



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  
15 мая 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
МОДУЛЬ. ГЕОДЕЗИЯ  
«Б1.О.03.04 ТЕОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ  
ИЗМЕРЕНИЙ»**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Исследование природных ресурсов методами  
дистанционного зондирования

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2026

Срок получения образования: 4 года

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

Москва, 2026

**Разработчики:**

Доцент кафедры Геодезии, к.т.н., доцент Андоленко С. С.

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 направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование, утвержденного приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 972

**Согласование и утверждение**

| № | Подразделение              | Ответственное<br>лицо                        | ФИО            | Виза        | Дата, протокол<br>(при наличии) |
|---|----------------------------|----------------------------------------------|----------------|-------------|---------------------------------|
| 1 | Геодезический<br>факультет | Председатель<br>ученого совета<br>факультета | Половнев О. В. | Рассмотрено | 28.01.2026, №<br>14             |

## 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-4 Способен принимать участие в исследованиях в области геодезии и дистанционного зондирования, оценивать и обосновывать их результаты

ОПК-4.1 Демонстрирует знания методов и способов осуществления поиска, систематизации, анализа, обработки и хранения информации из различных источников и баз данных для обоснования результатов исследований

*Знать:*

ОПК-4.1/Зн6 Основные источники научно-технической информации по теории ошибок и методу наименьших квадратов, а также классификацию погрешностей и способы их математического описания

*Уметь:*

ОПК-4.1/Ум6 Осуществлять поиск необходимых литературных данных и нормативных материалов, систематизировать их по видам измерений (линейные, угловые, превышения) и методам обработки (строгое и приближённое уравнивание)

*Владеть:*

ОПК-4.1/Нв6 Навыками работы с библиографическими менеджерами и электронными каталогами, а также составления обзора литературы по теме исследования с выделением ключевых математических моделей

ОПК-4.2 Демонстрирует умение осознанного восприятия информации, осуществляет ее оценку, обосновывает результаты исследований

*Знать:*

ОПК-4.2/Зн6 Критерии оценки достоверности результатов измерений (надёжность, сходимость, воспроизводимость) и математические основы проверки статистических гипотез (критерии Стьюдента, Фишера)

*Уметь:*

ОПК-4.2/Ум6 Интерпретировать полученные значения среднеквадратических погрешностей, доверительных интервалов и корреляционных матриц, делать обоснованные выводы о пригодности результатов для практического использования

*Владеть:*

ОПК-4.2/Нв6 Навыками анализа остаточных уклонений после уравнивания, выявления систематических погрешностей и принятия решений о необходимости повторных измерений или введения поправок

ОПК-4.3 Проводит самостоятельно на профессиональном уровне оценку результатов исследований, используя современные информационные технологии и прикладные аппаратно-программные средства

*Знать:*

ОПК-4.3/Зн5 Алгоритмы методов наименьших квадратов (параметрический, корреляционный способы), способы оценки точности элементов уравненной сети (обратный вес, etc.) и возможности современных программных пакетов (CREDO, GNSS-обработка, MATLAB, Mathcad)

*Уметь:*

ОПК-4.3/Ум5 Самостоятельно выполнять уравнивание геодезических сетей и ходов с использованием прикладного ПО, задавать исходные данные, выбирать весовую модель и получать уравненные значения координат и высот с оценками точности

*Владеть:*

ОПК-4.3/Нв5 Навыками работы с программными средствами для обработки полевых измерений, экспорта результатов в табличные форматы и построения графических зависимостей (графики невязок, гистограммы распределения)

ОПК-4.4 Применяет методы защиты, хранения и подачи информации, используя современные информационные технологии и прикладные аппаратно-программные средства

*Знать:*

ОПК-4.4/Зн6 Форматы хранения геодезических данных (XML, CSV, LandXML, геодезические базы данных), способы архивации и резервного копирования, а также правила оформления результатов обработки в виде отчетов и каталогов

*Уметь:*

ОПК-4.4/Ум6 Оформлять результаты уравнивания в виде официальных ведомостей, каталогов координат и высот, а также создавать пояснительные записки с таблицами точности и схемами сетей с использованием текстовых и графических редакторов

*Владеть:*

ОПК-4.4/Нв6 Навыками создания презентационных материалов (слайды, инфографика) по результатам обработки, обеспечивающих наглядную подачу числовых данных и статистических выводов для заказчика или научного руководителя

ПК-1 Способен проводить прикладные исследования, обрабатывать и анализировать результаты

ПК-1.1 Выполняет эксперимент и оформляет результаты исследований и разработок

*Знать:*

ПК-1.1/Зн1 Информационные и телекоммуникационные технологии для представления результатов геодезических работ

*Уметь:*

ПК-1.1/Ум1 Анализировать и систематизировать обрабатываемую информацию

*Владеть:*

ПК-1.1/Нв1 Навыками обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний

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

*Знать:*

ПК-1.2/Зн1 Государственные системы координат, системы координат, применяемые при ведении ГКН

*Уметь:*

ПК-1.2/Ум1 Применять современные программные средства обработки и уравнивания геодезических полевых и орбитальных измерений

*Владеть:*

ПК-1.2/Нв1 Навыками обработки, анализа результатов исследований с использованием научно-технической информацией по соответствующей области знаний

ПК-1.3 Готовит элементы документации, проектов, планов и программ проведения отдельных этапов работ

*Знать:*

ПК-1.3/Зн1 Нормативно-правовую базу в области геодезических работ

*Уметь:*

ПК-1.3/Ум1 Разрабатывать и оформлять технический проекты и программы геодезических работ

*Владеть:*

ПК-1.3/Нв1 Специализированным программным обеспечением для математической обработки результатов высокоточных измерений и их оформлении для проектной документации

### 3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.03.04 «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) | Лекционные занятия (часы) | Практические занятия (часы) | Самостоятельная работа (часы) | Промежуточная аттестация (часы) |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
|                 |                           |                          |                           |                             |                               |                                 |

|           |     |   |    |    |    |                 |
|-----------|-----|---|----|----|----|-----------------|
| 3 семестр | 72  | 2 | 34 | 34 | 4  | Зачет с оценкой |
| 4 семестр | 108 | 3 | 30 | 30 | 16 | Экзамен (32)    |
| Всего     | 180 | 5 | 64 | 64 | 20 | 32              |

## 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, соответствующие результатам освоения программы |
|------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. Теория ошибок измерений</b>                               | <b>72</b>  | <b>34</b>          | <b>34</b>            | <b>4</b>               | ОПК-4.1<br>ОПК-4.2<br>ОПК-4.3<br>ОПК-4.4                                        |
| Тема 1.1. Ошибки измерений                                             | 12         | 8                  | 4                    |                        |                                                                                 |
| Тема 1.2. Элементы корреляционного анализа                             | 9          | 4                  | 4                    | 1                      |                                                                                 |
| Тема 1.3. Корреляционная матрица. Обобщенная теорема оценки точности   | 17         | 8                  | 8                    | 1                      |                                                                                 |
| Тема 1.4. Элементы математической статистики в теории ошибок измерений | 19         | 8                  | 10                   | 1                      |                                                                                 |
| Тема 1.5. Оценка точности измерений и их функций                       | 15         | 6                  | 8                    | 1                      |                                                                                 |
| <b>Раздел 2. Метод наименьших квадратов</b>                            | <b>76</b>  | <b>30</b>          | <b>30</b>            | <b>16</b>              | ПК-1.1<br>ПК-1.2<br>ПК-1.3                                                      |
| Тема 2.1. Необходимые и избыточные измерения                           | 8          | 2                  | 2                    | 4                      |                                                                                 |
| Тема 2.2. Параметрический способ уравнивания                           | 24         | 10                 | 10                   | 4                      |                                                                                 |
| Тема 2.3. Корреляционный способ уравнивания                            | 24         | 10                 | 10                   | 4                      |                                                                                 |
| Тема 2.4. Групповое и комбинированное уравнивание                      | 20         | 8                  | 8                    | 4                      |                                                                                 |
| <b>Итого</b>                                                           | <b>148</b> | <b>64</b>          | <b>64</b>            | <b>20</b>              |                                                                                 |

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

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

#### *Тема 1.1. Ошибки измерений*

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. Коррелятивный способ уравнивания

Условные уравнения, условные уравнения поправок, коррелятные уравнения поправок, нормальные уравнения коррелят. Вычисление уравненных результатов измерений. Оценка точности уравненных результатов измерений и их функций. Использование коррелятного способа для уравнивания типовых геодезических сетей.

Текущий контроль

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

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 с оценкой, 3 семестр.*

Зачёт проводится в виде опроса согласно выдаваемому заранее списку вопросов для подготовки к зачёту и работам, выполнявшимся в рамках текущего контроля. Задаётся 3 вопроса. Оценка "удовлетворительно" выставляется, если возможно зачесть ответ на один из вопросов, "хорошо" - на два вопроса, "отлично" - на все вопросы. 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. В таком случае оценка "удовлетворительно" выставляется при определении системой более 40% правильных ответов, "хорошо" - более 60%, "отлично" - более 80%. 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-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4*

#### *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: ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3*

#### *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. Коррелятный способ уравнивания

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

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

### Тема 2.4. Групповое и комбинированное уравнивание

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Уравнивание линейно-угловой сети коррелятным способом

## 8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

3 семестр, Зачет с оценкой

Контролируемые ИДК: ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3

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  $\bar{X}$ , когда известно  $\sigma$ .
14. Доверительный интервал для  $\bar{X}$ , когда известно  $s$ .
15. Доверительное оценивание оценки  $\sigma^2$ .

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-4.1 ОПК-4.2 ОПК-4.3 ОПК-4.4 ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3*

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. последовательность уравнивания параметрическим способом.
14. Обратная весовая матрица вектора уравненных параметров.
15. Общий подход оценки точности в параметрическом способе уравнивания.
16. Обратная весовая матрица вектора уравненных значений измеряемых величин.

17. Оценка точности уравненных параметров.
18. Оценка точности функций от уравненных параметров.
19. Общая теория коррелятного способа уравнивания.
20. Связь параметрического и коррелятного способов уравнивания.
21. Коррелятный способ уравнивания. Вывод коррелятных уравнений поправок
22. Последовательность уравнивания коррелятным способом.
23. Виды условных уравнений связи и поправок. (Высотные сети. Линейные уравнения для плановых сетей).
24. Виды условных уравнений поправок. Базисные и полюсные условные уравнения связи и поправок.
25. Виды условных уравнений. Координатные условные уравнения связи и поправок.
26. Соотношение весов уравненных и измеренных значений.
27. Обратная весовая матрица вектора уравненных значений измеряемых величин.
28. Обратная весовая матрица вектора невязок.
29. Средняя квадратическая ошибка единицы веса. (Вывод формулы Бесселя).
30. Обратная весовая матрица вектора измерений.
31. Двухгрупповой способ уравнивания. Общая теория.
32. Последовательность уравнивания двухгрупповым способом.
33. Способ Крюгера - Урмаева.
34. Оценка точности при двухгрупповом способе уравнивания.
35. 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 геодезических 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://lms.miigaik.ru> - СДО МИИГАиК
2. <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

***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.