

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

Астродинамика

по направлению подготовки

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль) подготовки:

Баллистика и гидроаэродинамика

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

К.С. Рогаев

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

ОПК-6 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, аргументировано защищать результаты выполненной работы

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерные технологии для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

РООПК-6.1 Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, способы обработки и представления данных, системы стандартизации и сертификации

РООПК-6.2 Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования

РООПК-6.3 Умеет обосновывать техническое решение на основе нормативных документов, регламентирующих НИОКР.

2. Задачи освоения дисциплины

– Овладение студентами методами решения задач о движении космических аппаратов под действием реальных сил и определения их траекторий по результатам наблюдений;

– Овладение студентами математическим аппаратом кинематики и динамики космических объектов;

– Привитие навыков математического моделирования движения космических аппаратов;

– приобретение основ фундаментальных знаний и представлений теории полета современных космических аппаратов, умения ставить теоретическую задачу, анализировать и выявлять параметры, необходимые для ее решения; применения полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Восьмой семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Физика», «Математический анализ», «Теоретическая механика», «Информатика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Математическая физика».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:
-лекции: 34 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1 Орбитальное движение космических аппаратов ч.1:

Солнечная система. Маленькие и гигантские планеты. Приближенные модели атмосфер планет. Межпланетная среда. Невозмущенное движение: математическая модель не возмущенного движения КА, общие свойства невозмущенного движения, эллиптическое движение, круговые орбиты, сфера действия, параболические и гиперболические орбиты.

Тема 2 Орбитальное движение космических аппаратов ч.2:

Возмущенное движение: общая характеристика возмущений и возмущенного движения, гравитационные сферы, метод окулирующих элементов, виды возмущений. Виды управляемых движений КА: Маневр, сближение, посадка на планету без атмосферы, снижение в атмосфере. Управляющие силы. Оптимальные движения. Межпланетные перелеты: основные требования, предъявленные к схемам полетов; формирование межпланетных орбит; формирование орбит с использованием гравитационных маневров; квалификация и оптимизация схем полета.

Тема 3 Определение орбит КА:

Определение не возмущенной орбиты по заданным условиям движения. Анализ технической реализуемости измерений состояния КА различными средствами. Схемы и ошибки измерений. Метод определения орбиты по измерениям наклонной дальности и скорости изменения дальности. Основные положения методов определения параметров движения КА по выборке измерений нарастающего объема. Прогнозирование движения КА.

Тема 4 Спутниковая навигация:

Общие принципы построения и элементы баллистического обеспечения спутниковых навигационных систем. Основы построения алгоритмов навигационных определений. Показатели точности навигационных определений. Синхронизация временных шкал. Построение программ управления КА: критерии оптимальности и ограничения; понятие о программе управления. Непрерывные и импульсные программы. Вариационные методы определения оптимальных программ управления.

Тема 5 Маневры орбитального перехода и корректирующие маневры:

Характеристики маневров, выполняемых под действием импульсной силы. Энергетические затраты на импульсное изменение элементов орбиты и условия их минимизации. Общий подход к решению задач оптимизации управления маневрами околокруговых КА. Основные виды импульсных орбитальных переходов КА. Элементы

теории малых возмущений. Корректируемые параметры. Понятие об области рассеивания в пространстве корректируемых параметров. Анализ стратегии коррекции движения.

Тема 6 Маневры сближения и встреча КА на орбите:

Уравнения относительного движения КА. Начальные условия для обеспечения встречи. Ближнее наведение с учетом действия относительного гравитационного ускорения. Математические основы методов ближнего наведения без учета действия относительного гравитационного ускорения. Измерение и оптимальное оценивание параметров сближения при выполнении локальных маневров КА. Синтез стратегий сближения.

Тема 7 Снижение и посадка КА на поверхность планет:

Спуск КА с орбиты искусственного спутника Земли: общая схема спуска КА с использованием аэродинамического торможения, внеатмосферных участков спуска, участок основного аэродинамического торможения, участок мягкой посадки, скользящий спуск, планирующий спуск. Особенности спуска на поверхность Земли с лунных межпланетных траекторий возвращения: коридор входа, возвращения от Луны, вход с гиперболическими скоростями, метод построения системы управления спуском, описание алгоритма работы системы управления спуском на гиперболических траекториях. Программа управления при посадке с орбиты ожидания. Вертикальная посадка.

Тема 8 Особенности спуска КА в атмосферах планет:

Основные принципы исследования. Характеристики спуска в атмосфере Марса. Требования, предъявленные к спуску КА при посадке на Марс. Упрощение основной задачи спуска. Оптимальное управление КА на участке реактивного торможения. Оптимальное управление КА на парашютно-реактивном участке спуска. Оптимальное управление на участке основного аэродинамического торможения. Спуск в атмосфере Юпитера. Анализ траектории спуска с постоянным качеством. Управляемый спуск КА в атмосфере Юпитера.

Тема 9 Баллистико-навигационное обеспечение управления полетом КА: Системно-теоретические основы управления КА. 9.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, рефератов, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в восьмом семестре проводится в письменной форме. Продолжительность зачета с оценкой 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=24695>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Бранец В.Н., Севастьянов Н.Н., Федулов Р.В. Лекции по теории систем ориентации, управления движением и навигации//Учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2013. – 310 с.
2. Бордовицына Т.В., Авдюшев В.А. Теория движения искусственных спутников Земли. Учеб. пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. -175с.
4. Орлов А.Г., Севастьянов Н.Н. Бортовой ретрансляционный комплекс (БРК) спутника связи. Принципы работы, построение, параметры / науч. ред. В.Н. Бранец. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2014. – 206с.
4. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Прикладные задачи теории оптимального управления движением беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение,1978. - 328с.
5. Пономарев В.М. Теория управления движением космических аппаратов. - М.: Наука, 1982. 456 с.
6. Эскобал П. Методы астродинамики. - М.: Мир,1971. 342 с.
7. Лох У. Динамика и термодинамика спуска в атмосфере планет. -М. Мир,1966. 275 с.

б) дополнительная литература:

1. Мартин Д. Вход в атмосферу. - М.: Мир,1969. 320 с.
2. Белецкий В.В. Движение ИСЗ относительно центра масс. - М.: Наука 1965. 308 с.
3. Эрик К. Космический полет. Т.1. -М.: Физматгиз,1963. 305 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– Общероссийская Сеть Консультант Плюс Справочная правовая система.

<http://www.consultant.ru>

- Курс лекций ORBITAL MECHANICS <http://www.braeunig.us/space/orbmech.htm>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Савкина Надежда Валерьевна, кандидат физико-математических наук, доцент, НИ Томский государственный университет, Физико-технический факультет, кафедра баллистики и гидроаэродинамики, доцент