

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

**Небесная механика**

по направлению подготовки

**24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Баллистика ракетно-ствольных систем**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

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-6 Способен разрабатывать и использовать новые подходы и методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров.

ОПК-7 Способен анализировать и обобщать результаты физического и численного моделирования, обоснованно выбирать аэродинамические и баллистические параметры ракет и космических аппаратов..

ПК-1 Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

ПК-3 Способен разрабатывать методики исследования динамических характеристик при моделировании движения летательных аппаратов.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 6.1 Знать передовые методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров

ИОПК 6.2 Уметь разрабатывать и использовать новые подходы и методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров

ИОПК 6.3 Владеть навыками анализа влияния аэродинамических и баллистических параметров на характеристики объектов ракетно-космической техники

ИОПК 7.1 Знать способы учета аэродинамических и баллистических параметров ракет и космических аппаратов при физическом и численном моделировании

ИОПК 7.2 Уметь выбирать аэродинамические и баллистические параметры ракет и космических аппаратов на основе анализа результатов моделирования

ИОПК 7.3 Владеть навыками проведения и анализа результатов физического и численного моделирования

ИПК 1.1 Знает методы анализа научных данных

ИПК 1.2 Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний.

ИПК 1.3 Осуществляет организацию сбора и изучения научно-технической информации по теме исследований и разработок

ИПК 3.1 Знает основы теории движения летательных аппаратов

ИПК 3.2 Умеет формулировать аспекты задач исследования, выбирать методы их решения и представлять результаты исследований

ИПК 3.3 Осуществляет моделирование процессов динамики движения, аэродинамики, баллистики и управления полетом летательных аппаратов с учетом сложности систем и на основе современных научных знаний

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Овладение студентами основами решения задач о движении естественных и искусственных небесных тел под действием реальных сил и определения их траекторий по результатам наблюдений;

– Овладение студентами математическим аппаратом кинематики и динамики космических объектов;

– Овладение студентами методами расчета возмущений гравитационного потенциала;

– Привитие студентам навыков математического моделирования движения искусственных спутников;

- Приобретение студентами основ фундаментальных знаний и представлений теории полета современных искусственных спутников, умения ставить теоретическую задачу, анализировать и выявлять параметры, необходимые для ее решения;
- Подготовка их к применению 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**

Третий семестр, экзамен

### **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Динамика полета тел, стабилизируемых вращением.

### **6. Язык реализации**

Русский

### **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 12 ч.

-практические занятия: 14 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

### **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

**Раздел 1.** Предмет курса «Небесная механика». Исторический очерк. Основные характеристики Солнечной системы, Галактики, Метагалактики. Основные методы решения задач астродинамики.

**Раздел 2.** Системы координат и единиц в небесной механике.

Гелиоцентрическая и геоцентрическая системы единиц. Системы координат: вторая экваториальная геоцентрическая, топоцентрическая, географическая, первая экваториальная геоцентрическая, эллиптическая, относительные преобразования координат, координаты станций наблюдения на Земле. Измерение времени: универсальное время, звездное, эфемерное, юлианские дни.

**Раздел 3.** Теория притяжения. Закон всемирного тяготения. Силовая функция материальной точки и системы материальных точек. Силовая функция тела. Притяжение тела материальной точкой. Силовая функция взаимного притяжения двух тел. Свойства силовых функций. Сферические функции. Разложение силовой функции тела по сферическим функциям и гармоническим многочленам. Разложение силовой функции взаимного притяжения двух тел по гармоническим многочленам. Силовая функция Земли.

**Раздел 4.** Задача двух тел. Дифференциальные уравнения невозмущенного кеплеровского движения в абсолютной, барицентрической и относительной системах координат. Первые интегралы. Общий интеграл. Общие формулы невозмущенного кеплеровского движения. Уравнение невозмущенной орбиты. Орбитальные координаты.

Выражение пространственных координат через орбитальные. Кеплеровские элементы орбиты. Типы орбит. Эллиптическое движение: законы Кеплера, уравнение Кеплера. Вычисление координат ИСЗ в заданный момент времени по известным элементам орбиты. Разложение координат эллиптического движения в ряды Фурье и по степеням эксцентриситета. Гиперболическое движение. Предельные движения: круговое и параболическое. Прямолинейное движение. Видимость планеты с космического аппарата. Выбор орбиты, проходящей над станцией наблюдения.

**Раздел 5.** Определение орбиты ИСЗ. Определение орбиты по двум положениям. Метод Гаусса Метод Ламберта-Эйлера. Определение орбиты с помощью итераций по параметру орбиты, по истинной аномалии, по эксцентриситету. Определение орбиты по измерениям угловых координат метод Гаусса и метод Лапласа. Определение орбиты по смешанным данным.

**Раздел 6.** Возмущенное движение. Возмущающие эффекты: вековые и периодические возмущения. Возмущающие функции. Метод Лагранжа получения уравнений возмущенного движения. Уравнения Ньютона. Частные случаи. Вековые возмущения первого порядка. Вывод дифференциальных уравнений Лагранжа. Учет сжатия планеты, сопротивления атмосферы.

**Раздел 7.** Задача трех тел. Постановка задачи. Вывод дифференциальных уравнений движения. Ограниченная задача трех тел. Уравнения Нехвилла. Частные решения. Точки либрации.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, 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**

Экзамен в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

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) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Лысенко Л. Н. Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов / Л. Н. Лысенко, В. В. Бетанов, Ф. В. Звягин; под общ. ред. Л. Н. Лысенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 518 с.

2. Орлов А. Г. Бортовой ретрансляционный комплекс (БРК) спутника связи. Принципы работы, построение, параметры /

Орлов А. Г., Севастьянов Н. Н. ; науч. ред. В. Н. Бранец. – Томск : Издательский Дом Том. гос. ун-та, 2014. – 205 с. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000491129>

3. Селезнев В. П. Основы космической навигации / В. П. Селезнёв ; [ред. Н. В. Селезнёва]. – Изд. 3-е. – М.: ЛИБРОКОМ, 2013. – 479 с.
4. Черноусько Ф. Л. Эволюция движений твердого тела относительно центра масс / Ф. Л. Черноусько, Л. Д. Акуленко, Д. Д. Лещенко. – Ижевск [и др.]: Институт компьютерных исследований, 2015. – 308 с.
5. Capderou M. Handbook of Satellite Orbits From Kepler to GPS / by Michel Capderou // Springer eBooks, 2014. – XXIV, 922 p.–URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-03416-4>

б) дополнительная литература

1. Эрике К. Космический полет. Т.1. -М.: Физматгиз,1963.
2. Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. -М.: Наука,1968.

в) ресурсы сети Интернет:

Все виды информационных ресурсов Научной библиотеки ТГУ. Информационные источники сети Интернет.

– Общероссийская Сеть Консультант Плюс Справочная правовая система.  
<http://www.consultant.ru>

### **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 (репозитории) 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 занятий семинарского типа, 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.

### **5. Информация о разработчиках**

Биматов Владимир Исмагилович, д-р физ.-мат. наук, профессор каф. Баллистики и гидроаэродинамики.