема 2.1. Типовые схемы полета межпланетного космического аппарата. Тема 2.2. Анализ гелиоцентрического участка. Задача Ламберта. Оптимизация дат старта и времени полета. Окна запуска. Синодический период планеты и повторяемость окон старта. Тема 2.3. Задача маршрутизации при сложных схемах перелёта (облёт группы астероидов, перелёты с множественными гравитационными манёврами). Многоэкстремальность сложных маршрутов.	Л, ЛР, СЗ
Раздел 3 Анализ околопланетных участков траектории межпланетных КА	Тема 3.1. Входные данные для анализа околопланетного участка траектории. Анализ проблемы существования решения при реализации вектора гиперболического избытка скорости. Тема 3.2. Возможность использования нескольких включений двигательной установки при реализации околопланетных траекторий.	Л, ЛР, СЗ
Раздел 4 Оптимизация числа импульсов на	Тема 4.1. Оптимальный n-импульсный перелёт. Задача Лоудена. Условия оптимальности дополнительного импульса в глубоком космосе. Базис вектор Лоудена. Тема 4.2. Решение задачи Лоудена последовательным	Л, ЛР, СЗ

гелиоцентрическое участке траектории межпланетных КА	улучшением решения задачи Ламберта.	
Раздел 5 Гравитационный маневр при межпланетных перелетах	Тема 5.1. Использование гравитационного поля промежуточной планеты для изменения характеристик гелиоцентрической траектории КА. Тема 5.2. Активный гравитационный манёвр, использование дополнительного импульса скорости в грависфере промежуточной планеты для увеличения угла поворота асимптоты гиперболы. Оптимизация схем перелета с гравитационным маневром.	Л, ЛР, СЗ
Раздел 6 Траектории КА с двигателем малой тяги (электроракетных двигательных установок)	Тема 6.1. Математические модели функционирования ЭРДУ: идеально-регулируемы двигатель ограниченной мощности (ОМ - задача), двигатель ограниченной тяги (ОТ - задача). Тема 6.2. Использование ЭРДУ на геоцентрическом и планетоцентрическом участках перелета. Тема 6.3. Задача оптимального управления КА с ЭРДУ с целью максимизации конечной массы в ОМ- и ОТ- постановках. Тема 6.4. Задача оптимального быстрогодействия при наборе параболической скорости КА с ЭРДУ. Условия оптимальности: формализм принципа максимума Понтрягина. Тема 6.5. Методы решения краевой задачи принципа максимума.	Л, ЛР, СЗ
Раздел 7 Перелёт к Луне	Тема 7.1. Расчёт импульсных траекторий перелета между Луной и Землей методом точечных сфер действия. Использование задачи Ламберта. Тема 7.2. Задача перелёта к Луне в возмущённой модели движения. Тема 7.3. Схемы перелёта с посадкой на Луну, выходом окололунную орбиту и последующим возвращением к Земле.	Л, ЛР, СЗ
Раздел 8 Оптимальная посадка на безатмосферное тело и взлёт с него	Тема 8.1. Посадка с подлётной траектории межпланетного КА и промежуточной орбиты. Тема 8.2. Оптимальное управление КА на основном участке посадки. Тема 8.3. Конечный этап посадки: аналитическое решение задачи оптимального управления.	Л, ЛР, СЗ
Раздел 9 Анализ траекторий межпланетных перелетов при возврате КА к Земле	Тема 9.1. Схема межпланетного перелета КА, возвращающегося к Земле. Тема 9.2. Оптимизации основных характеристик схемы межпланетного перелета с возвращением к Земле.	Л, ЛР, СЗ
Раздел 10 Ограниченная круговая задача трёх тел.	Тема 10.1. Использование решений ОКЗТТ в качестве рабочих орбит межпланетных аппаратов. Тема 10.2. Проектирования «низкоэнергетических» перелётов.	Л, ЛР, СЗ

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	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций	
Лабораторная	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием	Anaconda Python 3
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	Anaconda Python 3

аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается обязательно

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Астродинамика. Суханов А.А., М.: ИКИ, 2010 – 203 с.;
2. Движение по орбитам. Рой А., М.: Мир, 1981 – 545 с.;

3. Теория межпланетных перелетов. Гаруздян Г.А., М.: Наука, 1992 – 353 с.;
4. Теория орбит. Задача трёх тел. Себехей В., М.: Наука, 1982 – 655 с.;
5. Баллистика и наведение летательных аппаратов. Сихарулидзе Ю.Г., М.: Бином, 2013 – 407 с.;
6. Механика космического полета. Константинов М.С., Каменков Е.Ф., Перельгин Б.П., Безвербый В.К., М.: Машиностроение, 1989 – 407 с.;
7. Проектирование космических аппаратов с двигателями малой тяги. Гришин С.Д., Захаров Ю.А., Оделевский В.К., М.: Машиностроение, 1990 - 224 с.;
8. Механика космического полета. Орбитальное движение Часть I и II. Учебное пособие. Мирер С.А., 2007 – 108 с. и 81 с.;
9. Оптимизация межпланетных траекторий космических аппаратов с идеально-регулируемым двигателем методом продолжения. В.Г. Петухов, Космические исследования, 2008, том 46, № 3, с. 224-237;
10. Область существования решений в задаче оптимального управления космическим аппаратом с ограниченной тягой. А.В. Иванюхин, Современная математика. Фундаментальные направления. 2016, том 62, с. 100–123;
11. Сборник задач по небесной механике и космодинамике. Балк М.В., Демин В.Г., Куницын А.Л., М.: Наука, 1972 – 336 с;

б) дополнительная литература

12. Динамика Солнечной системы. Мюррей К., Дермотт С., М.: Физматлит, 2010 - 588 с.;
13. Прогнозирование межпланетных полетов. Соловьев Ц.В., Тарасов Т.В., М.: Машиностроение, 1973 – 400 с.;
14. Механика космического полета. Часть 2. Межорбитальные перелеты. Учебно-методическое пособие. В.Г. Петухов, 2005 – 32 с.;
15. Расчет движения космического аппарата с малой тягой. Математические методы в динамике космических аппаратов № 5. Лебедев В.И., М.: ВЦ АН СССР, 1968 – 108 с.;
16. Lunar and Interplanetary Trajectories. Biesbroek R., Springer, 2016 – 228 p.;
17. Dynamical Systems, the Three-Body Problem and Space Mission Design. Koon W.S., Lo M.W., Marsden J. E., Ross S.D., Free online Copy: Marsden Books, 2006 – 331 p.

в) научные журналы

18. Космические исследования. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 1967 - н.в. (<http://www.maik.ru/ru/journal/kosiss/>)
19. Acta Astronautica. London: Elsevier S&T, 1955 – till present. (<http://www.journals.elsevier.com/acta-astronautica/>)
20. Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. Springer, 1969 - till present. (<http://www.springer.com/astronomy/astrophysics+and+astroparticles/journal/10569>)
21. Journal of Guidance, Control, and Dynamics. American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), 1978 - till present. (<http://arc.aiaa.org/loi/jgcd>).

г) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

- 1) Электронно-библиотечная система (ЭБС) РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:
 - 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 «Технологии программирования»

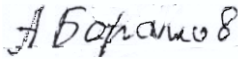


* все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины в ТУИС

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 «Теория автоматического управления» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

* Ом и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта

РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор ДМПУ		Баранов А.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.