

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 31.05.2024 11:25:53
Уникальный программный ключ:
ca953a01204891083f939673078ef1a989dae18a

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

Инженерная академия

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

SPACE FLIGHT MECHANICS

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

27.03.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

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

DATA ENGINEERING И УПРАВЛЕНИЕ КОСМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2024 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Space Flight Mechanics» входит в программу бакалавриата «Data Engineering и управление космическими системами» по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах» и изучается в 3, 4, 5, 6, 7 семестрах 2, 3, 4 курсов. Дисциплину реализует Кафедра механики и процессов управления. Дисциплина состоит из 12 разделов и 56 тем и направлена на изучение теоретических основ механики космического полета, прогнозирования движения космических аппаратов, теории маневрирования, траекторных измерений и межпланетных перелетов. Особое внимание уделяется разбору методов решения типовых задач и анализу области их применения в профессиональной деятельности.

Целью освоения дисциплины является формирование фундаментальных знаний и навыков применения методов механики космического полета решения задач космонавтики, необходимых для профессиональной деятельности и освоения последующих дисциплин.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Space Flight Mechanics» 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)
ОПК-1	Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	ОПК-1.1 Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук; ОПК-1.2 Умеет использовать их в профессиональной деятельности; ОПК-1.3 Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний;
ОПК-11	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-11.1 Знает цифровые методы и технологии применяемые в профессиональной деятельности; ОПК-11.2 Умеет применять цифровые методы и технологии в профессиональной деятельности для изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации; ОПК-11.3 Уверенно владеет цифровыми методами и технологиями в профессиональной деятельности (в области управления в технических системах) для: изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации;
ОПК-2	Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)	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 использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью	ОПК-3.1 Знает теоретические основы и принципы математического моделирования; ОПК-3.2 Умеет разрабатывать и использовать методы математического моделирования, информационные технологии для решения задач прикладной математики;

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	совершенствования в профессиональной деятельности	ОПК-3.3 Владеет практическими навыками решения задач прикладной математики, методами математического моделирования, информационными технологиями и основами их использования в профессиональной деятельности, навыками профессионального мышления и арсеналом методов и подходов, необходимыми для адекватного использования методов современной математики в теоретических и прикладных задачах;
ОПК-6	Способен разрабатывать и использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-6.1 Знает основные алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности; ОПК-6.2 Умеет применять алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности; ОПК-6.3 Уверенно владеет алгоритмами и и программами, современными информационными технологиями, методами и средствами контроля, диагностикой и управлением, пригодными для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности;
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	ПК-1.1 Знает современные методы того, как собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям; ПК-1.2 Умеет применять современные методы и средства для обработки и интерпретации данные научных исследований; ПК-1.3 Владеет основными навыками сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям;
ПК-2	Способен участвовать в разработке схмотехнической документации на систему управления полетами ракет-носителей и космических аппаратов, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок	ПК-2.1 Знает основные подходы к разработке математических моделей узлов, функциональных модулей и приборов системы управления полетами ракет-носителей и космических аппаратов; ПК-2.2 Умеет составлять аналитические обзоры и научно-технические отчеты по результатам исследований и разработок; ПК-2.3 Имеет навыки проектирования функциональных узлов и блоков системы управления полетами ракет-носителей и космических аппаратов;
ПК-4	Способен формулировать, анализировать и решать инженерные задачи в области баллистики, механики движения и управления движением космических аппаратов на основе профессиональных знаний	ПК-4.1 Знает основные понятия и основные алгоритмы решения задач в области баллистики, механики движения и управления движением на основе автоматизированных и автоматических систем; ПК-4.2 Умеет решать инженерные задачи аналитического характера в области баллистики, механики движения и управления движением космических аппаратов на основе профессиональных знаний; ПК-4.3 Владеет навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований, основными методами анализа механики движения и управления движением космических аппаратов на базе стандартных методик и пакетов программ;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Space Flight Mechanics» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Space Flight Mechanics».

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

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-1	Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	Mathematical analysis; Algebra and Geometry; Physics;	Technological Training; Undergraduate practice / Преддипломная практика;
ОПК-2	Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)	Mathematical analysis; Algebra and Geometry;	Technological Training; Undergraduate practice / Преддипломная практика;
ОПК-3	Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	Mathematical analysis; Algebra and Geometry;	Technological Training; Undergraduate practice / Преддипломная практика;
ОПК-6	Способен разрабатывать и использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности	Computer Science and Programming;	Undergraduate practice / Преддипломная практика;
ОПК-11	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности		Undergraduate practice / Преддипломная практика; Technological Training;
ПК-1	Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для	Computer Science and Programming;	Technological Training; Undergraduate practice / Преддипломная практика;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	формирования выводов по соответствующим научным исследованиям, в том числе данные дистанционного зондирования Земли		
ПК-2	Способен участвовать в разработке схмотехнической документации на систему управления полетами ракет-носителей и космических аппаратов, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок		Undergraduate practice / Преддипломная практика;
ПК-4	Способен формулировать, анализировать и решать инженерные задачи в области баллистики, механики движения и управления движением космических аппаратов на основе профессиональных знаний		Technological Training; Undergraduate practice / Преддипломная практика;

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

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Space Flight Mechanics» составляет «25» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)				
			3	4	5	6	7
Контактная работа, ак.ч.	429		54	51	108	108	108
Лекции (ЛК)	160		18	34	36	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	143		18	17	36	36	36
Практические/семинарские занятия (СЗ)	126		18	0	36	36	36
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	381		18	93	108	45	117
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	90		0	0	36	27	27
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	900	72	144	252	180	252
	зач.ед.	25	2	4	7	5	7

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Введение	1.1	Механики космического полета в структуре научно-технического знания. Структура дисциплины. Области применения методов механики космического полета	ЛК
		1.2	Динамика тел переменной массы. Закон всемирного тяготения. Основные законы механики.	ЛК, СЗ
		1.3	Сферическая тригонометрия	ЛК, СЗ
Раздел 2	Невозмущенное движение космического аппарата	2.1	Основные понятия и определения. Уравнения движения в гравитационном поле	ЛК
		2.2	Интегралы уравнений невозмущенного движения	ЛК, СЗ
		2.3	Уравнение траектории. Виды орбит. Геометрические характеристики орбит	ЛК, СЗ
		2.4	Кинематические параметры движения	ЛК
		2.5	Уравнение Кеплера	ЛК, ЛР, СЗ
		2.6	Определение кеплеровых элементов орбиты по начальным условиям движения	ЛР, СЗ
		2.7	Определение кинематических параметров движения по кеплеровым элементам орбиты	ЛР, СЗ
		2.8	Трасса полета космического аппарата	ЛК, ЛР, СЗ
		2.9	Определение кеплеровых элементов орбиты по двум положениям космического аппарата	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 3	Возмущенное движение центра масс космического аппарата	3.1	Общая характеристика возмущений и основные методы исследования возмущенного движения	ЛК
		3.2	Метод оскулирующих элементов	ЛК
		3.3	Анализ возмущенного движения по околокруговым орбитам	ЛК, ЛР, СЗ
		3.4	Влияние нецентральности гравитационного поля Земли	ЛР, СЗ
		3.5	Влияние атмосферы Земли	ЛР, СЗ
		3.6	Влияние притяжения небесных тел	ЛР, СЗ
		3.7	Влияние светового давления	ЛР, СЗ
Раздел 4	Динамика движения космического аппарата относительно центра масс	4.1	Моменты сил, действующие на космический аппарат	ЛК
		4.2	Дифференциальные уравнения вращательного движения космического аппарата	ЛК
		4.3	Кинематические соотношения Пуассона. Интеграл энергии	ЛК, СЗ
		4.4	Интеграл энергии. Относительное равновесие космического аппарата. Устойчивость равновесия	ЛК, ЛР, СЗ
		4.5	Границы колебаний. Условия непереворачиваемости	ЛК, ЛР, СЗ
		4.6	Способы ориентации и стабилизации космического аппарата	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 5	Орбитальные маневры в центральном гравитационном поле	5.1	Основные положения теории маневров	ЛК
		5.2	Маневры переходов	ЛК, ЛР, СЗ
		5.3	Встреча на компланарных орбитах	ЛК, ЛР, СЗ
		5.4	Встреча на некомпланарных орбитах	ЛК, ЛР, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
		5.5	Численные методы оптимизации и повышения точности параметров маневров	ЛК, ЛР, СЗ
		5.6	Маневрирование с помощью двигателя, имеющего ограниченную постоянную тягу	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 6	Системы координат	6.1	Система небесных координат. Гелиоцентрическая система координат	ЛК, СЗ
		6.2	Геоцентрические системы координат. Связные системы координат	ЛК, СЗ
		6.3	Переход между системами координат	ЛК, ЛР
Раздел 7	Шкалы времени	7.1	Солнечное, звездное и атомное время	ЛК
		7.2	Динамическое и координированное время	ЛК
		7.3	Переход между шкалами времени	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 8	Методы прогнозирования движения космического аппарата	8.1	Формы представления гравитационного поля Земли	ЛК, ЛР, СЗ
		8.2	Математическое моделирование возмущающих сил	ЛК, ЛР, СЗ
		8.3	Аналитические методы прогнозирования движения	ЛК, ЛР, СЗ
		8.4	Представление правых частей уравнений движения в виде функций элементов орбит	ЛК, СЗ
		8.5	Численные методы прогнозирования движения	ЛК, ЛР, СЗ
		8.6	Методы теории специальных возмущений в задачах динамики космического аппарата	ЛК, СЗ
Раздел 9	Определение параметров движения космического аппарата на основе траекторных измерений	9.1	Характеристики и классификация измерений. Преобразование измерительной информации.	ЛК, ЛР
		9.2	Задача Ламберта	ЛК, СЗ
		9.3	Метод наименьших квадратов	ЛК, ЛР, СЗ
		9.4	Фильтры Калмана	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 10	Динамика выведения космического аппарата на околоземную орбиту	10.1	Стартовые системы координат. Определение оптимального времени старта	ЛК, СЗ
		10.2	Ракетные двигатели. Силы и моменты действующие на ракету-носитель	ЛК, СЗ
		10.3	Математическое моделирование движения ракеты-носителя	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 11	Динамика спуска космического аппарата на Землю	11.1	Общая схема спуска. Требования, предъявляемые к траектории спуска	ЛК
		11.2	Математическое моделирование движения спускаемого аппарата в атмосфере	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 12	Межпланетные перелеты	12.1	Методы расчета участков межпланетных траекторий	ЛК
		12.2	Схемы полета межпланетных аппаратов. Окна старта.	ЛК
		12.3	Математическое моделирование движения межпланетных аппаратов	ЛК, ЛР, СЗ
		12.4	Оптимизация межпланетных траекторий	ЛК, ЛР, СЗ

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

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.	
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве [Параметр] шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
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.	
Для самостоятельной работы	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. Власов С.А., Кульвиц А.В., Скрипников А.Н. Теория полета космических аппаратов: учебник. – СПб: ВКА имени А.Ф. Можаского, 2018 – 412 с.
2. Аверкиев Н.Ф., Власов С.А., Богачев С.А., Жаткин А.Т., Кульвиц А.В. Баллистические основы проектирования ракет-носителей и спутниковых систем: учебник. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2017. – 300 с.
3. Баранов А.А. Маневрирование космических аппаратов в окрестности круговой орбиты. – М.: Издательство «Спутник+», 2016 – 512 с.
4. Бордовицына Т.В., Авдюшев В.А. Теория движения искусственных спутников Земли. Аналитические и численные методы: учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007 – 178 с.
5. Н.М. Иванов, Л.Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 - 524 с.

Дополнительная литература:

1. D.A. Vallado. Fundamentals of Astrodynamics and Applications. 4th ed. - USA,

Hawthorne: Microcosm Press, 2013 - 1135 p. ISBN 13: 9781881883180. ISBN 10: 1881883183

2. O. Montenbruck, E. Gill. Satellite Orbits: Models, Methods and Applications. - Germany, Berlin: Springer, 2000 - 371 p. ISBN 978-3-540-67280-7

3. Ц.В. Соловьев, Е.В. Тарасов. Прогнозирование межпланетных полетов. - М: «Машиностроение», 1973 - 401 p.

4. М.Б. Балк, В.Г. Демин, А.Л. Куницын. Сборник задач по небесной механике и космодинамике. М: «Наука», 1972 - 336 с.

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 «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 «Space Flight Mechanics».

* - 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 «Space Flight Mechanics» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

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

РАЗРАБОТЧИК:

Профессор

Должность, БУП

Подпись

Разумный Юрий

Николаевич

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой

Должность БУП

Подпись

Разумный Юрий

Николаевич

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Профессор

Должность, БУП

Подпись

Разумный Юрий

Николаевич

Фамилия И.О.