



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

Факультет управления территориями  
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  
18 апреля 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«Б1.В.07 ТЕОРИЯ УРАВНИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ»**

Уровень высшего образования: магистратура

Направление подготовки: 21.04.02 Землеустройство и кадастры

Направленность (профиль) подготовки: Управление недвижимостью и развитием территорий

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2025

Срок получения образования: 2 года

Объем:  
в зачетных единицах: 2 з.е.  
в академических часах: 72 ак.ч.

Москва, 2025

**Разработчики:**

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

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.04.02 Землеустройство и кадастры, утвержденного приказом Минобрнауки от 11.08.2020 № 945

**Согласование и утверждение**

| № | Подразделение                           | Ответственное<br>лицо                        | ФИО             | Виза        | Дата, протокол<br>(при наличии) |
|---|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|-------------|---------------------------------|
| 1 | факультет<br>Управления<br>территориями | Председатель<br>ученого совета<br>факультета | Воронцова А. А. | Рассмотрено | 19.12.2024, №<br>2-2024         |

## 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 о сути и принципах современных методов контроля и обработки измерений и уравнительных вычислений, а также практических навыков самостоятельного применения их на практике при решении геодезических задач различного спектра

Задачи изучения дисциплины:

- формирование понятий об оптимизации уравнительных вычислений;
- освоение навыков уравнивания различных геодезических построений, включая обширные геодезические сети;
- формирование умений применять полученные знания в практической деятельности, решать практические задачи по обработке геодезических измерений с контролем и локализацией резко выделяющихся измерений, а также с учётом ошибок исходных данных.

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

*Компетенции, индикаторы и результаты обучения*

ПК-5 Способность использовать средства автоматизации при работе с автоматизированной информационной системой ФГИС ЕГРН

ПК-5.1 Готовит предложения по развитию и модернизации программно-аппаратного комплекса Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и ГКН, внедряет новые программные средства в сфере государственного кадастрового учета

*Знать:*

ПК-5.1/Зн1 Принципы работы и требования к программно-аппаратному комплексу Единого государственного реестра недвижимости

*Уметь:*

ПК-5.1/Ум1 Анализировать существующий комплекс и предлагать решения по его развитию и модернизации

*Владеть:*

ПК-5.1/Нв1 Навыком внедрения новых программных средств и технологий в процессы государственного кадастрового учета

ПК-5.2 Формирует предложения по оснащению подразделения программно-техническими средствами, необходимыми для эксплуатации информационных систем, изучает и анализирует методы и технологии ведения ГКН, подбор и подготовку методических материалов, касающихся новых технологий ведения ГКН, реализует мероприятия по защите информации с применением программных средств

*Знать:*

ПК-5.2/Зн1 Требования к программно-техническому оснащению подразделения для эксплуатации информационных систем

*Уметь:*

ПК-5.2/Ум1 Изучать и анализировать новые методы и технологии ведения кадастра недвижимости

*Владеть:*

ПК-5.2/Нв1 Навыком подбора и подготовки методических материалов по новым технологиям ведения кадастра, а также реализации мероприятий по защите информации с использованием программных средств

ПК-8 Способность решать инженерно-технические и экономические задачи современными методами и средствами при анализе научно-технических проблем в области землеустройства

ПК-8.1 Разрабатывает новые подходы, методы и технологии в области землеустройства, производственно-отраслевые нормативные документы и нормативно-техническую документацию в области землеустройства, ставит задачи, определяет исполнителей и сроки выполнения работ

*Знать:*

ПК-8.1/Зн1 Современные подходы, методы и технологии в землеустроительной деятельности

*Уметь:*

ПК-8.1/Ум1 Разрабатывать нормативные и нормативно-технические документы в области землеустройства

*Владеть:*

ПК-8.1/Нв1 Навыком постановки задач, определения исполнителей и сроков выполнения работ в рамках землеустроительных проектов

ПК-8.2 Определяет концепции, цели, задачи, ресурсное обеспечение и временные затраты разрабатываемых проектов, разрабатывает перспективные технические и нормативные требования к схемам и проектам в землеустройстве, проводит экспертную оценку предложений, технических заданий, землеустроительной документации, связанных с разработкой, обоснованием, рассмотрением, согласованием и утверждением схем и проектов землеустройства

*Знать:*

ПК-8.2/Зн1 Принципы и методы разработки землеустроительных проектов и нормативной документации

*Уметь:*

ПК-8.2/Ум1 Определять концепции, цели, задачи, ресурсы и сроки выполнения проектов в землеустроительной деятельности

*Владеть:*

ПК-8.2/Нв1 Навыком проведения экспертной оценки землеустроительной документации, включая рассмотрение, согласование и утверждение проектов и схем землеустройства

### 3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.07 «Теория уравнительных вычислений» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 1.

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 | /доемкость<br>сы) | /доемкость<br>ЭТ) | ие занятия<br>сы) | ие занятия<br>сы) | ьяная работа<br>сы) | ая аттестация<br>сы) |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|----------------------|
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|----------------------|

| обучения  | Общая труд (час) | Общая труд (ЗЕ) | Лекционные (час) | Практические (час) | Самостоятельные (час) | Промежуточные (час) |
|-----------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 семестр | 72               | 2               | 17               | 34                 | 21                    | Зачет               |
| Всего     | 72               | 2               | 17               | 34                 | 21                    |                     |

## 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 с обучения, соответствующие результатам освоения программы |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. Современные методы контроля и обработки измерений</b> | <b>72</b> | <b>17</b>          | <b>34</b>            | <b>21</b>              | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-8.1<br>ПК-8.2                                              |
| Тема 1.1. Строгое и приближённое уравнивание                       | 13        | 3                  | 6                    | 4                      |                                                                                   |
| Тема 1.2. Уравнивание с учётом ошибок исходных данных              | 12        | 3                  | 6                    | 3                      |                                                                                   |
| Тема 1.3. Последовательный учёт измерений                          | 13        | 3                  | 6                    | 4                      |                                                                                   |
| Тема 1.4. Объединение циклов измерений                             | 12        | 3                  | 6                    | 3                      |                                                                                   |
| Тема 1.5. Способ условий с дополнительными неизвестными            | 12        | 3                  | 6                    | 3                      |                                                                                   |
| Тема 1.6. Уравнивание свободных сетей                              | 10        | 2                  | 4                    | 4                      |                                                                                   |
| <b>Итого</b>                                                       | <b>72</b> | <b>17</b>          | <b>34</b>            | <b>21</b>              |                                                                                   |

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

#### Раздел 1. Современные методы контроля и обработки измерений

##### Тема 1.1. Строгое и приближённое уравнивание

Строгое уравнивание. Приближённое уравнивание. Основные различия. Оценка точности в обоих способах.

Текущий контроль

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

---

### *Тема 1.2. Уравнивание с учётом ошибок исходных данных*

Параметрическая форма. Коррелятная форма. Оценка точности. Возврат к исходной сети.

Текущий контроль

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

### *Тема 1.3. Последовательный учёт измерений*

Формула Шермана-Моррисона-Вудбери. Рекуррентный способ уравнивания. Учёт групп необходимых и избыточных измерений. Оценка точности. Выбор исходной матрицы обратных весов. Дополнительные возможности рекуррентного способа. Контроль грубых ошибок.

Текущий контроль

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

### *Тема 1.4. Объединение циклов измерений*

Универсальный алгоритм уравнивания. Выявление деформаций. Контроль грубых ошибок. Разделение на блоки.

Текущий контроль

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

### *Тема 1.5. Способ условий с дополнительными неизвестными*

Переход к коррелятному способу. Фиктивные измерения. Контроль грубых ошибок.

Текущий контроль

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

### *Тема 1.6. Уравнивание свободных сетей*

Решение с псевдообращением. Временная фиксация неизвестных.

Текущий контроль

| Вид (форма) контроля     |
|--------------------------|
| Тестирование             |
| Наличие конспекта лекций |

## **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, 1 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.

## **7. Оценочные материалы текущего контроля**

### ***Раздел 1. Современные методы контроля и обработки измерений***

*Контролируемые ИДК: ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-8.1 ПК-8.2*

#### *Тема 1.1. Строгое и приближённое уравнивание*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Уравнивание нивелирной сети параметрическим способом

#### *Тема 1.2. Уравнивание с учётом ошибок исходных данных*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Уравнивание нивелирной сети рекуррентным способом

#### *Тема 1.3. Последовательный учёт измерений*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Контроль грубых ошибок измерений по результатам уравнивания

#### *Тема 1.4. Объединение циклов измерений*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Локализация грубых ошибок измерений

#### *Тема 1.5. Способ условий с дополнительными неизвестными*

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Исключение грубых ошибок измерений

*Тема 1.6. Уравнивание свободных сетей*

Форма контроля/оценочное средство: Наличие конспекта лекций

Вопросы/Задания:

1. Учёт ошибок исходных данных

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. В каком порядке выполняется обработка ряда двойных равноточных измерений однородных величин?

1. нахождение наиболее надёжных значений измерявшихся величин
2. оценка точности вычислений
3. оценка точности измерений
4. построение доверительных интервалов

2. В каком порядке выполняется обработка ряда неравноточных измерений одной и той же физической величины?

1. нахождение наиболее надёжного значения измерявшейся величины
2. оценка точности вычислений
3. оценка точности измерений
4. построение доверительных интервалов

3. В честь кого была названа формула?

1. вариант 1
2. вариант 2
3. вариант 3
4. вариант 4

$$m = \sqrt{\frac{[p\Delta^2]}{n}}$$

1)



2)



3)



4)



4. Какой способ уравнивания лучше всего подходит для уравнивания всевозможных геодезических построений произвольной конфигурации?

1. параметрический
2. коррелятный
3. рекуррентный
4. обобщённый

5. Какой способ уравнивания применяется при заполнении ведомости вычисления координат пунктов тахеометрического хода?

1. параметрический
2. коррелятный
3. рекуррентный
4. обобщённый
5. никакой

6. При построении доверительного интервала доверительная вероятность принималась равной 0,9. Какова вероятность того, что истинное значение измеренной величины, для которого был построен этот интервал, окажется в пределах этого интервала? (Ответ укажите целым числом.)

7. При построении доверительного интервала уровень значимости принимался равным 0,01. Какова в процентах вероятность того, что истинное значение измеренной величины, для которого был построен этот интервал, окажется в пределах этого интервала? (Ответ укажите целым числом.)

8. При построении доверительного интервала уровень значимости принимался равным 0,03. Какова в процентах вероятность того, что истинное значение измеренной величины, для которого был построен этот интервал, окажется вне пределов этого интервала? (введите ответ в виде целого числа)

9. Сколько параметров рассматривается при уравнивании нивелирной сети, состоящей из девяти ходов и четырёх определяемых пунктов? (Ответ запишите одним числом.)

10. Сколько условий (условных уравнений связи) учитывается при уравнивании полигонометрического хода с угловой привязкой? (Ответ запишите одним числом.)

11. Случайные ошибки измерений подчиняются...

12. Что будет являться случайной величиной в геодезии?

1. измерение горизонтального направления
2. определение превышения на станции на основе отсчётов по рейкам
3. вычисление координат пунктов как функций от выполненных измерений
4. число приёмов, которым был измерен угол наклона
5. количество станций, которое было в проложенном нивелирном ходе
6. полученный результат измерения расстояния

13. Что это за неравенство?

1. доверительный интервал для наиболее надёжного значения измеренной величины
2. доверительный интервал для среднего квадратического отклонения единицы веса
3. доверительный интервал для среднего квадратического отклонения вычисления наиболее надёжного значения измеренной величины
4. доверительный интервал для истинного значения измеренной величины

$$\bar{X} - t_{\beta} m_{\bar{X}} \leq X \leq \bar{X} + t_{\beta} m_{\bar{X}} \text{ — это}$$

14. При построении доверительного интервала доверительная вероятность принималась равной 0,95. Какова в процентах вероятность того, что истинное значение измеренной величины, для которого был построен этот интервал, окажется вне пределов этого интервала? (ответ введите в виде целого числа)

15. Какому закону распределения подчиняются результаты измерений и их ошибки?

1. равномерному
2. нормальному
3. биномиальному

16. Укажите формулу Бесселя для определения ошибки единицы веса, вычисленной по результатам  $n$  измерений одной и той же величины (см. рисунок).

1. 1
2. 2
3. 3

$$1) \mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}}$$

$$2) \mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n}}$$

$$3) \mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-k}}$$

17. Что в формуле плотности нормального распределения, представленной на рисунке обозначается символами  $\alpha$  и  $\sigma$ ?

1. дисперсия и среднее квадратическое отклонение
2. математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение
3. плотность и функция распределения

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$$

## 8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

*1 семестр, Зачет*

*Контролируемые ИДК: ПК-5.1 ПК-8.1 ПК-5.2 ПК-8.2*

Вопросы/Задания:

1. Понятие о строгом и приближённом уравнивании.
2. Преимущества и недостатки основных способов уравнивания.
3. Учёт избыточных и необходимых измерений для независимых и зависимых измерений.
4. Лемма об обращении матриц.
5. Связь рекуррентного и коррелятного способов.
6. Учёт ошибок исходных данных при уравнивании.
7. Изменение весов измерений.
8. Анализ деформационных процессов при уравнивании.
9. Объединение спутниковых и наземных сетей на плоскости в пространстве.
10. Уравнивание свободных сетей по способу временной фиксации неизвестных.

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

### **9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

#### *Основная литература*

1. 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. Маркузе Ю.И. Уравнивание пространственных наземных и спутниковых геодезических сетей. / Ю.И. Маркузе, Нгок Ха Хоанг. - Недра, 1991. - 275 - 5-247-02329-3. - Текст: непосредственный.

3. Маркузе Ю.И. Алгоритмы для уравнивания геодезических сетей на ЭВМ. / Ю.И. Маркузе. - Недра, 1989. - 248 - 5-247-00490-6. - Текст: непосредственный.

4. Маркузе Ю.И. Основы уравнивательных вычислений: Учеб. пособие для вузов. / Ю.И. Маркузе. - Недра, 1990. - 240 - 5-247-01778-1. - Текст: непосредственный.

5. 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.

6. 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**

## **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.