

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
А. А. Воронов
15 июня 2023 г.

ПРОГРАММА

по дисциплине: **Динамика космического полета**
по направлению подготовки: 03.03.01 «Прикладные математика и физика»
физтех-школа: **ФАКТ**
Кафедра: **математического моделирования и прикладной математики**
курс: 3
семестр: 5

лекции – 30 часов
практические (семинарские)
занятия – нет
лабораторные занятия – нет
Диф. зачет – 5 сем.
Самостоятельная работа – 15 часов

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ – 30

Программу составил:

д.ф.-м.н., проф. М.Ю. Овчинников

Программа принята на заседании
кафедры математического моделирования
и прикладной математики 21 апреля 2023 года.

Заведующий кафедрой
академик РАН, д.ф.-м.н., проф.



Б. Н. Четверушкин

1. Введение в предмет. Современные миссии и проекты. Тенденции и будущее.
2. Невозмущенное движение (задача двух тел). Уравнения движения. Первые интегралы движения (интеграл энергии, интеграл площадей, интеграл Лапласа). Связь между интегралами движения. Уравнение орбиты. Уравнение Кеплера. Законы Кеплера. Большая полуось как мера энергии. Элементарные маневры. Эллипс Гомана. Первая космическая (круговая) скорость. Вторая космическая (параболическая) скорость.
3. Теория возмущенного движения. Задача n -тел. Десять первых интегралов, плоскость Лапласа. Планетная форма уравнений относительного движения. Пертурбационная функция. Задача трех тел. Лагранжевы и эйлеровы точки либрации, их устойчивость, практическое использование точек либрации. Периодические орбиты в окрестности точек либрации. Инвариантные многообразия. Ограниченная задача трех тел. Интеграл Якоби, поверхность нулевой относительной скорости, эволюция сечений поверхности нулевой скорости, межпланетные перелеты на примере миссий Земля–Луна. Сфера притяжения, сфера действия. Использование грависфер при конструировании межпланетных траекторий.
4. Оскулирующие элементы. Уравнения возмущенного движения в оскулирующих элементах. Приближенные уравнения при малых возмущениях.
5. Уравнения в оскулирующих элементах как инструмент исследования возмущенного движения. Торможение спутника в атмосфере Земли.
6. Влияние несферичности Земли на движение искусственного спутника. Гравитационное поле несферичной Земли. Возмущающее ускорение. Эволюция орбиты спутника в поле полярно-сжатой Земли (влияние гармоник J_2). Эволюция орбиты экваториального спутника, прецессия наклоненной орбиты, связь с теорией гироскопа, практическое использование эволюции орбиты. Солнечно-синхронная орбита для систем наблюдения Земли из космоса, высокоапогейные орбиты спутников типа «Молния». Геостационарный спутник. Влияние экваториального сжатия Земли на положение точек стояния геостационарных спутников.
7. Основы теории маневрирования КА. Характеристическая скорость. Маневры изменения ориентации плоскости. Оптимальное положение точки приложения импульса. Маневр в плоскости орбиты. Изменение периода обращения КА по орбите. "Цена" маневра.

8. Групповые полеты (Formation Flying) и созвездия (Constellation) спутников. Принципы построения. Уравнения относительного движения в орбитальной системе координат. Интегрирование уравнений движения. Влияние возмущений от сжатия Земли на относительное движение спутников.

9. Коррекция межпланетных траекторий. Движение КА в окрестности планеты назначения. Картиная плоскость. Гелиоцентрический участок номинальной траектории КА. Эллипсоид влияния. Матрица коррекции и ее свойства. Нуль-направление. Плоскость оптимальной коррекции. Двухпараметрическая коррекция. Об оптимальном положении точки коррекции на траектории. Вырождение матрицы коррекции.

10. Гравитационные маневры. Влияние прицельной дальности, массы планеты и скорости на входе в грависферу на характеристики маневра. Эффект Оберта. Использование гравитационных маневров в современных межпланетных миссиях. "Большой Тур".

11. Классификация систем ориентации. Моменты, действующие на КА, и их использование для управления ориентацией. Движение КА в гравитационном поле. Положения равновесия. Движение КА в магнитном поле. Управление движением малых спутников относительно центра масс с использованием токовых катушек и маховиков.

12. Использование асимптотических методов для приближенного решения задач небесной механики. Метод Ван-дер-Поля.

Литература

1. *Овчинников М.Ю.* Введение в динамику космического полета. – Москва : МФТИ, 2016. – 208 с.
2. *Иванов Д.С., Трофимов С.П., Ширококов М.Г.* Численное моделирование орбитального и углового движения космических аппаратов / под ред. М.Ю. Овчинникова. – Москва : ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2016. – 116 с. URL: <http://keldysh.ru/e-biblio/trofimov> (дата обращения 03.06.2021г.)
3. *Белецкий В.В.* Очерки о движении космических тел. – 3-е изд. – Москва : Наука, 2009. – 432 с.
4. *Маркеев А.П.* Точки либрации в небесной механике и космодинамике. – Москва : Наука, 1978. – 312 с.
5. *Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г.* Основы механики космического полета. – Москва : Наука, 1990. – 448 с.
6. *Моисеев Н.Н.* Асимптотические методы нелинейной механики. – 2-е изд. – Москва : Наука, 1981. – 400 с.
7. *Battin R.H.* An Introduction to the Mathematics and Methods of Astrodynamics. – AIAA Inc. Publ. 1999. – 799 p.

8. *Vallado D.A.* Fundamentals of Astrodynamics and Applications. – 3rd ed. – Springer. 2007. – 980 p.
9. *Wertz J.R.* Spacecraft Attitude Determination and Control. – Kluwer Academic Publ. 1980. – 858 p.
10. CubeSat Handbook: From Mission Design to Operations / ed. by Ch. Cappelletti, S. Battistini, B. Malphrus. – Elsevier. 2020. – 498 p.
11. *Rauschenbach B., Ovchinnikov M., and McKenna Lawlor S.* Essential Spaceflight Dynamics and Magnetospherics. – Springer. 2003. – 416 p.
12. *Овчинников М.Ю., Пеньков В.И., Ролдугин Д.С., Иванов Д.С.* Магнитные системы ориентации малых спутников. – Москва : ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. – 365 с. URL: <http://keldysh.ru/e-biblio/ovchinnikov> (дата обращения 03.06.2021г.)
13. *Препринты* Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. URL: (<http://www.keldysh.ru/e-biblio/>) (дата обращения 03.06.2021г.)
Журналы: Космические исследования, Acta Astronautica, Journal of Guidance, Control and Dynamics, Journal of Spacecraft and Rockets
Запись лекций : URL: <https://lms.mipt.ru/> (дата обращения 03.06.2021г.)