



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Геодезический факультет
Кафедра астрономии и космической геодезии



**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
А. Л. Степанченко
16 февраля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
МОДУЛЬ. ГЕОДЕЗИЯ
«Б1.О.03.02 КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОДЕЗИЯ»**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Космическая геодезия и навигация

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2024

Срок получения образования: 4 года

Объем:
в зачетных единицах: 5 з.е.
в академических часах: 180 ак.ч.

Москва, 2024

Разработчики:

Заведующий кафедрой Астрономии и космической геодезии, к.н.,
доцент Крылов В. И.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование, утвержденного приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 972

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Геодезический факультет	Председатель ученого совета факультета	Половнев О. В.	Рассмотрено	11.12.2023, № 7/23

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы
3. Место дисциплины в структуре ОП
4. Объем дисциплины и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины
 - 5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
 - 5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля
6. Оценочные материалы текущего контроля
7. Оценочные материалы промежуточной аттестации
8. Порядок проведения промежуточной аттестации
9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
 - 9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
 - 9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
 - 9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
 - 9.4. Оборудование и технические средства обучения
10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области геодезии, на основе математических и естественнонаучных знаний для ведения профессиональной деятельности по сбору, обработке и анализу пространственной информации. пространственной информации.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование понятий о современном состоянии и этапах развития космической геодезии;
- ;
- освоение навыков в методах математической обработки наблюдений средствами космической геодезии; ;
- получение компетенций по применению методов космической геодезии применительно к решению задач прикладной геодезии; ;
- формирование умений применять полученные знания в практической деятельности..

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ОПК-3 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-3.1 Дает оценку необходимости корректировки или устранения традиционных подходов при проектировании технологических процессов

Знать:

ОПК-3.1/Зн1 традиционные подходы к проектированию технологических процессов в высшей геодезии

Уметь:

ОПК-3.1/Ум1 анализировать эффективность традиционных подходов и выявлять случаи, требующие их корректировки или устранения

Владеть:

ОПК-3.1/Нв1 методами анализа и критериями для оценки целесообразности применения традиционных или новых подходов при проектировании технологических процессов

ОПК-3.2 определяет на профессиональном уровне особенности работы различных типов оборудования, информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств и выявляет недостатки их в работе

Знать:

ОПК-3.2/Зн1 принципы работы, технические характеристики и функциональные возможности различных типов геодезического оборудования, информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств, используемых в высшей геодезии

Уметь:

ОПК-3.2/Ум1 анализировать работу геодезического оборудования и программных комплексов, выявлять и диагностировать недостатки в их функционировании

Владеть:

ОПК-3.2/Нв1 навыками сравнительного анализа различных типов аппаратно-программных средств

ОПК-3.3 Демонстрирует знания о современных геоинформационных системах, информационно-телекоммуникационных технологиях и моделировании

Знать:

ОПК-3.3/Зн1 теоретические основы, принципы функционирования и области применения современных геоинформационных систем, информационно-телекоммуникационных технологий и методов моделирования в геодезии

Уметь:

ОПК-3.3/Ум1 применять современные ГИС-технологии, и методы математического моделирования для решения профессиональных задач в высшей геодезии

Владеть:

ОПК-3.3/Нв1 практическими навыками работы с программным обеспечением современных геоинформационных систем

ОПК-3.4 Демонстрирует знания проведения измерений и наблюдений, обработки и представления полученных результатов с применением информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств

Знать:

ОПК-3.4/Зн1 методы и методики проведения высокоточных геодезических измерений и наблюдений, а также современные подходы к обработке, анализу и представлению результатов с использованием информационных технологий

Уметь:

ОПК-3.4/Ум1 выполнять комплекс геодезических измерений, проводить их математическую обработку с помощью специализированного программного обеспечения и представлять итоговые данные в требуемых форматах

Владеть:

ОПК-3.4/Нв1 навыками работы с прикладным геодезическим программным обеспечением для обработки измерений, статистического анализа точности результатов.

ОПК-3.5 Демонстрирует навыки сбора и обработки материалов инженерных изысканий, наземной и аэрокосмической пространственной информации

Знать:

ОПК-3.5/Зн1 методы и технологии сбора материалов инженерных изысканий, а также принципы получения и предварительной обработки наземной и аэрокосмической пространственной информации

Уметь:

ОПК-3.5/Ум1 выполнять комплекс работ по сбору полевых данных, обрабатывать материалы и проводить первичный анализ наземных и дистанционных данных.

Владеть:

ОПК-3.5/Нв1 практическими навыками работы с оборудованием для сбора пространственной информации, специализированным программным обеспечением для их обработки

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.03.02 «Космическая геодезия» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 5, 6.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
5 семестр	72	2	17	34	21	Зачет
6 семестр	108	3	13	26	33	Экзамен (36)
Всего	180	5	30	60	54	36

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотношенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Системы отсчёта	17	4	8	5	ОПК-3.3
Тема 1.1. Преобразование прямоугольных координат посредством вращений.	8	2	4	2	
Тема 1.2. Небесные и земные системы координат.	9	2	4	3	
Раздел 2. Способы наблюдений ИСЗ	17	4	8	5	ОПК-3.2 ОПК-3.4
Тема 2.1. Наблюдения в оптическом диапазоне.	9	2	4	3	
Тема 2.2. Наблюдения в радиодиапазоне.	8	2	4	2	
Раздел 3. Геометрический метод космической геодезии	19	4	9	6	ОПК-3.1
Тема 3.1. Определение компонентов вектора пункт-пункт по спутниковым наблюдениям.	9	2	4	3	
Тема 3.2. Уравнения поправок и их решение в геометрическом методе космической геодезии.	10	2	5	3	
Раздел 4. Теория ИСЗ невозмущённого движения	19	5	9	5	ОПК-3.3

Тема 4.1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ	8	2	4	2	
Тема 4.2. Интегрирование дифференциальных уравнений невозмущённого движения ИСЗ	11	3	5	3	
Раздел 5. Теория возмущённого движения ИСЗ	42	7	15	20	ОПК-3.5
Тема 5.1. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ.	14	2	5	7	
Тема 5.2. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.	13	2	5	6	
Тема 5.3. Методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ.	15	3	5	7	
Раздел 6. Динамический метод космической геодезии	30	6	11	13	ОПК-3.1
Тема 6.1. Уравнения поправок и их решение в динамическом методе космической геодезии.	14	3	5	6	
Тема 6.2. Современные методы космической геодезии.	16	3	6	7	
Итого	144	30	60	54	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Системы отсчёта

Тема 1.1. Преобразование прямоугольных координат посредством вращений.

Преобразование прямоугольных координат с использованием углов Эйлера и Кардано.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.2. Небесные и земные системы координат.

Истинные и средние равноденственные системы координат.

Средние и мгновенные гринвичские системы координат.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 2. Способы наблюдений ИСЗ

Тема 2.1. Наблюдения в оптическом диапазоне.

Фотографические и лазерные наблюдения ИСЗ.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 2.2. Наблюдения в радиодиапазоне.

Доплеровские наблюдения, наблюдения ИСЗ, образующих ГНСС.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 3. Геометрический метод космической геодезии

Тема 3.1. Определение компонентов вектора пункт-пункт по спутниковым наблюдениям.

Элементарная фигура. Определение ориентирующих углов земной хорды способом Вайсяля.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 3.2. Уравнения поправок и их решение в геометрическом методе космической геодезии.

Уравнения связи в геометрическом методе космической геодезии. Коэффициенты при неизвестных в уравнениях поправок геометрического метода космической геодезии.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 4. Теория ИСЗ невозмущённого движения

Тема 4.1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ

Различные формы записи дифференциальных уравнений движения ИСЗ (векторная, координатная, ковариантная).

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 4.2. Интегрирование дифференциальных уравнений невозмущённого движения ИСЗ

Интегралы площадей, энергии, Лапласа, орбиты.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 5. Теория возмущённого движения ИСЗ

Тема 5.1. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ.

Дифференциальные уравнения возмущённого движения в координатной форме и в оскулирующих элементах орбиты.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 5.2. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.

Возмущающие функции от геопотенциала, от прилива, от светового давления, возмущающие ускорения от торможения атмосферы, релятивистские возмущающие ускорения.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 5.3. Методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ.

Аналитические и численные методы интегрирования.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 6. Динамический метод космической геодезии

Тема 6.1. Уравнения поправок и их решение в динамическом методе космической геодезии.

Принцип составления уравнений поправок в динамическом методе космической геодезии. Вычисление коэффициентов при неизвестных в уравнениях поправок динамического метода космической геодезии.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 6.2. Современные методы космической геодезии.

Метод РСДБ, спутниковая альтиметрия, межспутниковые наблюдения, спутниковая градиентометрия.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

6. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».

- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Зачет, 5 семестр.

Промежуточная аттестация: Экзамен, 6 семестр.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Системы отсчёта

Контролируемые ИДК: ОПК-3.3

Тема 1.1. Преобразование прямоугольных координат посредством вращений.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Формирование матриц Эйлера, Кардано

Формирование матриц вращения при поворотах системы координат относительно каждой из трёх координатных осей.

Тема 1.2. Небесные и земные системы координат.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление средних геоцентрических равноденственных координат ИСЗ на стандартную эпоху по его истинным топоцентрическим равноденственным координатам на эпоху наблюдения

Небесные и земные системы координат, связь между ними.

Раздел 2. Способы наблюдений ИСЗ

Контролируемые ИДК: ОПК-3.2 ОПК-3.4

Тема 2.1. Наблюдения в оптическом диапазоне.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление направления на ИСЗ

Тема 2.2. Наблюдения в радиодиапазоне.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Математическая обработка радионаблюдений.

Раздел 3. Геометрический метод космической геодезии

Контролируемые ИДК: ОПК-3.1

Тема 3.1. Определение компонентов вектора пункт-пункт по спутниковым наблюдениям.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление ориентирующих углов земной хорды

Тема 3.2. Уравнения поправок и их решение в геометрическом методе космической геодезии.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Прямая и обратная угловые пространственные засечки

Раздел 4. Теория ИСЗ невозмущённого движения

Контролируемые ИДК: ОПК-3.3

Тема 4.1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вывод дифференциальных уравнений движения ИСЗ в различных системах координат.

Тема 4.2. Интегрирование дифференциальных уравнений невозмущённого движения ИСЗ

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вывод условий между первыми интегралами.

Раздел 5. Теория возмущённого движения ИСЗ

Контролируемые ИДК: ОПК-3.5

Тема 5.1. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление элементов орбиты методом Гаусса

Тема 5.2. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Представление возмущающей функции геопотенциала через элементы орбиты.

Тема 5.3. Методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Численное интегрирование дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ

Раздел 6. Динамический метод космической геодезии

Контролируемые ИДК: ОПК-3.1

Тема 6.1. Уравнения поправок и их решение в динамическом методе космической геодезии.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Уравнения поправок и их решение в динамическом методе космической геодезии.

Тема 6.2. Современные методы космической геодезии.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Метод РСДБ.

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

5 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-3.4 ОПК-3.5

Вопросы/Задания:

1. Фундаментальное уравнение космической геодезии.
2. Методика формирования матрицы Эйлера.
3. Принцип решения фундаментального уравнения космической геодезии динамическим методом.
4. Принцип решения фундаментального уравнения космической геодезии геометрическим методом.
5. Движение экватора под влиянием прецессии.
6. Движение эклиптики под влиянием прецессии.
7. Движение экватора под влиянием нутации.
8. Равноденственные истинные координаты.
9. Равноденственные средние координаты.
10. Гринвичские средние координаты.
11. Гринвичские мгновенные координаты.
12. Геодезические прямоугольные координаты.
13. Геодезические криволинейные координаты.
14. Связь между геодезическими криволинейными и прямоугольными координатами.

15. Параметры Гельмерта для преобразования координат.
16. Общая схема астрометрической обработки наблюдений ИСЗ способом Тернера.
17. Понятие о кодовых псевдодальностях в ГНСС.
18. Понятие о фазовых псевдодальностях в ГНСС.
19. Понятие о методе спутниковой альтиметрии.
20. Понятие о методе РСДБ.

6 семестр, Экзамен

Контролируемые ИДК: ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-3.4 ОПК-3.5

Вопросы/Задания:

1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ в векторной форме.
2. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ в прямоугольных координатах.
3. Ковариантная форма записи дифференциальных уравнений движения ИСЗ.
4. Интегралы площадей.
5. Интеграл энергии.
6. Интегралы Лапласа.
7. Две зависимости между первыми интегралами.
8. Интеграл орбиты.
9. Уравнение Кеплера.
10. Кеплеровы элементы орбиты.
11. Геометрия движения ИСЗ по эллиптической орбите.
12. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ в прямоугольных координатах.
13. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ в оскулирующих элементах орбиты в форме Лагранжа.
14. Возмущающая функция от гравитационного поля Земли.
15. Возмущающие ускорения и возмущающая функция от гравитационного притяжения Луны.

16. Приливная возмущающая функция от гравитационного притяжения Луны.
17. Возмущающие ускорения и возмущающая функция от светового давления.
18. Возмущающие ускорения от торможения атмосферы.
19. Уравнения поправок в геометрическом методе космической геодезии.
20. Виды условий, возникающих в космических геодезических построениях.
21. Уравнения поправок в динамическом методе космической геодезии

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Крылов В.И. Координатно-временные преобразования в геодезии: учебное пособие. - М.: Изд-во МИИГАиК, 2014. - 90 с., ил.
2. Крылов В.И. Основы теории движения ИСЗ (часть первая: невозмущённое движение).: Учебное пособие. / В.И. Крылов. - МИИГАиК, 2015. - 52 - Текст: непосредственный.
3. Крылов В.И. Основы теории движения ИСЗ (часть вторая: возмущённое движение).: Учебное пособие. / В.И. Крылов. - МИИГАиК, 2016. - 67 - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Крылов В.И. Космическая геодезия: Учебное пособие. / В.И. Крылов. - МИИГАиК, 2002. - 168 - Текст: непосредственный.
2. В.И. Крылов. Космическая геодезия и геодинамика: Практикум по выполнению практических заданий. - М.: МИИГАиК, 2016. - 31 с.

9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

1. <https://www.garant.ru> - Информационно-правовой портал "Гарант"

Ресурсы «Интернет»

Не используются.

9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения

(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

Перечень информационно-справочных систем

(обновление выполняется еженедельно)

Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Смешанный тип

Интерактивная панель - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

С целью успешного освоения данного предмета студенту необходимо выполнять домашние работы по указанным преподавателям темам и представленным на занятиях материалам. Для более успешного выполнения работы студенту предлагается использование учебно-методических материалов, соответствующих указанной теме.

Самостоятельная работа студентов описывается и регулируется:

- Методическими рекомендациями по дисциплине;
- Методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы студентов МИИГАиК;

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.