



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

Геодезический факультет
Кафедра высшей 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)
«Б1.В.ДВ.02.01 МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ»**

Уровень высшего образования: магистратура

Направление подготовки: 21.04.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Геодезия

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2024

Срок получения образования: 2 года

Объем:
в зачетных единицах: 3 з.е.
в академических часах: 108 ак.ч.

Москва, 2024

Разработчики:

Заведующий кафедрой высшей геодезии, д.н., доцент Вшивкова
О. В.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.04.03 Геодезия и дистанционное зондирование, утвержденного приказом Минобрнауки от 11.08.2020 № 938

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 - формирование способности проводить фундаментальные и прикладные научные исследования в сфере Геодезии и дистанционного зондирования, обобщать, анализировать и оформлять научные результаты.

Задачи изучения дисциплины:

- получение знаний, позволяющих выполнять исследования по моделированию физических процессов и явлений с целью повышения точности геодезических измерений, развития глобальных навигационных спутниковых систем и их функциональных дополнений;
- формирование умений по проведению научных исследований и руководству группой исследователей, осуществляющих разработку моделей физических процессов и явлений в сфере Геодезии и дистанционного зондирования;
- овладение навыками обработки и анализа результатов исследований и научно-техническую информации по тематике, связанной с моделированием физических процессов и явлений.

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-1 Способен проводить фундаментальные и прикладные научные исследования в сфере профессиональной деятельности, обобщать, анализировать и оформлять научные результаты

ПК-1.1 Проводит исследования

Знать:

ПК-1.1/Зн2 Методы выполнения научных исследований, используемые в сфере Геодезии и дистанционного зондирования с целью моделирования физических процессов и явлений, влияющих на точность геодезических измерений

Уметь:

ПК-1.1/Ум2 Выбирать оптимальный, с точки зрения результативности, метод выполнения научных исследований в сфере Геодезии и дистанционного зондирования с целью моделирования физических процессов и явлений, влияющих на точность геодезических измерений

Владеть:

ПК-1.1/Нв2 Навыками проведения научных исследований в сфере Геодезии и дистанционного зондирования с целью моделирования физических процессов и явлений, влияющих на точность геодезических измерений

ПК-1.2 Обрабатывает и анализирует результаты исследований и научно-техническую информацию

Знать:

ПК-1.2/Зн2 Основные методы обработки и анализа результатов исследований и научно-технической информации по тематике моделирования физических процессов и явлений, влияющих на точность геодезических измерений

Уметь:

ПК-1.2/Ум2 Выбирать результативные методы обработки и анализа результатов исследований и научно-технической информации по тематике моделирования физических процессов и явлений, влияющих на точность геодезических измерений

Владеть:

ПК-1.2/Нв2 Навыками обработки и анализа результатов исследований и научно-технической информации по тематике моделирования физических процессов и явлений, влияющих на точность геодезических измерений

ПК-1.3 Руководит группой работников при проведении исследований

Знать:

ПК-1.3/Зн2 Принципы организации работы исследовательских групп, осуществляющих моделирование физических процессов и явлений

Уметь:

ПК-1.3/Ум1 планировать и координировать работу группы, ставить задачи

Владеть:

ПК-1.3/Нв1 навыками управления коллективом и обеспечения эффективной коммуникации в научно-исследовательской группе.

ПК-1.4 Проводит научных исследований направлений развития глобальных навигационных спутниковых систем и их функциональных дополнений

Знать:

ПК-1.4/Зн2 Физические процессы и явления, влияющие на эффективность функционирования глобальных навигационных спутниковых систем

Уметь:

ПК-1.4/Ум2 Выявлять направления развития ГНСС и их функциональных дополнений, связанные с разработкой эффективных моделей физических процессов и явлений

Владеть:

ПК-1.4/Нв1 методами сравнительного анализа различных ГНСС, навыками прогнозирования тенденций развития спутниковых навигационных технологий.

ПК-1.5 Исследует и разрабатывает состав, структуру навигационных сигналов и методов их обработки в навигационной аппаратуре потребителей

Знать:

ПК-1.5/Зн2 Методы моделирования и учета тропосферной и ионосферной задержек навигационных сигналов, реализованные в составе и структуре навигационных сигналов и программном обеспечении навигационной аппаратуры потребителей

Уметь:

ПК-1.5/Ум1 анализировать характеристики навигационных сигналов, разрабатывать предложения по их совершенствованию и моделировать процессы обработки в навигационных приемниках

Владеть:

ПК-1.5/Нв2 Навыками анализа эффективности методов моделирования и учета тропосферной и ионосферной задержек навигационных сигналов, реализованных в составе и структуре навигационных сигналов и программном обеспечении навигационной аппаратуры потребителей

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.ДВ.02.01 «Моделирование физических процессов и явлений» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 2.

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)	Лабораторные занятия (часы)	Лекционные занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
2 семестр	108	3	32	16	24	Экзамен (36)
Всего	108	3	32	16	24	36

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий (часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лабораторные занятия	Лекционные занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты с обучением, соотнесенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Моделирование статистических зависимостей	39	16	10	13	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
Тема 1.1. Введение	3		2	1	
Тема 1.2. Моделирование статистических зависимостей с использованием элементов корреляционного анализа	18	8	4	6	
Тема 1.3. Моделирование статистических зависимостей по методу наименьших квадратов (МНК)	18	8	4	6	
Раздел 2. Моделирование тропосферной задержки	33	16	6	11	ПК-1.4 ПК-1.5
Тема 2.1. Влияние нейтральной атмосферы на результаты спутниковых измерений	15	8	2	5	
Тема 2.2. Моделирование тропосферной задержки	18	8	4	6	
Итого	72	32	16	24	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Моделирование статистических зависимостей

Тема 1.1. Введение

Цели моделирования. Типы моделируемых объектов. Классификация методов моделирования. Особенности моделирования физических процессов и явлений. Оценка качества моделей

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Наличие конспекта лекций

Тема 1.2. Моделирование статистических зависимостей с использованием элементов корреляционного анализа

Виды зависимостей. Методы моделирования статистических зависимостей. Характеристики тесноты корреляционной зависимости. Уравнение регрессии. Корреляционно-регрессионный анализ

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Расчетно-графическая работа

Тема 1.3. Моделирование статистических зависимостей по методу наименьших квадратов (МНК)

Особенности моделирования по МНК. Параметрический и корреляционный способы реализации МНК. Этапы моделирования по МНК параметрическим способом

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Расчетно-графическая работа

Раздел 2. Моделирование тропосферной задержки

Тема 2.1. Влияние нейтральной атмосферы на результаты спутниковых измерений

Особенности прохождения радиосигнала в нейтральной атмосфере. Зависимость скорости радиосигнала от физического состояния нейтральной атмосферы. Понятие тропосферной задержки

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Расчетно-графическая работа

Тема 2.2. Моделирование тропосферной задержки

Статистические и комбинированные модели тропосферной задержки. Относительный и дифференциальный методы спутниковых измерений, как средство ослабления влияния ошибок моделирования тропосферной задержки

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Расчетно-графическая 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: Экзамен, 2 семестр.

Экзамен проводится в форме электронного тестирования в системе СДО МИИГАиК

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Моделирование статистических зависимостей

Контролируемые ИДК: ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3

Тема 1.1. Введение

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Тема 1.2. Моделирование статистических зависимостей с использованием элементов корреляционного анализа

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Исследование многофакторной корреляционной зависимости (на примере угла вертикальной рефракции)
2. Исследование многофакторной корреляционной зависимости с использованием инструментов Excel

Тема 1.3. Моделирование статистических зависимостей по методу наименьших квадратов (МНК)

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Моделирование статистических зависимостей по МНК параметрическим способом (на примере угла рефракции)

Раздел 2. Моделирование тропосферной задержки

Контролируемые ИДК: ПК-1.4 ПК-1.5

Тема 2.1. Влияние нейтральной атмосферы на результаты спутниковых измерений

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Определение тропосферной задержки по данным радиозондирования атмосферы

Тема 2.2. Моделирование тропосферной задержки

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Оценка точности моделей тропосферной задержки

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

2 семестр, Экзамен

Контролируемые ИДК: ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4 ПК-1.5

Вопросы/Задания:

1. В какой последовательности реализуют моделирование статистической зависимости физической величины от набора влияющих факторов?

1. анализ тесноты зависимости и формирование окончательного набора влияющих факторов
2. выдвижение гипотезы о форме зависимости
3. определение параметров модели
4. оценка точности модели
5. формирование выборки, включающей измеренные значения моделируемой величины и соответствующие значения влияющих факторов
6. формирование предварительного набора влияющих факторов

2. Для какого объекта применимо описательное моделирование?

1. Солнечная система
2. проектируемая геодезическая сеть
3. бизнес-план

3. Какая из перечисленных пар объектов НЕ является парой «объект моделирования – модель»?

1. отец – сын
2. Земля – глобус
3. человек – его портрет

4. Какие из перечисленных ниже моделей могут быть получены в процессе нормативного моделирования?

1. реконструкция движения литосферных плит
2. проект здания
3. инструкция по геометрическому нивелированию

5. При моделировании по методу наименьших квадратов для оценки точности наиболее надежных значений параметров модели используют обратные веса, расположенные по главной ... матрицы R коэффициентов нормальных уравнений.

Вставьте в предложение недостающее слово

6. При моделировании по методу наименьших квадратов для получения параметрических уравнений поправок выполняют параметрических уравнений связи.

Вставьте в предложение недостающее слово

7. При моделировании по методу наименьших квадратов поправки в приближенные значения параметров модели получают из решения системы ... уравнений.

Вставьте в предложение недостающее слово

8. Сколько столбцов включает матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок при моделировании статистической зависимости по методу наименьших квадратов, если выборка содержит n измеренных значений моделируемой величины, модель содержит s параметров, соответствующее число избыточных измерений обозначено через $r=n-s$?

При записи числа столбцов матрицы коэффициентов параметрических уравнений поправок используйте латинскую букву, соответствующую принятым обозначениям

9. Сколько строк включает вектор свободных членов параметрических уравнений поправок при моделировании статистической зависимости по методу наименьших квадратов, если выборка содержит n измеренных значений моделируемой величины, количество влияющих факторов равно k , модель содержит s параметров, соответствующее число избыточных измерений обозначено через $r=n-s$?

При записи числа строк вектора свободных членов параметрических уравнений поправок используйте латинскую букву, соответствующую принятым обозначениям

10. Чему равен коэффициент параметрического уравнения поправок, если моделируемая зависимость физической величины y от влияющего фактора x имеет вид $y=mx$; измеренные значения равны $y=5$, $x=2$? Моделирование выполняют по методу наименьших квадратов параметрическим способом

11. Чему равен свободный член параметрического уравнения поправок, если моделируемая зависимость физической величины y от влияющего фактора x имеет вид $y=mx$; измеренные значения равны $y=5$, $x=2$; приближенное значение параметра модели равно $m(0)=3$? Моделирование выполняют по методу наименьших квадратов параметрическим способом

12. Что понимают под оценкой точности модели по внешней и внутренней сходимости?

Оценка точности модели по ВНЕШНЕЙ сходимости - определение по формуле Бесселя средней квадратической ошибки модели по отклонениям смоделированных значений от их центра распределения

Оценка точности модели по ВНУТРЕННЕЙ сходимости - определение по формуле Гаусса средней квадратической ошибки модели по отклонениям смоделированных значений от значений, полученных другим независимым способом

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Самков Т. Л. Моделирование случайных процессов. Лекции: учебное пособие: учебное пособие / Т. Л. Самков. - Моделирование случайных процессов. Лекции - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. - 119 с. - 2227-8397. - Текст: электронный. // IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/117103.html> (дата обращения: 16.03.2025). - Режим доступа: по подписке

Дополнительная литература

1. Составители: Федоров С.Ф., Вшивкова О.В., Швец С.В. Методические указания «Уравнивание геодезических измерений параметрическим способом» по курсу ТМОГИ для студентов III курса геодезического факультета. - М.: Изд. МИИГАиК, 2011.

2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2-х т. Т. 2. Монография. ГОУ ВПО "Сибирская государственная геодезическая академия". / К.М. Антонович. - ФГУП "Картгеоцентр", 2006. - 360 - 5-86066-077-4 (т.2). - Текст: непосредственный.

3. О.В. Вшивкова. Физика Земли и атмосферы. Влияние атмосферы на результаты геодезических измерений: Учебное пособие. - М.: МИИГАиК, 2017. - 88 с.

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

Профессиональные базы данных

1. <http://www.iprbookshop.ru> - Учебная литература, размещенная на данном ресурсе
2. <http://www.miigaik.ru/library> - Электронная библиотека МИИГАиК

Ресурсы «Интернет»

1. <http://www.miigaik.ru> - сайт Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК)
2. https://www.elibrary.ru/project_risc.asp - научная электронная библиотека
3. <https://sdo.miigaik.ru> - Система дистанционного обучения МИИГАиК

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

Компьютерный класс

Маркерная доска - 0 шт.

Моноблок - 16 шт.

Проектор - 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.