

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

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
декан физического факультета  
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

**Космическая геодезия**

по направлению подготовки

**09.04.02 Информационные системы и технологии**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Информационные системы и технологии в космической геодезии»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистратура**

Год приема  
**2025**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
Т.В.Бордовицына

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

Томск – 2025

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК 2– Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач

ОПК 4 – Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований

ПК 2 – Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера для решения задач космической геодезии и геодинамики

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

- ИОПК 2.1 – Владеет методами алгоритмизации и программирования
- ИОПК 2.2 – Знает современные подходы, методы и технологии в области интеллектуального анализа данных
- ИОПК 2.3 – Использует методы современных интеллектуальных технологий для решения профессиональных задач
- ИОПК 4.1 – Знает теоретические основы научных принципов и методов исследований;
- ИОПК 4.2– Умеет выполнять научные исследования в профессиональной сфере;
- ИОПК 4.3– Применяет на практике новые научные принципы и методы исследований;
- ИПК 2.1– Знает методы работы с современными информационными спутниковыми системами;
- ИПК 2.2– Умеет моделировать динамику спутниковых систем и использовать полученные математические модели для разработки методов решения задач геодинамики.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Освоить методы решения и исследования задач космической геодезии.
- Научиться применять освоенные методы для решения практических задач космической геодезии и геодинамики.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

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

Семестр 1, 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: Высшая геодезия, Спутниковая геодезия, Специальный лабораторный практикум по динамике искусственных спутников Земли

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

– лекции: 30 ч.;

– практические занятия: 30 ч.;

в том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Введение

Место космической геодезии в общей системе геодезических знаний

Тема 2. Системы координат, используемые в космической геодезии

Тема 3. Теория движения ИСЗ

Дифференциальные уравнения движения (ДУД). Модели сил в аналитических и численных методах решения ДУД, Фомы представления геопотенциала, притяжение внешних тел, приливные деформации в теле Земли, световое давление, атмосферное торможение, релятивистские эффект. Аналитические и численные методы решения ДУД.

Тема 4. Геометрический метод космической геодезии

Схемы построения спутниковой триангуляции и основные принципы использования ИСЗ для определения координат наземных пунктов. Уравнение плоскости синхронизации и хорды. Формулы для определения координат вершин некоторых элементарных фигур спутниковой триангуляции. Уравнивание спутниковых геодезических сетей. Виды условий, возникающих в спутниковой триангуляции Уравнения поправок спутниковой триангуляции. Уравнивание спутниковой триангуляции.

Тема 5. Орбитальный метод космической геодезии.

Особенности орбитального метода, уравнения орбитального метода, способы вычисления изохронных производных.. Динамические задачи космической геодезии, решаемые орбитальным методом. Определение параметров геопотенциала, параметров вращения Земли и движения литосферных плит по данным спутниковых измерений.

Тема 6. Навигационные методы космической геодезии

. Модели параметров спутниковых измерений. Виды спутниковых наблюдений: псевдодальность, фаза несущих колебаний. Линеаризованные модели псевдодальности и фазы несущей. Разности фаз.

Абсолютный метод спутниковых определений. Определение координат по кодовым псевдодальностям. Системы уравнений при абсолютном определении по псевдодальностям. Определение координат пункта абсолютным методом по фазовым наблюдениям

Дифференциальный метод определения координат. Ослабление ошибок в дифференциальном методе. Определение координат в локальном дифференциальном методе по кодовым измерениям. Определение координат в дифференциальном методе по фазовым измерениям.

Относительное позиционирование. Статическое относительное позиционирование. Кинематическое относительное позиционирование. Статическая инициализация. Кинематическая инициализация.

Тема 7. Альтиметрия

Сущность спутникового нивелирования. Уравнения спутникового нивелирования. Использование спутникового нивелирования в решении задач геодезии

Темы 8. Радио-интерферометрия со сверхдлинной базой

Принципы построения и использования в геодезии длинно-базисной радио-интерферометрической сети. Спутниковая радиоинтерферометрия.

Тема 9. Светолокация Луны

Уравнения системы Земля-Луна. Принципы решения уравнений светолокации Луны и возможности их использования в геодезии.

Тема 10. Применение космической геодезии при решении задач геодинамики  
Общие сведения о планете Земля. Фигура Земли. Сведения о внутреннем строении Земли. Гравитационное поле Земли. Магнитное и электрическое поля Земли. Тектоника литосферных плит

Геодинамические задачи геодезии. Классификация геодинамических явлений .  
Методы изучения современных движений земной поверхности. Общие сведения о методах. Геодезические методы изучения современных движений земной поверхности.

Геодинамические полигоны. Классификация полигонов. Цели и назначение прогностических геодинамических полигонов.

Современные геодезические технологии изучения современных движений земной поверхности. Использование спутниковых навигационных систем.

Техногенные полигоны. Понятие техногенного полигона. Типы техногенных полигонов. Назначение техногенных полигонов

## **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.

Примерный перечень контрольных вопросов для текущей аттестации

**Тема 1.** Место космической геодезии в общей системе геодезических знаний

**Тема 2.** Системы координат, используемые в космической геодезии

**Тема 3.** Теория движения ИСЗ

Дифференциальные уравнения движения (ДУД).

Модели сил в аналитических и численных методах решения ДУД,

Формы представления геопотенциала.

Притяжение внешних тел, приливные деформации в теле Земли, световое давление, атмосферное торможение, релятивистские эффект.

Аналитические и численные методы решения ДУД.

**Тема 4.** Геометрический метод космической геодезии

Схемы построения спутниковой триангуляции и основные принципы использования ИСЗ для определения координат наземных пунктов.

Уравнение плоскости синхронизации и хорды.

Формулы для определения координат вершин некоторых элементарных фигур спутниковой триангуляции.

**Тема 5.** Орбитальный метод космической геодезии.

Особенности орбитального метода, уравнения орбитального метода

Способы вычисления изохронных производных.

Динамические задачи космической геодезии, решаемые орбитальным методом.

**Тема 6.** Навигационные методы космической геодезии.

Модели параметров спутниковых измерений.

Виды спутниковых наблюдений: псевдодальность, фаза несущих колебаний.

Линеаризованные модели псевдодальности и фазы несущей. Разности фаз.

Абсолютный метод спутниковых определений. Определение координат по кодовым псевдодальностям.

Системы уравнений при абсолютном определении по псевдодальностям.

Определение координат пункта абсолютным методом по фазовым наблюдениям

Дифференциальный метод определения координат. Ослабление ошибок в дифференциальном методе.

Определение координат в локальном дифференциальном методе по кодовым измерениям.

Определение координат в дифференциальном методе по фазовым измерениям.

Относительное позиционирование. Статическое относительное позиционирование.

Кинематическое относительное позиционирование.

Статическая инициализация. Кинематическая инициализация.

#### **Тема 7. Альтиметрия**

Сущность спутникового нивелирования.

Уравнения спутникового нивелирования.

Использование спутникового нивелирования в решении задач геодезии

#### **Темы 8. Радио-интерферометрия со сверхдлинной базой**

Принципы построения и использования в геодезии длинно-базисной радио-интерферометрической сети.

Спутниковая радиоинтерферометрия.

#### **Тема 9. Светолокация Луны**

Уравнения системы Земля-Луна.

Принципы решения уравнений светолокации Луны и возможности их использования в геодезии.

#### **Тема 10. Применение космической геодезии при решении задач геодинамики**

Общие сведения о планете Земля. Фигура Земли.

Сведения о внутреннем строении Земли.

Гравитационное поле Земли. Магнитное и электрическое поля Земли.

Тектоника литосферных плит

Геодинамические задачи геодезии. Классификация геодинамических явлений

Методы изучения современных движений земной поверхности. Общие сведения о методах.

Геодезические методы изучения современных движений земной поверхности.

Геодинамические полигоны. Классификация полигонов.

Цели и назначение прогностических геодинамических полигонов.

Современные геодезические технологии изучения современных движений земной поверхности. Использование спутниковых навигационных систем.

Техногенные полигоны. Понятие техногенного полигона. Типы техногенных полигонов. Назначение техногенных полигонов

### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Экзамен в первом семестре** проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Структура экзамена соответствует компетентностной структуре дисциплине. Итоговый контроль по дисциплине демонстрирует достижение всех запланированных индикаторов – результатов обучения.

Первая часть представляет собой тест из 5 вопросов, проверяющих ИОПК-2.1, 2.2, 2.3. Ответы даются в краткой форме.

Вторая часть содержит один вопрос, проверяющий ИОПК-4.1, 4.2, 4.3. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Третья часть содержит 2 вопроса, проверяющих ИПК-2.1, 2.2, оформленные в виде практических задач. Ответы на вопросы третьей части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Перечень теоретических вопросов:

1. Системы координат, используемые в космической геодезии
2. Дифференциальные уравнения движения (ДУД) ИСЗ.
3. Модели сил в аналитических и численных методах решения ДУД, Формы представления геопотенциала.
4. Притяжение внешних тел, приливные деформации в теле Земли,
5. Световое давление, атмосферное торможение, релятивистские эффект.
6. Аналитические и численные методы решения ДУД.
7. Геометрический метод космической геодезии схема построения
8. Уравнение плоскости синхронизации и хорды.
9. Формулы для определения координат вершин некоторых элементарных фигур спутниковой триангуляции.
10. Уравнивание спутниковых геодезических сетей. Виды условий, возникающих в спутниковой триангуляции
11. Орбитальный метод космической геодезии, принципы построения.
12. Способы вычисления изохронных производных.
13. Динамические задачи космической геодезии, решаемые орбитальным методом. Определение параметров геопотенциала, параметров вращения Земли и движения литосферных плит по данным спутниковых измерений.
14. Навигационные методы космической геодезии принципы построения
15. . Модели параметров спутниковых измерений.
16. Виды спутниковых наблюдений: псевдодальность, фаза несущих колебаний. Линеаризованные модели псевдодальности и фазы несущей. Разности фаз.
17. Абсолютный метод спутниковых определений.
18. Определение координат по кодовым псевдодальностям. Системы уравнений при абсолютном определении по псевдодальностям.
19. Определение координат пункта абсолютным методом по фазовым наблюдениям
20. Дифференциальный метод определения координат.
21. Определение координат в дифференциальном методе по фазовым измерениям.
22. Относительное позиционирование.
23. Статическое относительное позиционирование.
24. Кинематическое относительное позиционирование.
25. Статическая инициализация. Кинематическая инициализация.
26. Альтиметрия. Сущность спутникового нивелирования. Уравнения спутникового нивелирования. Использование спутникового нивелирования в решении задач геодезии
27. Радио-интерферометрия со сверхдлинной базой, принципы построения и использования в геодезии длинно-базисной радио-интерферометрической сети.
28. Спутниковая радиоинтерферометрия.
29. Светолокация Луны. Уравнения системы Земля-Луна.
30. Принципы решения уравнений светолокации Луны и возможности их использования в геодезии.
31. Геодинамические задачи геодезии. Классификация геодинамических явлений.
32. Методы изучения современных движений земной поверхности. Общие сведения о методах. Геодезические методы изучения современных движений земной поверхности.
33. Геодинамические полигоны. Классификация полигонов. Цели и назначение прогностических геодинамических полигонов.

34. Современные геодезические технологии изучения современных движений земной поверхности. Использование спутниковых навигационных систем.
35. Техногенные полигоны. Понятие техногенного полигона. Типы техногенных полигонов. Назначение техногенных полигонов

Примеры задач:

Задача 1. Выявить резонансные объекты из совокупности околоземных объектов

Дано: перечень больших полуосей орбит.

Требуется: выделить резонансные орбиты

Задача 2. Определение координат пункта наблюдения по данным ГЛОНАСС

Дано: Координаты 4 объектов системы ГЛОНАСС и 4 времени запаздывания сигнала в аппаратуре потребителя

Требуется: Определить координаты пункта наблюдения.

Задача 3.

Дана космическая геодезическая сеть.

Требуется: найти все условия, которые возникают в данной сети при работе геометрическим методом.

Задача 4.

Дана космическая геодезическая сеть с разнесенными базисами.

Требуется: записать базисное условие

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в среде электронного обучения iDO
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) Практические занятия проводятся по каждой теме курса.
- д) Методические рекомендации по самостоятельной работе

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

а) основная литература:

1. Глушков В.В., Насретдинов К.К., Шаравин.А.А. Космическая геодезия: методы и перспективы развития. М.: Институт политического и военного анализа.2002. 448 с.
2. Бордовицына Т.В., Авдюшев В.А.. Теория движения искусственных спутников Земли. Аналитические и численные методы: учебное пособие. Томск. Изд-во Том. ун-та. 2016.–256 с.
3. Земцова А.В. Геодезические исследования геодинамических процессов Учеб. пособие. – Алматы: КазНТУ, 2014. – 205
4. Бордовицына Т.В. Технологии глобального позиционирования. –электронный учебник. ИДО ТГУ. 2007

б) дополнительная литература

5. Баранов В.Н., Бойко Е.Г., Краснорылов И.И. и др. Космическая геодезия. М.: Недра. 1986. 407 с.
6. IERS Technical Note 23/ IERS Conversations (1996) - Paris: Central Bureau of IERS. - Observatoire de Paris, July 1996. -95 p.
7. Авдюшев В.А. Численное моделирование орбит небесных тел. Томск. Издательский дом Том. ун-та. 2015.–336 с.
8. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. ФГУП «Картгеоцентр». 2005. Т 1. – 333 с.

9. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. -М.: ФГУП "Картоцентр", 2005. -Т.2. -360 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- Википедия– свободная энциклопедия <https://ru.wikipedia.org/?l=>
- Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. GNSS — Global Navigation Satellite Systems: [GPS, GLONASS, Galileo, and more](#). Springer-Verlag Wien.2008. Time modified: 2016-03 (English, pdf)

### 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 On-eNote, 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/>

### 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.

Лаборатории, оборудованные современными GPS\ГЛОНАСС приемниками и базовая GPS\ГЛОНАСС станция

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

### 15. Информация о разработчиках

Бордовицына Татьяна Валентиновна, доктор физико-математических наук, профессор, Томский государственный университет, профессор.