



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
24 марта 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Б1.В.ДВ.04.01 ТЕОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ»**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 21.03.02 Землеустройство и кадастры

Направленность (профиль) подготовки: Кадастр недвижимости

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2023

Срок получения образования: 4 года

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

Москва, 2023

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 направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры, утвержденного приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 978

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Управления территориями	Председатель ученого совета факультета	Зозуля В. В.	Рассмотрено	15.12.2022, № 2-2022

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

ПК-13 Способен проводить полевые кадастровые работы

ПК-13.1 Определяет координаты характерных точек границ объектов недвижимости

Знать:

ПК-13.1/Зн1 Методы и устройства для определения координат характерных точек границ объектов недвижимости

Уметь:

ПК-13.1/Ум1 Использовать геодезические приборы и навигационное оборудование для проведения полевых измерений

Владеть:

ПК-13.1/Нв1 Навыком точного определения координат и фиксации результатов измерений в полевых условиях

ПК-13.2 Проводит обмерные работы, определяет характеристики и описание объектов недвижимости

Знать:

ПК-13.2/Зн1 Методы и инструменты проведения обмерных работ объектов недвижимости

Уметь:

ПК-13.2/Ум1 Точно замерять линейные размеры и конфигурацию строений и участков

Владеть:

ПК-13.2/Нв1 Навыком составления технического описания объектов недвижимости на основе проведенных измерений

ПК-14 Способен определять характеристики объектов недвижимости при проведении кадастровых работ

ПК-14.1 Обрабатывает результаты полевых измерений и обмерных работ

Знать:

ПК-14.1/Зн1 Порядок обработки результатов полевых измерений и обмерных работ

Уметь:

ПК-14.1/Ум1 Проводить расчет и обработку данных, полученных в результате измерений

Владеть:

ПК-14.1/Нв1 Навыком формирования отчета о характеристиках объектов недвижимости на основе полевых данных

ПК-14.2 Составляет отчетные документы

Знать:

ПК-14.2/Зн1 Требования к составу и оформлению отчетных документов по характеристикам объектов недвижимости

Уметь:

ПК-14.2/Ум1 Систематизировать и представить собранные данные в удобной и наглядной форме

Владеть:

ПК-14.2/Нв1 Навыком составления технико-юридических документов, чертежей и таблиц, отображающих результаты кадастровых работ

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.ДВ.04.01 «Теория математической обработки геодезических измерений» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 3.

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	108	3	32	32	8	Экзамен (36)
Всего	108	3	32	32	8	36

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

		ия	тия	абота	пытаты нные с ния
--	--	----	-----	-------	-------------------------

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соответствующие результатам освоения программы
Раздел 1. Теория ошибок измерений	72	32	32	8	ПК-13.1 ПК-13.2 ПК-14.1 ПК-14.2
Тема 1.1. Ошибки измерений	36	16	16	4	
Тема 1.2. Элементы корреляционного анализа	9	4	4	1	
Тема 1.3. Корреляционная матрица. Обобщенная теорема оценки точности	9	4	4	1	
Тема 1.4. Элементы математической статистики в теории ошибок измерений	9	4	4	1	
Тема 1.5. Оценка точности измерений и их функций	9	4	4	1	
Итого	72	32	32	8	

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
Тестирование
Расчетно-графическая работа

6. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Экзамен, 3 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: ПК-13.1 ПК-13.2 ПК-14.1 ПК-14.2

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

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. 3. Величина Y является функцией случайного вектора X . $Y = X_1 - 2X_2$.
Корреляционная матрица вектора X

$K_X = \begin{pmatrix} 9 & -1 \\ -1 & 4 \end{pmatrix}$

Определить σ_Y .

2. В параметрическом способе уравнивания параметры должны быть _____ друг от друга.

Вставьте пропущенное слово

3. Выберите среди записанных равенств, равенства леммы Гаусса. Здесь A^T ; это транспонированная матрица A

1. $VPA=0$
2. $A^T; PV=0$
3. $[pall]=0$
4. $A^T; PL=0$
5. $A^T; PS=0$
6. $A^T; PL+S=V$

4. Дисперсия это

1. Начальный момент 2-го порядка
2. Начальный момент 3-го порядка
3. Центральный момент 2-го порядка
4. Центральный абсолютный момент 2-го порядка

5. Дисперсия является характеристикой степени _____ случайной величины вокруг математического ожидания.

Вставьте пропущенное слово.

6. Для доброкачественной оценки статистических параметров должны удовлетворяться три свойства: состоятельности, несмещенности и _____

Вставить пропущенное слово, которое определяет третье свойство

7. Задано линейное преобразование вектора X в вектор Y . $Y = 2X_1 - X_2$ Корреляционная матрица вектора X равна (Запись по строчкам) $K_X =$ Первая строка $\begin{pmatrix} 4 & -1 \end{pmatrix}$

Вторая строка $\begin{pmatrix} -1 & 9 \end{pmatrix}$

В этом случае $K_Y = \dots\dots\dots$ Запишите результат в численном виде

8. Как мы обозначаем величину (в векторной форме), на которую нарушаются равенства в параметрических уравнениях связи, при подстановке в них результатов измерений и приближенных значений параметров?

9. Как называется распределение, которому подчиняются ошибки измерений?

10. Как определяется обратная весовая матрица вектора уравненных параметров Q ?
Символ $^{\wedge}$ означает возведение в степень.

1. $Q=R^{(-1)}$
2. $Q=RX$
3. $Q=N^{(-1)}$
4. $Q=A \otimes PA$

11. Как связаны обратная весовая матрица Q и корреляционная K ?

1. $Q=K/m$
2. $Q=K/2$
3. $Q=K/\mu$
4. $Q=(1/\mu^2)*K$
5. $Q=K/\mu^2$

12. Какие из данных методов относятся к методам определения оценок параметров распределения случайных величин

1. метод наименьших квадратов
2. метод квадратных корней
3. метод моментов
4. метод максимального правдоподобия
5. метод Крюгера
6. метод Романовского
7. метод Ньютона

13. Какие свойства из перечисленных относятся к свойствам математического ожидания

1. Размерность математического ожидания равна квадрату размерности случайной величины
2. $M(CX)=CM(X)$
3. $M(CX)=2CM(X)$
4. $M(X+Y)=M(X)-M(Y)$
5. $M(X+Y)=M(X)-2M(X)M(Y)+M(Y)$
6. $M(X+Y)=M(X)+M(Y)$

14. Какому распределению подчиняются ошибки округлений?

1. Пирсона
2. Нормальному
3. Равномерному
4. Биномиальному

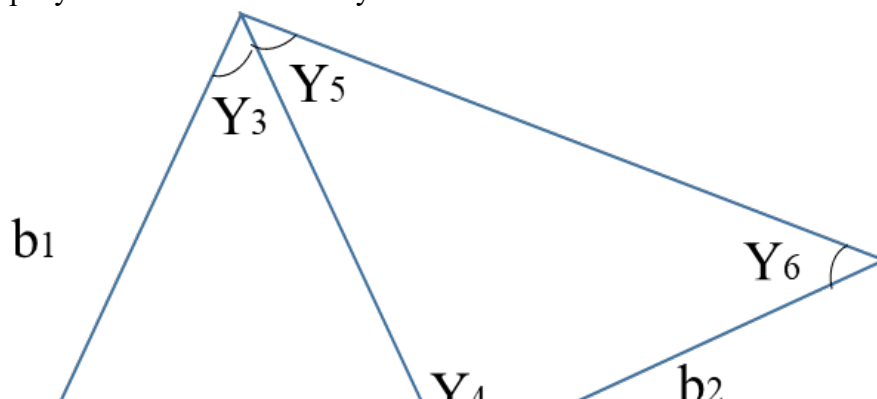
15. Какому распределению согласно первому постулату теории ошибок подчиняются истинные шибки измерений

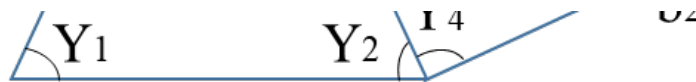
16. Математическое ожидание это

1. Начальный момент 1-го порядка
2. Начальный момент 2-го порядка
3. Центральный момент 2-го порядка

17. На рисунке изображена сеть триангуляции. Какие условные уравнения связи здесь возникают?

1. Два условия фигур и полюсное уравнение связи
2. Два условия фигур и базисное уравнение связи
3. Условие четырехугольника и базисное условие





18. Найти обратный вес функции $F = X_1 - X_2$, если дана матрица

$$QX = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 4 \end{pmatrix}$$

Определить обратный вес данной функции и ввести результат в численном виде до целых.

19. Напишите формулы Бесселя для определения средней квадратической ошибки одного измерения, по результатам n измерений одной и той же величины.

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

2. $\mu = \sqrt{([pv^2] / n)}$

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

20. При уравнивании геодезических построений различают число всех измерений и необходимых. В параметрическом способе число нормальных уравнений равно числу _____ измерений.

Вставьте пропущенное слово.

21. Чему равен квадрат средней квадратической ошибки функции $Y = 2X_1 - X_2$, если средние квадратические ошибки аргументов X_1 и X_2 равны соответственно 1 и 2?

Ответ записать в виде числа

22. Что такое вес P_i ? Общее определение.

1. Это степень доверия данной величине $P_i = C/L$

2. Это отношение дисперсий $P_i = (\sigma_0^2) / (\sigma_i^2)$

3. $P_i = C/S$

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

3 семестр, Экзамен

Контролируемые ИДК: ПК-13.1 ПК-14.1 ПК-13.2 ПК-14.2

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 σ х.

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

15. Доверительное оценивание оценки $a_2 = \sigma_0$

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.

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.

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.