

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

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
декан физического факультета



С.Н. Филимонов

« 26 » июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

**Специальный лабораторный практикум по динамике  
искусственных спутников Земли**

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

**2023**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.04

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Т.В.Бордовицына

Председатель УМК

О.М. Сюзина

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-2 – способность разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач;
- ПК-1 – создавать информационные системы для разработки объектов профессиональной деятельности в космической геодезии и геодинاميки;
- ПК-2 – способность выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера для решения задач космической геодезии и геодинاميки.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.1. Владение навыками применения методов алгоритмизации и программирования;

ИОПК 2.2. Способность применить знания современных подходов, методов и технологий в области интеллектуального анализа данных;

ИОПК 2.3. Способность применить методы современных интеллектуальных технологий для решения профессиональных задач;

ИПК 1.1 Знание современных методов и технологий на основе информационных спутниковых систем в космической геодезии и геодинاميки;

ИПК 1.2 Умение применять современные информационные системы для обработки эфемерид при решении широкого класса задач космической геодезии и геодинاميки;

ИПК 1.3 Владение навыками разработки и применения программ в геодезии на основе информационных спутниковых систем;

ИПК 2.1 Знание методов работы с современными информационными спутниковыми системами

ИПК 2.2 Умение моделировать динамику спутниковых систем и использовать полученные математические модели для разработки методов решения задач геодинاميки;

ИПК 2.3 Владение методами компьютерного моделирования для решения исследовательских задач космической геодезии и геодинاميки.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Изучение «Численной модели движения ИСЗ»;
- Освоение методов разработки программного обеспечения для научных исследований;
- Формирование основных представлений о практическом применении методов теории движения ИСЗ, космической геодезии, моделировании систем и др.

## **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 2, зачет с оценкой.

Семестр 3, зачет с оценкой.

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

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

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 з.е., 288 часов, из которых:

- лекции: 0 ч.;
- семинарские занятия: 0 ч.
- практические занятия: 0 ч.;
- лабораторные работы: 120 ч.

в том числе практическая подготовка: 96 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

Тема 1. Введение.

Обсуждение целей и задач курса. Знакомство с «Численной моделью движения ИСЗ».

Тема 2. Построение орбиты и трассы ИСЗ

Построение орбиты и трассы ИСЗ в рамках задачи 2-х тел и с помощью «Численной модели движения ИСЗ». Сравнение результатов для тестового спутника.

Тема 3. Оценка влияния возмущающих факторов на движение ИСЗ

Оценить влияние возмущающих факторов на движение ИСЗ на разных орбитах, провести сравнительный анализ. Оценить какие возмущающие факторы необходимо учитывать, если необходимая точность прогноза на одном обороте спутника составляет 10 см, 1 м.

Тема 4. Численное моделирование задачи улучшения орбиты ИСЗ

По наблюдаемым координатам ИСЗ методом наименьших квадратов определить начальные параметры спутниковой орбиты, имея при этом их приближенные значения.

(Моделирование наблюдений. Подбор вариации. Построение матрицы изохронных производных. Определение и улучшение координат спутника.)

Тема 5. Численное моделирование задачи улучшения коэффициента зональной гармоники  $J_{20}$

По наблюдаемым координатам ИСЗ методом наименьших квадратов уточнить коэффициент зональной гармоники  $J_{20}$ , имея при этом его приближенное значение.

(Моделирование наблюдений. Подбор вариации. Построение матрицы изохронных производных. Определение коэффициента зональной гармоники  $J_{20}$ .)

Тема 6. Определение координат спутника методом тройной засечки

По известным координатам трех спутников на один и тот же момент времени и расстояниям от каждого из них до четвертого, координаты которого неизвестны, необходимо определить координаты четвертого спутника, методом тройной засечки.

Тема 7. Работа с TLE элементами

1. Переход от TLE элементов к прямоугольным координатам и скоростям в CRS

2. Анализ динамики околоземного объекта из каталога NORAD

Тема 8. Определение координат подспутниковой точки ИСЗ. Построение трасс для заданной навигационной системы

Построить трассу всех спутников заданной навигационной системы на интервале времени, равном периоду обращения спутника с шагом 0.01 периода. Построить трассы для всех спутников заданной навигационной системы. Нанести их на карту мира.

Тема 9. Зоны видимости

Определить зоны видимости для каждого спутника заданной навигационной системы на выбранный момент времени.

– с наземного пункта (нанести на карту мира),

- со спутника на Землю (нанести на карту мира),
- со спутника на спутник (проверить графическим методом)

Тема.10. Работа с файлами sp3

Знакомство с форматом. Определение скоростей спутников с помощью полинома Лагранжа.

Тема 11. Индивидуальная лабораторная работа

Каждый студент случайным образом получает усложненный вариант одной из пройденных лабораторных работ для проверки освоения пройденного материала.

Каждая тема, кроме первой представляет собой лабораторную работу. Каждый индивидуально получает студент для работы параметры ИСЗ так, чтобы они не повторялись у других студентов группы..

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, отчетов по результатам выполнения лабораторных работ и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценивание выполнения лабораторной работы

Оценка	Критерий оценивания
отлично	Своевременное выполнение лабораторной работы, Индивидуальный код ПО. Отчет, отражающий цель, методику и основные результаты.
хорошо	Несвоевременное выполнение лабораторной работы либо сдача лабораторной работы со второго раза. Индивидуальный код ПО. Отчет, отражающий цель, методику и основные результаты.
удовлетворительно	Несвоевременное выполнение лабораторной работы либо сдача лабораторной работы с третьей и более попыток, Отчет, отражающий цель, методику и основные результаты. Частично заимствованный код программы других студентов
неудовлетворительно	Отсутствие отчетов по лабораторным работам либо чужой код программ.

На основе отчетов по лабораторным работам проверяется освоение обучающимся дисциплины по индикаторам: ИОПК-2.1–2.3; ИПК-1.1–1.3; ИПК2.1–2.3.

Оценка текущей успеваемости определяется как среднее арифметическое из оценки учебной деятельности студента.

### Оценивание текущей успеваемости

Оценка	Критерий оценивания
отлично	среднее арифметическое 4.7-5
хорошо	среднее арифметическое 3.7-4.6
удовлетворительно	среднее арифметическое 3-3.6
неудовлетворительно	среднее арифметическое <3

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

Студент допускается до сдачи зачета при условии сдачи индивидуальных отчетов по всем лабораторным работам и листингов разработанных программ либо самих программ (с возможностью проверки кода).

В случае своевременной и успешной сдачи всех лабораторных работ, возможно получить оценку без сдачи зачета, как среднее арифметическое из оценок за каждую лабораторную работу. В случае, если студента не устраивает оценка, определяемая по оценкам текущего контроля, необходимо сдать зачет.

Зачет с оценкой во втором и третьем семестрах проводится в форме практических заданий по задачам курса на примере иных ИСЗ.

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка промежуточной аттестации определяется как среднее арифметическое из оценки за выполнение задания на зачете, средней оценки текущей успеваемости, оценки за контрольную точку в соответствии с таблицей приведенной ниже, при условии, что все оценки не ниже «удовлетворительно». В случае, если одна из оценок «неудовлетворительно», общая оценка не может быть выше «удовлетворительно».

### Оценивание промежуточной аттестации

Оценка	Критерий оценивания
отлично	среднее арифметическое 4.7-5
хорошо	среднее арифметическое 3.7-4.6
удовлетворительно	среднее арифметическое 3-3.6 и/или одна из оценок на экзамене и итоговая за текущий контроль - «неудовлетворительно»
неудовлетворительно	среднее арифметическое <3, (от двух и более оценок «неудовлетворительно»)

Задания на зачете подобраны таким образом, чтобы проверить освоение обучающимся дисциплины по индикаторам: ИОПК-2.1–2.3; ИПК-1.1–1.3; ИПК2.1–2.3.

### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24958>

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

в) План лабораторных занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Бордовицына Т. В. Теория движения искусственных спутников Земли: аналитические и численные методы. учебное пособие / Т. В. Бордовицына, В. А. Авдюшев; Нац. исслед. Том. гос. ун-т. - Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 254 с

– Авдюшев В.А. Численное моделирование орбит небесных тел. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. 336 с.

– ИКД ГЛОНАСС. Общее описание системы с кодовым разделением. Редакция 1.0 –М.: АО «Российские космические системы» 2016. 133 с.

– Бордовицына Т.В. Технологии глобального позиционирования (GPS/ГЛОНАСС)/Электронное учебное пособие. Томск.2007 URL: <http://astro.tsu.ru/TGP/index.html>

б) дополнительная литература:

– Бордовицына Т.В., Авдюшев В.А.. Теория движения искусственных спутников Земли. Аналитические и численные методы: учебное пособие. Томск. Изд-во Том. ун-та. 2007.–220 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

– Сайт кафедры <http://astro.tsu.ru>

– Официальный сайт Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения АО ЦНИИмаш <https://www.glonass-iac.ru/about/feedback/>

## 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/>

– 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.

#### **15. Информация о разработчиках**

Александрова Анна Геннадьевна, к.ф.-м.н.

Галушина Татьяна Юрьевна, к.ф.-м.н.