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

Геодезический факультет
Кафедра 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
13 мая 2022 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
# ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
# «Б1.О.03.02 ТЕОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

Уровень высшего образования: специалитет

Специальность: 21.05.01 Прикладная геодезия

Направленность(профиль) подготовки: Инженерная геодезия

Квалификация (степень) выпускника: инженер-геодезист

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2022

Срок получения образования: 5 лет

Объем: в зачетных единицах: 7 з.е.
в академических часах: 252 ак.ч.

Москва, 2022

**Разработчики:**

Доцент кафедры Геодезии, к.н., доцент Голубев В. В.

Доцент кафедры Геодезии, к.н. Клыпин И. А.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия, утвержденного приказом Минобрнауки от 11.08.2020 № 944

Согласование и утверждение

| № | Подразделение | Ответственное лицо | ФИО | Виза | Дата, протокол (при наличии) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Геодезический факультет | Председатель ученого совета факультета | Половнев О. В. | Рассмотрено | 28.01.2022, № 4 |

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 - получение обучающимися теоретических знаний и освоение современных методов анализа и обработки геодезических измерений

Задачи изучения дисциплины:

- формирование понятий о современных методиках предрасчета и оценки точности измерений, основных этапах и особенностях уравнивания геодезических сетей;
- освоение навыков дифференцирования сложных функций, матричных вычислений, исследования закономерностей случайных явлений и статистического анализа, выделения особенностей различных видов геодезических измерений и сетей;
- получение компетенций по предварительной разработке методики предрасчета и оценки точности измерений, построения алгоритмов уравнивания геодезических сетей и их реализации с учетом особенностей их создания;
- формирование умений применять полученные знания в практической деятельности, решать практические задачи согласно алгоритмам предрасчета и оценки точности измерений, уравнивания различных видов геодезических сетей при организации и реализации геодезических проектов.

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

*Компетенции, индикаторы и результаты обучения*

ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи производственной деятельности на основе фундаментальных знаний в области геодезии

ОПК-1.1 Демонстрирует навыки физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий

*Знать:*

ОПК-1.1/Зн2 Геометрические и физические основы высшей геодезии и точностные ограничения пространственных, линейно-угловых и высотных сетей

*Уметь:*

ОПК-1.1/Ум2 Объяснять и доказывать с помощью математических методов качественных связей между изменениями геометрических и физических геодезических величин

*Владеть:*

ОПК-1.1/Нв1 Способами априорной оценки точности геодезических построений

ОПК-1.2 Использует фундаментальные знания для решения задач профессиональной деятельности в области геодезии

*Знать:*

ОПК-1.2/Зн3 Алгоритмы уравнивания геодезических сетей

*Уметь:*

ОПК-1.2/Ум2 Обрабатывать и производить оценку точности высокоточного геометрического нивелирования и применяемых методов решения прикладных задач высшей геодезии

*Владеть:*

ОПК-1.2/Нв2 Выполнением и обработкой геодезических измерений в геодезических сетях

ОПК-1.3 Анализирует причины снижения качества технологических процессов и предлагает эффективные способы повышения качества производства работ при выполнении различных технологических операций

*Знать:*

ОПК-1.3/Зн2 Основные этапы и последовательность выполнения полевых и камеральных топографо-геодезических и аэрофотосъёмочных работ

*Уметь:*

ОПК-1.3/Ум1 Оценивать и выводить количественные связи между изменениями геометрических и физических геодезических величин, обрабатывать и анализировать современные геодезические измерения

*Владеть:*

ОПК-1.3/Нв2 Навыками сбора, обработки геодезической информации и проектирования геодезических построений

ОПК-1.4 Демонстрирует навыки использования современных инструментов и методов планирования и контроля проектов, связанных с осложнениями, возникающими при производстве работ

*Знать:*

ОПК-1.4/Зн2 Основные принципы решения задач математической геодезии на плоскости, на сфероиде и в пространстве

*Уметь:*

ОПК-1.4/Ум2 Преобразовывать математические координаты и анализировать научно-техническую литературу

*Владеть:*

ОПК-1.4/Нв2 Специализированной научной, производственной и профессиональной терминологией

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

ОПК-3.1 Демонстрирует умение самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее

*Знать:*

ОПК-3.1/Зн1 Основное назначение и методы создания геодезических сетей

*Уметь:*

ОПК-3.1/Ум1 Создавать проекты геодезических сетей различного назначения

*Владеть:*

ОПК-3.1/Нв1 Навыками камеральной обработки измерений, уравнивания различных геодезических сетей, их оценки точности

ОПК-3.2 Анализирует внутреннюю логику научного знания

*Знать:*

ОПК-3.2/Зн1 Состав геодезической проектной документации

*Уметь:*

ОПК-3.2/Ум1 Выполнять весь комплекс полевых и камеральных геодезических и аэрофотосъёмочных изыскательских работ

*Владеть:*

ОПК-3.2/Нв1 Навыками разработки проектной продукции

ОПК-3.3 Анализирует комплекс современных проблем человека, науки и техники, общества и культуры

*Знать:*

ОПК-3.3/Зн1 Основное назначение и методы создания геодезических сетей

*Уметь:*

ОПК-3.3/Ум1 Создавать проекты геодезических сетей различного назначения

*Владеть:*

ОПК-3.3/Нв1 Навыками использования средств вычислительной техники для математической обработки результатов полевых геодезических измерений

ОПК-3.4 Обосновывает свою мировоззренческую и социальную позицию и применяет приобретенные знания в областях, не связанных с профессиональной деятельностью

*Знать:*

ОПК-3.4/Зн1 Особенности построения различных видов геодезических сетей, характеристики их точности

*Уметь:*

ОПК-3.4/Ум1 Выполнять предрасчет необходимой точность создания геодезических сетей для аэрокосмических и наземных фотограмметрических съемок

*Владеть:*

ОПК-3.4/Нв1 Навыками сбора и обработки информации

ОПК-3.5 Определяет основные направления развития инновационных технологий в геодезии и дистанционном зондировании

*Знать:*

ОПК-3.5/Зн1 Содержание мероприятий для реализации и воплощения проекта в жизнь

*Уметь:*

ОПК-3.5/Ум1 Применять современные информационные технологии для обработки геодезической информации

*Владеть:*

ОПК-3.5/Нв1 Навыками проектирования геодезического обеспечения инженерно-геодезических сетей

ОПК-3.6 Оценивает инновационные риски

*Знать:*

ОПК-3.6/Зн1 Теоретические основы обработки результатов измерений как одной величины, так и геодезических сетей

*Уметь:*

ОПК-3.6/Ум1 Анализировать результаты геодезических измерений

*Владеть:*

ОПК-3.6/Нв1 Навыками анализа результатов геодезических измерений, уравнивания и оценки точности геодезических построений, являющихся объектами профессиональной деятельности

ОПК-3.7 Владеет навыками разработки инновационных подходов в конкретных технологиях с помощью АРМ

*Знать:*

ОПК-3.7/Зн1 Систему, структуру алгоритмов для расчёта проектного решения в области геодезического обеспечения инженерной геодезии

*Уметь:*

ОПК-3.7/Ум1 Применять современные алгоритмы обработки результатов геодезических измерений и проведения статистического анализа информации

*Владеть:*

ОПК-3.7/Нв1 Навыками обработки геодезической информации с целью предрасчета точности

ОПК-3.8 Обрабатывает результаты научно-исследовательской, практической технической деятельности используя информационные ресурсы и использует полученную информацию для принятия решений в профессиональной деятельности

*Знать:*

ОПК-3.8/Зн1 Знает алгоритмы уравнивания геодезических сетей

*Уметь:*

ОПК-3.8/Ум1 Применять алгоритмы предрасчета точности и проектирования геодезических построений

*Владеть:*

ОПК-3.8/Нв1 Проектирования геодезических сетей

ПК-1 Способен проводить научные исследования в области координатно-временного и навигационного обеспечения территорий

ПК-1.1 Проводит исследования и эксперименты

*Знать:*

ПК-1.1/Зн3 Информационные и телекоммуникационные технологии для представления результатов геодезических работ

*Уметь:*

ПК-1.1/Ум3 Анализировать и систематизировать обрабатываемую информацию

*Владеть:*

ПК-1.1/Нв3 Навыками обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний

ПК-1.2 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

*Знать:*

ПК-1.2/Зн3 Государственные системы координат, системы координат, применяемые при ведении ГКН

*Уметь:*

ПК-1.2/Ум3 Применять современные программные средства обработки и уравнивания геодезических полевых и орбитальных измерений

*Владеть:*

ПК-1.2/Нв3 Навыками обработки, анализа результатов исследований с использованием научно-технической информацией по соответствующей области знаний

ПК-3 Способен обеспечить инженерно-геодезические работы

ПК-3.1 Создает специальные планово-высотные сети спутниковыми и наземными методами

*Знать:*

ПК-3.1/Зн1 Общие сведения о фигуре и форме Земли, различных системах координат и высот, проекции Гаусса-Крюгера

*Уметь:*

ПК-3.1/Ум2 Анализировать точность и корректность пространственного положения объектов в ГИС

*Владеть:*

ПК-3.1/Нв4 Приемами составления конструкторской и инженерно-строительной документации

ПК-3.2 Определяет планово-высотные координаты точек местности и промплощадок, а также элементов строительных конструкций инженерных сооружений и технологического оборудования наземными и спутниковыми методами

*Знать:*

ПК-3.2/Зн1 Стандарты представления и обмена пространственными данными в ГИС

*Уметь:*

ПК-3.2/Ум1 Выполнять импорт, обработку и визуализацию координат точек местности, промплощадок и элементов инженерных сооружений в программных средствах ГИС

*Владеть:*

ПК-3.2/Нв1 Практическими навыками создания и редактирования тематических слоёв в ГИС, содержащих координаты и атрибутивную информацию о точках и элементах объектов, полученных спутниковыми и наземными методами

ПК-3.3 Создает высокоточную планово-высотную сеть для проведения деформационного мониторинга зданий, сооружений и технологического оборудования

*Знать:*

ПК-3.3/Зн1 Требования к точности, структуре сети и особенностям пространственного анализа в ГИС

*Уметь:*

ПК-3.3/Ум2 Обработывать и уравнивать результаты высокоточного нивелирования на вертикальных объектах и в горных условиях

*Владеть:*

ПК-3.3/Нв1 Навыками создания, редактирования и сопровождения специализированных слоёв в ГИС, содержащих результаты измерений и мониторинга деформаций зданий, сооружений и оборудования

ПК-3.4 Проводит деформационный мониторинг природных объектов, сооружений и технологического оборудования

*Знать:*

ПК-3.4/Зн1 Основы применения геоинформационных технологий для сбора, систематизации и анализа данных деформационного мониторинга природных объектов, сооружений и технологического оборудования

*Уметь:*

ПК-3.4/Ум2 Обработывать и уравнивать результаты гравиметрических определений

*Владеть:*

ПК-3.4/Нв1 Навыками работы с геопространственными данными в ГИС, включая создание, редактирование и актуализацию слоёв мониторинга деформаций

ПК-3.5 Выполняет инженерно-геодезические работы на объектах капитального строительства, в том числе особо опасных, технически сложных и уникальных объектах, а также монтажа и эксплуатации технологического оборудования

*Знать:*

ПК-3.5/Зн1 Принципы применения геоинформационных технологий и современных спутниковых систем позиционирования (GNSS) в инженерно-геодезических работах на объектах капитального строительства

*Уметь:*

ПК-3.5/Ум1 Использовать программные средства ГИС и спутниковые технологии для сбора, обработки и анализа геопространственных данных

*Владеть:*

ПК-3.5/Нв1 Навыками создания и ведения геоинформационных систем, обеспечивающих интеграцию и визуализацию данных инженерно-геодезических изысканий

ПК-3.6 Выполняет геодезическое обеспечение гидрографических работ для строительства и эксплуатации линейных и площадных сооружений в районах рек, морей, озер и водохранилищ

*Знать:*

ПК-3.6/Зн1 Основы применения геоинформационных технологий для обеспечения геодезических работ в районах рек, морей, озер и водохранилищ

*Уметь:*

ПК-3.6/Ум1 Выполнять сбор, обработку и интеграцию геопространственных данных гидрографических съемок с использованием ГИС-программ

*Владеть:*

ПК-3.6/Нв1 Навыками работы с современными геоинформационными технологиями для создания, редактирования и визуализации тематических слоёв гидрографических данных

ПК-3.7 Выполняет инженерно-геодезические работы на объектах культурного наследия

*Знать:*

ПК-3.7/Зн1 Основы применения геоинформационных технологий и цифровых методов (3D-сканирование, фотограмметрия, лазерное сканирование) для документации, анализа и сохранения объектов культурного наследия

*Уметь:*

ПК-3.7/Ум1 Использовать программные средства ГИС и специализированное ПО для создания, обработки и визуализации цифровых моделей и геопривязанных данных объектов культурного наследия

*Владеть:*

ПК-3.7/Нв1 Навыками интеграции результатов геодезических измерений в геоинформационные системы для комплексного управления информацией об объектах культурного наследия, включая подготовку 3D-моделей и тематических карт для реставрационных и исследовательских работ

ПК-3.8 Выполняет камеральную обработку материалов инженерно-геодезических работ, подготовка и составление технических отчетов о выполненных инженерно-геодезических работах

*Знать:*

ПК-3.8/Зн1 Принципы и методы камеральной обработки геодезических данных с использованием геоинформационных технологий, включая стандарты форматов пространственных данных

*Уметь:*

ПК-3.8/Ум1 Выполнять обработку и интеграцию геодезических измерений в ГИС-программных комплексах

*Владеть:*

ПК-3.8/Нв2 Обработкой и уравниванием результатов высокоточного геометрического нивелирования

ПК-7 Способен управлять инженерно-геодезическими работами

ПК-7.1 Планирует инженерно-геодезические работы

*Знать:*

ПК-7.1/Зн2 Методы и технологии планирования инженерно-геодезических работ

*Уметь:*

ПК-7.1/Ум1 Выбирать оптимальные методы и средства для выполнения изысканий

*Владеть:*

ПК-7.1/Нв1 Навыками использования геоинформационных систем (ГИС) для анализа района строительства и подготовки планов

ПК-7.2 Планирует инженерно-геодезические работы

*Знать:*

ПК-7.2/Зн2 Методы и технологии планирования инженерно-геодезических работ

*Уметь:*

ПК-7.2/Ум1 Выбирать оптимальные методы и средства для выполнения изысканий

*Владеть:*

ПК-7.2/Нв1 Навыками использования геоинформационных систем (ГИС) для анализа района строительства и подготовки планов

ПК-7.3 Готовит технический отчет о выполненных инженерно-геодезических работах

*Знать:*

ПК-7.3/Зн1 Требования к содержанию и оформлению технических отчетов по инженерно-геодезическим изысканиям согласно нормативам

*Уметь:*

ПК-7.3/Ум1 Систематизировать и обрабатывать полученные геодезические данные

*Владеть:*

ПК-7.3/Нв1 Навыками использования программного обеспечения для обработки и визуализации геодезических данных

ПК-7.4 Организует производство инженерно-геодезические работы

*Знать:*

ПК-7.4/Зн1 Организационные принципы и этапы производства инженерно-геодезических работ

*Уметь:*

ПК-7.4/Ум1 Обеспечивать соблюдение нормативных требований и стандартов качества

*Владеть:*

ПК-7.4/Нв1 Инструментами контроля качества инженерно-геодезических работ

ПК-7.5 Разрабатывает мероприятия для повышения эффективности и качества выполнения инженерно-геодезических работ

*Знать:*

ПК-7.5/Зн1 Современные методы и технологии повышения точности и надежности геодезических измерений

*Уметь:*

ПК-7.5/Ум1 Разрабатывать и внедрять мероприятия по оптимизации работ и снижению затрат

*Владеть:*

ПК-7.5/Нв1 Навыками применения современных программных средств для автоматизации и контроля качества

ПК-10 Управление производственно-технологическими процессами, организация и управление проектами геодезических работ

ПК-10.1 Организует и управляет проектами производства геодезических работ по созданию, поддержанию и развитию государственной координатной основы

*Знать:*

ПК-10.1/Зн1 Структуру и принципы проектирования государственных геодезических, нивелирных и гравиметрических сетей

*Уметь:*

ПК-10.1/Ум1 Разрабатывать комплексные проекты и технические задания для создания и развития государственной координатной основы

*Владеть:*

ПК-10.1/Нв1 Навыками использования специализированного программного обеспечения

ПК-10.2 Руководит персоналом подразделения

*Знать:*

ПК-10.2/Зн1 Основы менеджмента и организации труда в подразделении геодезических работ

*Уметь:*

ПК-10.2/Ум1 Осуществлять контроль и оценку эффективности работы персонала

*Владеть:*

ПК-10.2/Нв1 Методами управления персоналом, включая постановку целей, контроль исполнения и обратную связь

ПК-10.3 Совершенствует производственно-технологическим процессом создания, поддержания и развития государственной координатной основы

*Знать:*

ПК-10.3/Зн1 Современные методы и технологии производства геодезических работ, включая программное обеспечение

*Уметь:*

ПК-10.3/Ум1 Анализировать текущие производственные процессы и выявлять возможности для их оптимизации

*Владеть:*

ПК-10.3/Нв1 Навыками применения современных геоинформационных технологий и автоматизации геодезических процессов

## 3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.03.02 «Теория математической обработки геодезических измерений» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 3, 4.

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) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | 108 | 3 | 34 | 34 | 40 | Зачет |
| 4 семестр | 144 | 4 | 32 | 32 | 44 | Экзамен (36) |
| Всего | 252 | 7 | 66 | 66 | 84 | 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 обучения, соотнесенные с результатами освоения программы |
|---|---|---|---|---|---|
| **Раздел 1. Теория ошибок измерений** | **108** | **34** | **34** | **40** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4<br>ОПК-3.1<br>ОПК-3.2<br>ОПК-3.3<br>ОПК-3.4<br>ОПК-3.5<br>ОПК-3.6<br>ОПК-3.7<br>ОПК-3.8<br>ПК-1.1<br>ПК-1.2<br>ПК-3.1<br>ПК-3.2<br>ПК-3.3<br>ПК-3.4<br>ПК-3.5<br>ПК-3.6<br>ПК-3.7<br>ПК-3.8<br>ПК-7.1<br>ПК-7.2<br>ПК-7.3 |
| Тема 1.1. Ошибки измерений | 26 | 6 | 10 | 10 | |
| Тема 1.2. Элементы корреляционного анализа | 20 | 6 | 6 | 8 | |
| Тема 1.3. Корреляционная матрица. Обобщенная теорема оценки точности | 18 | 6 | 6 | 6 | |
| Тема 1.4. Элементы математической статистики в теории ошибок измерений | 22 | 8 | 6 | 8 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Тема 1.5. Оценка точности измерений и их функций | 22 | 8 | 6 | 8 | ПК-7.4<br>ПК-7.5<br>ПК-10.1<br>ПК-10.2<br>ПК-10.3 |
| **Раздел 2. Метод наименьших квадратов** | **108** | **32** | **32** | **44** | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ОПК-1.3<br>ОПК-1.4<br>ОПК-3.1<br>ОПК-3.2 |
| Тема 2.1. Необходимые и избыточные измерения | 27 | 8 | 8 | 11 | ОПК-3.3<br>ОПК-3.4<br>ОПК-3.5<br>ОПК-3.6<br>ОПК-3.7<br>ОПК-3.8 |
| Тема 2.2. Параметрический способ уравнивания | 27 | 8 | 8 | 11 | ПК-1.1<br>ПК-1.2<br>ПК-3.1<br>ПК-3.2<br>ПК-3.3<br>ПК-3.4 |
| Тема 2.3. Коррелатный способ уравнивания | 27 | 8 | 8 | 11 | ПК-3.5<br>ПК-3.6<br>ПК-3.7<br>ПК-3.8<br>ПК-7.1<br>ПК-7.2 |
| Тема 2.4. Групповое и комбинированное уравнивание | 27 | 8 | 8 | 11 | ПК-7.3<br>ПК-7.4<br>ПК-7.5<br>ПК-10.1<br>ПК-10.2<br>ПК-10.3 |
| **Итого** | **216** | **66** | **66** | **84** | |

## 5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

***Раздел 1. Теория ошибок измерений***

*Тема 1.1. Ошибки измерений*

Необходимые сведения из теории вероятностей. Классификация ошибок измерений. Свойства ошибок измерений. Равноточные и неравноточные измерения. Контроль правильности измерений: повторные измерения, избыточно-измеренные величины, невязки. Ошибки измерений как случайные величины. Закон распределения ошибок результатов измерений. Роль нормального закона распределения как закона распределения результатов измерений и их ошибок. Объяснение свойств ошибок измерений. Понятие о центральной предельной теореме А.М.Ляпунова. Вероятность попадания ошибок измерений в заданный интервал. Предельные ошибки и правило 2-х и 3-х сигм. Равномерное распределение как модель распределения ошибок округления. Математическое ожидание ошибок измерений и систематическая ошибка. Характеристики рассеивания как характеристики точности измерений.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

*Тема 1.2. Элементы корреляционного анализа*

Многомерная случайная величина (случайный вектор), совместный, частные, условные законы распределения, числовые характеристики случайного вектора, Система двух случайных величин. Виды зависимостей между величинами. Прямолинейная корреляционная зависимость. Корреляционный момент. Коэффициент корреляции и его свойства. Оценка надежности коэффициента корреляции при малом и большом числе измерений. Уравнение регрессии.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

*Тема 1.3. Корреляционная матрица. Обобщенная теорема оценки точности*

Корреляционная (ковариационная) и обратная весовая матрицы. Вычисление корреляционной (ковариационной) и обратной весовой матриц линейных и нелинейных функций случайного вектора.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

*Тема 1.4. Элементы математической статистики в теории ошибок измерений*

Понятие о генеральной совокупности и случайной выборке. Статистический группированный ряд, гистограмма. Оценивание параметров распределения. Свойства оптимальных оценок. Методы оценивания. Многократные независимые равноточные и неравноточные измерения одной величины. Оценивание неизвестного значения измерявшейся величины и среднего квадратического отклонения единицы веса по ряду многократных независимых измерений. Формулы Гаусса и Бесселя. Влияние систематических и случайных ошибок измерений на оценку искомой величины – среднее весовое и среднее арифметическое. Точечные и доверительные оценки. Статистические гипотезы. Проверка гипотезы о нормальном распределении ошибок измерений. Использование размаха и невязок для проверки гипотезы об отсутствии грубых ошибок измерений. Проверка гипотез об отсутствии систематических ошибок, постоянстве измеряемой величины и точности измерений.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

*Тема 1.5. Оценка точности измерений и их функций*

Характеристики точности равноточных измерений. Неравноточные измерения, вес как относительная характеристика точности. Обработка рядов равноточных и неравноточных измерений. Оценка точности по разностям двойных измерений. Вычисление дисперсии (среднего квадратического отклонения) и обратного веса функций коррелированных и некоррелированных аргументов. Предрасчет необходимой точности измерения аргументов при заданной точности определения функции. Использование принципа равных влияний. Назначение допусков на размах и невязки.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

***Раздел 2. Метод наименьших квадратов***

*Тема 2.1. Необходимые и избыточные измерения*

Причины, вызывающие необходимость уравнивания измерений. Векторы результатов измерений, поправок и уравненных результатов измерений. Использование метода наименьших квадратов для определения уравненных результатов измерений, оптимальность получаемых оценок (теорема Гаусса-Маркова). "Строгие" и "приближенные" способы уравнивания. Различные вычислительные пути нахождения оценок по методу наименьших квадратов, связь между ними.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

*Тема 2.2. Параметрический способ уравнивания*

Выбор параметров. Параметрические уравнения, параметрические уравнения поправок. Нормальные уравнения и методы их решения. Вычисление уравненных параметров и уравненных результатов измерений. Оценка среднего квадратического отклонения единицы веса по материалам уравнивания. Оценка точности уравненных параметров, уравненных результатов измерений, функций уравненных параметров. Использование параметрического способа для уравнивания типовых геодезических сетей.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

*Тема 2.3. Коррелатный способ уравнивания*

Условные уравнения, условные уравнения поправок, коррелатные уравнения поправок, нормальные уравнения коррелат. Вычисление уравненных результатов измерений. Оценка точности уравненных результатов измерений и их функций. Использование коррелатного способа для уравнивания типовых геодезических сетей.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля |
|---|
| Расчетно-графическая работа |

*Тема 2.4. Групповое и комбинированное уравнивание*

Применение групповых способов уравнивания. Применение комбинированных способов уравнивания. Основы уравнивания с учетом ошибок исходных данных. Рекуррентный алгоритм уравнивания. Контроль грубых ошибок.

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: Зачет, 3 семестр.*

Зачёт проводится в виде опроса согласно выдаваемому заранее списку вопросов для подготовки к зачёту и работам, выполнявшимся в рамках текущего контроля. Задаётся 1-3 вопроса. Положительная оценка выставляется, если возможно зачесть ответ на один из вопросов. На усмотрение преподавателя зачёт также может проводиться в виде тестирования согласно выдаваемому заранее списку вопросов для подготовки к зачёту и работам, выполнявшимся в рамках текущего контроля. Положительная оценка в таком случае выставляется при определении системой более 40% правильных ответов. При проведении оценивания в ходе промежуточной аттестации преподаватель может учитывать результаты текущего контроля.

*Промежуточная аттестация: Экзамен, 4 семестр.*

Список тем (теоретических вопросов) для подготовки к экзамену выдаётся студентам заранее. Накануне экзамена проводится также консультация, на которой рассматриваются практические задания, которые будут в экзаменационных билетах. Количество вопросов и заданий в билете также определяется экзаменатором и объявляется на консультации. Обычно 3 (2 вопроса и 1 задание) или 2 (1 вопрос и 1 задание). Возможно также содержание в билетах только теоретических вопросов. На экзамене обучающийся вытягивает билет и готовится отвечать на него в течение часа, по истечении которого экзаменатор вызывает отвечать обучающихся по очереди согласно порядку, в котором они тянули билеты. Если обучающийся отказывается отвечать после того, как его вызвали, ему выставляется оценка "неудовлетворительно". Такая же оценка выставляется, если обучающемуся невозможно зачесть ответ ни на один вопрос/задание его экзаменационного билета. Оценка "отлично" выставляется, если засчитаны все ответы. "Хорошо" – если один ответ не зачтён. "Удовлетворительно" – если не зачтены два ответа из трёх. В последнем случае, если в билете лишь 2 вопроса/задания, 3-ий задаётся экзаменатором после ответов обучающимся на оба вопроса/задания экзаменационного билета (вопрос берётся из списка тем для подготовки к

экзамену). Также экзаменатор может задать наводящий вопрос по теме ответа в случае, если затрудняется в его оценке (зачесть / не зачесть). При проведении оценивания в ходе промежуточной аттестации преподаватель может учитывать результаты текущего контроля.

## 7. Оценочные материалы текущего контроля

***Раздел 1. Теория ошибок измерений***

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-3.4 ОПК-3.5 ОПК-3.6 ОПК-3.7 ОПК-3.8 ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3 ПК-3.4 ПК-3.5 ПК-3.6 ПК-3.7 ПК-3.8 ПК-7.1 ПК-7.2 ПК-7.3 ПК-7.4 ПК-7.5 ПК-10.1 ПК-10.2 ПК-10.3*

*Тема 1.1. Ошибки измерений*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Исследование ряда истинных ошибок на нормальный закон распределения

*Тема 1.2. Элементы корреляционного анализа*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Исследование прямолинейной корреляционной зависимости

*Тема 1.3. Корреляционная матрица. Обобщенная теорема оценки точности*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Обобщённая формула оценки точности

*Тема 1.4. Элементы математической статистики в теории ошибок измерений*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Понятие веса
2. Прямая задача оценки точности
3. Принцип равных влияний

*Тема 1.5. Оценка точности измерений и их функций*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Обработка ряда многократных измерений
2. Обработка ряда двойных измерений

***Раздел 2. Метод наименьших квадратов***

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3 ОПК-3.4 ОПК-3.5 ОПК-3.6 ОПК-3.7 ОПК-3.8 ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3 ПК-3.4 ПК-3.5 ПК-3.6 ПК-3.7 ПК-3.8 ПК-7.1 ПК-7.2 ПК-7.3 ПК-7.4 ПК-7.5 ПК-10.1 ПК-10.2 ПК-10.3*

*Тема 2.1. Необходимые и избыточные измерения*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Уравнивание обратной многократной засечки

*Тема 2.2. Параметрический способ уравнивания*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа
Вопросы/Задания:

1. Уравнивание нивелирной сети параметрическим способом
2. Уравнивание полигонометрического хода параметрическим способом

*Тема 2.3. Коррелатный способ уравнивания*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа
Вопросы/Задания:

1. Уравнивание нивелирной сети коррелатным способом
2. Уравнивание полигонометрического хода коррелатным способом

*Тема 2.4. Групповое и комбинированное уравнивание*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа
Вопросы/Задания:

1. Уравнивание линейно-угловой сети коррелатным способом

## 8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

*3 семестр, Зачет*

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-3.1 ОПК-1.2 ОПК-3.2 ОПК-1.3 ОПК-3.3 ОПК-1.4 ОПК-3.4 ОПК-3.5 ОПК-3.6 ОПК-3.7 ОПК-3.8 ПК-1.1 ПК-3.1 ПК-7.1 ПК-10.1 ПК-1.2 ПК-3.2 ПК-7.2 ПК-10.2 ПК-3.3 ПК-7.3 ПК-10.3 ПК-3.4 ПК-7.4 ПК-3.5 ПК-7.5 ПК-3.6 ПК-3.7 ПК-3.8*

Вопросы/Задания:

1. Общие понятия теории ошибок.

2. Постулаты теории ошибок.

3. Свойства кривой Гаусса. Свойства ошибок измерения.

4. Критерии точности измерений.

5. Понятие веса. Вес функции случайных аргументов.

6. Построение критериев согласия.

7. Проверка гипотез о распределении.

8. Метод максимального правдоподобия.

9. Понятие доброкачественных оценок. Методы определения оценок. Метод моментов.

10. Вывод формул среднего арифметического и Бесселя.

11. Определение оценок параметров распределения при обработке ряда неравноточных измерений одной и той же величины.

12. Доверительное оценивание. Общие понятия.

13. Доверительный интервал для X , когда известно $\sigma$ x.

14. Доверительный интервал для X , когда известно m x.

15. Доверительное оценивание оценки a2 = σ 0

16. Оценка точности по разностям двойных измерений. Равноточный случай.

17. Оценка точности по разностям двойных измерений. Неравноточный случай.

18. Корреляционная, дисперсионная и обратная весовая матрицы.

19. Обобщенная формула оценки точности.

*4 семестр, Экзамен*

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-3.1 ОПК-1.2 ОПК-3.2 ОПК-1.3 ОПК-3.3 ОПК-1.4 ОПК-3.4 ОПК-3.5 ОПК-3.6 ОПК-3.7 ОПК-3.8 ПК-1.1 ПК-3.1 ПК-7.1 ПК-10.1 ПК-1.2 ПК-3.2 ПК-7.2 ПК-10.2 ПК-3.3 ПК-7.3 ПК-10.3 ПК-3.4 ПК-7.4 ПК-3.5 ПК-7.5 ПК-3.6 ПК-3.7 ПК-3.8*

Вопросы/Задания:

1. Понятие необходимых и избыточных измерений. Задачи уравнивания.

2. Общая теория параметрического способа уравнивания. (Вывод уравнений поправок).

3. Общая теория параметрического способа уравнивания. (Вывод нормальных уравнений).

4. Последовательность уравнивания параметрическим способом.

5. Решение системы нормальных уравнений методом Гаусса.

6. Уравнивание неравноточных измерений параметрическим способом.

7. Контроли вычислений при параметрическом способе уравнивания.

8. Контроли составления и решения нормальных уравнений при параметрическом способе уравнивания.

9. Уравнения связи и поправок для нивелирной сети при уравнивании параметрическим способом.

10. Уравнения связи и поправок для измеренной стороны при параметрическом способе уравнивания.

11. Параметрические уравнения связи и поправок для измеренного дирекционного угла.

12. Параметрические уравнения связи и поправок для измеренного направления.

13. Параметрические уравнения связи и поправок для измеренного угла.

14. Последовательность уравнивания параметрическим способом.

15. Обратная весовая матрица вектора уравненных параметров.

16. Общий подход оценки точности в параметрическом способе уравнивания.

17. Обратная весовая матрица вектора уравненных значений измеряемых величин.

18. Оценка точности уравненных параметров.

19. Оценка точности функций от уравненных параметров.

20. Общая теория коррелатного способа уравнивания.

21. Связь параметрического и коррелатного способов уравнивания.

22. Коррелатный способ уравнивания. Вывод коррелатных уравнений поправок.

23. Последовательность уравнивания коррелатным способом.

24. Виды условных уравнений связи и поправок. (Высотные сети. Линейные уравнения для плановых сетей).

25. Виды условных уравнений поправок. Базисные и полюсные условные уравнения связи и поправок.

26. Виды условных уравнений. Координатные условные уравнения связи и поправок.

27. Соотношение весов уравненных и измеренных значений.

28. Обратная весовая матрица вектора уравненных значений измеряемых величин.

29. Обратная весовая матрица вектора невязок.

30. Средняя квадратическая ошибка единицы веса. (Вывод формулы Бесселя).

31. Обратная весовая матрица вектора измерений.

32. Двухгрупповой способ уравнивания. Общая теория.

33. Последовательность уравнивания двухгрупповым способом.

34. Способ Крюгера - Урмаева.

35. Оценка точности при двухгрупповом способе уравнивания.

36. Обратная весовая матрица вектора функций при двухгрупповом уравнивании исходных данных.

## 9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

*Основная литература*

1. Голубев В.В. Геодезия. Теория математической обработки геодезическиз измерений; учебник для вузов. / В.В. Голубев. - МИИГАиК, 2016. - 422 - 978-5-91188-073-6. - Текст: непосредственный.

2. Маркузе Ю.И. Теория математической обработки геодезических измерений: Учеб. пособие для вузов / Ю.И. Маркузе, В.В. Голубев; Маркузе Ю.И., Голубев В.В.; Под общ. ред. Ю.И. Маркузе.. - Издательство Академический проект; Альма Матер, 2010. - 247 - 978-5-8291-1136-6 (Академический проект). - Текст: непосредственный.

*Дополнительная литература*

1. Большаков В.Д. Практикум по теории математической обработки геодезических измерений : Учебное пособие для вузов / В.Д. Большаков, Ю.И. Маркузе. - 2-е изд. стереотипное. Перепечатка с издания 1984 г. - Издательский Дом "Альянс", 2007. - 352 - 978-5-903034-16-1. - Текст: непосредственный.

2. Большаков В.Д. Уравнивание геодезических построений: Справочное пособие. / В.Д. Большаков, Ю.И. Маркузе, В.В. Голубев. - Недра, 1989. - 413 - 5-247-01172-4. - Текст: непосредственный.

3. Маркузе Ю.И. Геодезия. Вычисление и уравнивание геодезических сетей. Справ. пособие. / Ю.И. Маркузе, Е.Г. Бойко, В.В. Голубев. - Картгеоцентр-Геодезиздат, 1994. - 431 - 5-86066-002-2. - Текст: непосредственный.

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

*Профессиональные базы данных*

Не используются.

*Ресурсы «Интернет»*

1. https://www.miigaik.ru/library/ - электронная библиотека 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

Автоматизированное рабочее место (АРМ) - 13 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.