

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 28.05.2026 12:52:37

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**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**

### **МЕХАНИКА КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА**

(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, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Механика космического полета» входит в программу бакалавриата «Data Engineering, интеллектуальные системы и кибербезопасность» по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах» и изучается в 3 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Кафедра механики и процессов управления. Дисциплина состоит из 3 разделов и 15 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 «Механика космического полета» 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-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;<br>ОПК-11.2 Умеет применять цифровые методы и технологии в профессиональной деятельности для изучения и моделирования объектов профессиональной деятельности, анализа данных, представления информации;<br>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-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;<br>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;<br>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; |

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Механика космического полета» 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 «Механика космического полета».

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-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 | Информатика и программирование;             | Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы);<br>Преддипломная практика;<br>Теория автоматического управления;<br>Информатика и программирование;<br>Применение технологий искусственного интеллекта в механике и процессах управления; |
| ОПК-11 | Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности  |   | Технологическая практика (учебная);<br>Научно-исследовательская работа;<br>Преддипломная практика;<br>Методы оптимального управления;<br>Основы технологических угроз и кибербезопасности;<br>Применение технологий искусственного интеллекта в механике и процессах управления;         |

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

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Механика космического полета» составляет «3» зачетные единицы.

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           |
| Контактная работа, ак.ч                   | 72           |     | 72          |
| Лекции (ЛК)                               | 36           |     | 36          |
| Лабораторные работы (ЛР)                  | 0            |     | 0           |
| Практические/семинарские занятия (СЗ)     | 36           |     | 36          |
| Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч. | 9            |     | 9           |
| Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч. | 27           |     | 27          |
| Общая трудоемкость дисциплины ак.ч.       | ак.ч.        | 108 | 108         |
|   | зач.ед.      | 3   | 3           |

Общая трудоемкость дисциплины «Механика космического полета» составляет «3» зачетные единицы.

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для заочной формы обучения.

| Вид учебной работы                        | ВСЕГО, ак.ч. |     | Семестр(-ы) | Семестр(-ы) |
|---|--------------|-----|-------------|-------------|
|   |              |     | 5           | 6           |
| Контактная работа, ак.ч                   | 20           |     | 12          | 8           |
| Лекции (ЛК)                               | 10           |     | 6           | 4           |
| Лабораторные работы (ЛР)                  | 0            |     | 0           | 0           |
| Практические/семинарские занятия (СЗ)     | 10           |     | 6           | 4           |
| Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч. | 79           |     | 60          | 19          |
| Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч. | 9            |     | 0           | 9           |
| Общая трудоемкость дисциплины ак.ч.       | ак.ч.        | 108 | 72          | 36          |
|   | зач.ед.      | 3   | 2           | 1           |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

| Номер раздела | Наименование раздела дисциплины              | Наименование темы |  | Содержание 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 | Определение механики космического полета как раздела баллистики и небесной механики, изучающего движение космических аппаратов. Характеристика структуры дисциплины: динамика центра масс, динамика относительно центра масс, баллистика, астродинамика. Описание областей применения методов механики космического полета: выведение на орбиту, прогнозирование движения, орбитальные маневры, межпланетные перелеты, управление ориентацией, планирование космических миссий.   | ЛК                  |
|               |  | 1.2               | Динамика тел переменной массы. Закон всемирного тяготения. Основные законы механики.   | Определение тела переменной массы как объекта, чья масса изменяется во времени вследствие отделения или присоединения частиц. Характеристика уравнения Мещерского для описания движения тел переменной массы. Формулировка закона всемирного тяготения Ньютона: сила гравитационного притяжения пропорциональна произведению масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния. Описание основных законов механики: первый закон инерции, второй закон о пропорциональности силы и ускорения, третий закон о равенстве действия и противодействия. | ЛК, СЗ              |
|               |  | 1.3               | Сферическая тригонометрия  | Определение сферической тригонометрии как раздела геометрии, изучающего соотношения между сторонами и углами сферических треугольников. Характеристика основных формул: формула сторон для прямоугольного сферического треугольника, теорема синусов, теорема косинусов для стороны и для угла. Описание применения сферической тригонометрии в механике космического полета для расчёта небесных координат, углов ориентации и трасс полета космических аппаратов.   | ЛК, СЗ              |
| Раздел 2      | Невозмущенное движение космического аппарата | 2.1               | Основные понятия и определения. Уравнения движения в гравитационном поле   | Определение невозмущенного движения как движения космического аппарата под действием только гравитационного поля центрального тела. Описание основных понятий: притягивающий центр, радиус-вектор, гравитационный параметр, плоскость орбиты. Характеристика уравнений движения в гравитационном поле в векторной форме и в проекциях на оси координат. Вывод уравнения ускорения как второй производной радиус-вектора.  | ЛК                  |
|               |  | 2.2               | Интегралы уравнений невозмущенного движения  | Определение интегралов движения как величин, сохраняющихся постоянными во времени. Характеристика трёх основных интегралов: интеграл энергии удельной механической энергии, интеграл площадей вектора момента количества движения, интеграл Лапласа вектора эксцентриситета. Описание физического смысла каждого интеграла: постоянство энергии определяет тип орбиты, постоянство момента количества движения обеспечивает движение в фиксированной плоскости.   | ЛК, СЗ              |
|               |  | 2.3               | Уравнение траектории. Виды орбит. Геометрические характеристики орбит  | Вывод уравнения траектории в полярных координатах. Характеристика видов орбит в зависимости от эксцентриситета: окружность при нулевом эксцентриситете, эллипс при эксцентриситете от нуля до единицы, парабола при эксцентриситете равном единице, гипербола при эксцентриситете больше единицы. Описание геометрических характеристик орбит: фокус, большая и малая полуоси, фокальный параметр, перицентр и апоцентр, истинная аномалия.   | ЛК, СЗ              |

| Номер раздела | Наименование раздела дисциплины | Наименование темы |  | Содержание темы   | Вид учебной работы* |
|---------------|---------------------------------|-------------------|--|---|---------------------|
|               |                                 | 2.4               | Кинематические параметры движения  | Определение кинематических параметров как величин, характеризующих положение и скорость космического аппарата в пространстве. Описание радиальной и трансверсальной составляющих скорости. Характеристика зависимости скорости от радиуса на эллиптической орбите. Формула скорости в перигентре и апоцентре. Связь круговой скорости и первой космической скорости с гравитационным параметром и радиусом. Определение параболической скорости как второй космической скорости.                  | ЛК                  |
|               |                                 | 2.5               | Уравнение Кеплера  | Определение уравнения Кеплера как основного уравнения невозмущённого эллиптического движения. Формулировка уравнения: средняя аномалия равна эксцентрической аномалии минус произведение эксцентриситета на синус эксцентрической аномалии. Описание величин: средняя аномалия равномерно растёт со временем, эксцентрическая аномалия является вспомогательным геометрическим параметром. Характеристика методов решения уравнения Кеплера: метод последовательных приближений и метод итераций. | ЛК, СЗ              |
|               |                                 | 2.6               | Определение кеплеровых элементов орбиты по начальным условиям движения           | Определение кеплеровых элементов как набора шести параметров, однозначно задающих орбиту. Описание элементов: большая полуось, эксцентриситет, наклонение, долгота восходящего узла, аргумент перигентра, истинная аномалия в начальный момент. Характеристика алгоритма определения элементов по начальным радиус-вектору и вектору скорости. Вычисление удельной энергии и момента количества движения, затем большой полуоси, эксцентриситета и ориентации орбиты.                             | ЛК, СЗ              |
|               |                                 | 2.7               | Определение кинематических параметров движения по кеплеровым элементам орбиты    | Описание обратной задачи: вычисление положения и скорости космического аппарата в произвольный момент времени по известным кеплеровым элементам. Характеристика последовательности действий: решение уравнения Кеплера для нахождения эксцентрической аномалии, вычисление истинной аномалии и радиуса, расчёт координат в плоскости орбиты, преобразование в гелиоцентрическую или геоцентрическую систему координат через матрицы поворота. Вычисление вектора скорости.                        | ЛК, СЗ              |
|               |                                 | 2.8               | Трасса полета космического аппарата  | Определение трассы полета как проекции орбиты космического аппарата на поверхность вращающегося центрального тела. Описание влияния суточного вращения Земли на смещение трассы к западу при каждом витке. Характеристика понятия витка: широта и долгота трассы, восходящий и нисходящий узлы. Описание прицельной трассы и коридора посадки. Расчёт повторяемости трассы для круговых орбит.  | ЛК, СЗ              |
|               |                                 | 2.9               | Определение кеплеровых элементов орбиты по двум положениям космического аппарата | Формулировка задачи Гаусса: определение орбиты по двум положениям радиус-вектора и интервалу времени между ними. Описание метода Ламберта: связь времени перелёта с большой полуосью и хордой траектории. Характеристика итерационного решения трансцендентного уравнения Ламберта. Определение неоднозначности решения для эллиптических орбит.  | ЛК, СЗ              |
| Раздел 3      | Системы координат               | 3.1               | Система небесных координат. Гелиоцентрическая система координат                  | Определение небесной системы координат как инерциальной системы с началом в центре Солнца или барицентре Солнечной системы. Описание фундаментальной плоскости эклиптики плоскости орбиты Земли и направления на точку весеннего равноденствия. Характеристика гелиоцентрической эклиптической системы координат для описания движения планет и межпланетных аппаратов.   | ЛК                  |
|               |                                 | 3.2               | Геоцентрические системы координат. Связные системы координат                     | Определение геоцентрической инерциальной системы координат с началом в центре Земли и осями, ориентированными на неподвижные звёзды. Описание земной экваториальной системы координат, связанной с вращающейся Землёй.  | ЛК, СЗ              |

| Номер раздела | Наименование раздела дисциплины | Наименование темы |                                   | Содержание темы  | Вид учебной работы* |
|---------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------|--|---------------------|
|               |                                 |                   |                                   | Характеристика орбитальной системы координат: ось X по радиус-вектору, ось Z по нормали к плоскости орбиты, ось Y дополняет до правой тройки. Определение связанной системы координат, жёстко связанной с корпусом космического аппарата.  |                     |
|               |                                 | 3.3               | Переход между системами координат | Описание перехода между системами координат с помощью матриц поворота вокруг координатных осей. Характеристика матриц поворота на угол вокруг осей X, Y и Z. Последовательный переход от инерциальной системы к геоцентрической, затем к орбитальной и к связанной системе через углы Эйлера. Учёт вращения Земли при переходе от инерциальных координат к географическим координатам. | ЛК, 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.   |  |
| 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. Можайского, 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](http://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 «Механика космического полета».

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

**РАЗРАБОТЧИКИ**

Старший преподаватель

---

Должность

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП**

Заведующий кафедрой

---

Должность

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО**

Профессор

---

Должность

Морозова Т.А.

---

Фамилия И.О

Разумный Ю.Н.

---

Фамилия И.О

Разумный Ю.Н.

---

Фамилия И.О