

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе"

(МГРИ)

## Математическая обработка результатов маркшейдерских и геодезических измерений рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Горного дела**

Учебный план s210504\_20\_MD20plx  
Специальность 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО

Квалификация **Горный инженер (специалист)**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 0 Виды контроля в семестрах:

в том числе:

аудиторные занятия 0  
самостоятельная работа 0

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>,<Семестр на курсе>)	10 (5.2)		11 (6.1)		Итого	
Недель	16 1/6		13 5/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	14	14	14	12	28	26
Практические	28	28	28	24	56	52
Иные виды контактной работы	5,35	5,35	0,25	0,25	5,6	5,6
В том числе инт.	2		2		4	
Итого ауд.	47,35	47,35	42,25	36,25	89,6	83,6
Контактная работа	47,35	47,35	42,25	36,25	89,6	83,6
Сам. работа	24,65	24,65	29,75	35,75	54,4	60,4
Часы на контроль	36	36			36	36
Итого	108	108	72	72	180	180

Москва 2025

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	Сформировать у студентов знания и развить навыки работы необходимые для выполнения математической обработки и анализа результатов маркшейдерско-геодезических измерений, связанных с определением положения и состояния горных выработок и других объектов горного производства, горно-геологических особенностей разрабатываемого месторождения, процессов, возникающих в массиве при ведении горных работ.
-----	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Маркшейдерия
2.1.2	Маркшейдерско-геодезическое обеспечение строительства наземных и подземных сооружений
2.1.3	Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков (производственная)
2.1.4	Геология
2.1.5	Высшая геодезия
2.1.6	Маркшейдерско-геодезическое обеспечение геологоразведочных работ
2.1.7	Маркшейдерско-геодезические приборы
2.1.8	Геометрия недр
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Государственная итоговая аттестация (защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты)
2.2.2	Научно-исследовательская работа

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

<b>ПК-22: готовностью работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях</b>	
--	--

<b>Знать:</b>	
Уровень 1	теорию маркшейдерско-геодезических измерений, в т.ч. причины возникновения и законы распределения погрешностей маркшейдерско-геодезических измерений и их свойства; законы накопления погрешностей измерений; математические методы обработки результатов маркшейдерско-геодезических измерений.

<b>Уметь:</b>	
Уровень 1	анализировать, интерпретировать и оценивать достоверность результатов маркшейдерско-геодезических измерений, применять специализированное программное обеспечение для вычислительной обработки результатов маркшейдерско-геодезических измерений и составления отчетных материалов.

<b>Владеть:</b>	
Уровень 1	навыками работы в среде специализированного программного обеспечения; современными методами математической обработки результатов измерений, включая методы математической статистики, методы анализа и оценки точности результатов измерений и функций измеренных величин

<b>ПСК-4.5: способностью анализировать и типизировать условия разработки месторождений полезных ископаемых для их комплексного использования, выполнять различные оценки недропользования</b>	
---	--

<b>Знать:</b>	
Уровень 1	технологию проектирования производства маркшейдерских работ с учетом действующих нормативно-технических требований

<b>Уметь:</b>	
Уровень 1	разрабатывать техническую документацию в области производства маркшейдерских работ, как в составе творческих коллективов, так и самостоятельно; контролировать соответствие результатов проектных решений в соответствии с действующими нормативно-техническими требованиями

<b>Владеть:</b>	
Уровень 1	навыками работы в среде специализированного программного обеспечения для разработки и реализации проектных решений

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	теорию маркшейдерско-геодезических измерений и методы оценки точности;
3.1.2	математические методы обработки результатов маркшейдерско-геодезических измерений.
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	выполнять математическую обработку результатов маркшейдерско-геодезических измерений в среде специализированного программного обеспечения;
3.2.2	самостоятельно производить обработку и анализ результатов маркшейдерско-геодезических измерений, связанных с определением положения и состояния горных выработок, горно-геологических особенностей разрабатываемого месторождения полезных ископаемых, процессов, возникающих в массиве, при ведении горных работ.
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	выполнения математической обработки результатов маркшейдерско-геодезических измерений, составления маркшейдерской отчетной документации, в т.ч. в среде специализированного программного обеспечения.

#### **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>Код занятия</b>	<b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>	<b>Семестр / Курс</b>	<b>Часов</b>	<b>Компетенции</b>	<b>Литература</b>	<b>Инспект.</b>	<b>Примечание</b>
	<b>Раздел 1. Основы теории погрешностей измерений. Уравнительные вычисления. Основы метода наименьших квадратов</b>						
1.1	Роль измерений в маркшейдерской практике. Классификация измерений. Погрешности измерений и их виды. Случайные погрешности измерений и закон их распределения. Свойства случайных погрешностей измерений. Взаимосвязи/зависимости различных видов случайных погрешностей измерений /Лек/	10	2			0	
1.2	Равноточные измерения. Среднее арифметическое. Критерии точности измерений: СКП, средняя и вероятные погрешности. СКП функций измеренных величин. Рассмотрение примеров решения практических задач /Лек/	10	4			0	
1.3	Неравноточные измерения. Вес результата измерения. Соотношение между весами и СКП. СКП единицы веса. Определение весов неравноточных измерений. Рассмотрение примеров решения практических задач /Лек/	10	4			0	

1.4	Основные понятия о принципе и методе наименьших квадратов. Понятия об уравнительных вычислениях в целом и основанных на МНК. Назначение и сущность уравнительных вычислений. Строгие и нестстрогие способы уравнивания. Задачи, решаемые при уравнительных вычислениях. Понятия о параметрическом и коррелатном уравнивании. Общие сведения о нестрогих способах уравниваниях и задачах, решаемых на их основе. Преимущества и недостатки. /Лек/	10	4			0	
1.5	Математическая обработка равноточных измерений. /Пр/	10	4			0	
1.6	Оценка точности функций независимых измеренных величин. /Пр/	10	4			0	
1.7	Математическая обработка рядов равноточных двойных измерений /Пр/	10	2			0	
1.8	Математическая обработка ряда неравноточных измерений. /Пр/	10	2			0	
1.9	Математическая обработка рядов неравноточных двойных измерений. /Пр/	10	2			0	
1.10	Уравнивание маркшейдерских сетей. Нестстрогие способы уравнивания. Уравнивание сетей с узловыми точками. /Пр/	10	6			0	
1.11	Уравнивание маркшейдерских сетей строгими способами (МНК) в среде КРЕДО ДАТ. /Пр/	10	4			0	
1.12	Работа в среде специализированного программного обеспечения. Знакомство с модулем КРЕДО ДАТ. Область применения ПО. Функциональные возможности модуля. Настройки Рабочей области. Решение задач. /Пр/	10	4			0	
1.13	Консультации. Работа над заданиями. /ИВКР/	10	5,35			0	
1.14	Самостоятельная работа: работа с научной, научно-технической и нормативно-технической литературой. /Ср/	10	24,65			0	
	<b>Раздел 2. Анализ и оценка точности маркшейдерских работ</b>						

2.1	<p>Анализ точности подземных маркшейдерских съемок.</p> <p>Погрешности измерения угловых величин:</p> <p>Погрешности измерения горизонтального угла.</p> <p>Погрешности измерения вертикального угла.</p> <p>Необходимая и достаточная точность измерения вертикального угла.</p> <p>Погрешности измерения длины сторон подземных полигонометрических ходов:</p> <p>Источники погрешностей при измерении длин линий в подземных полигонах мерными приборами.</p> <p>Погрешности измерений. Закон накопления погрешностей при измерении длин линий. Коэффициенты случайного и систематического влияния и методы их определения.</p> <p>Измерение длин линий электронными приборами. Погрешности измерений.</p> <p>/Лек/</p>	11	2			0	
2.2	<p>Анализ точности подземных маркшейдерских съемок. Накопление погрешностей в подземных полигонометрических ходах:</p> <p>Погрешности координат пунктов и дирекционных углов сторон свободного полигонометрического хода, обусловленные погрешностями измерения углов, длин сторон и дирекционного угла первой стороны.</p> <p>Погрешности координат и погрешность по заданному направлению последней точки свободного вытянутого полигона и вытянутого равностороннего полигона.</p> <p>/Лек/</p>	11	2			0	
2.3	<p>Особенности построения подземных маркшейдерских сетей.</p> <p>Теоретические основы и способы уравнивания. Сущность упрощенного и строгого способов уравнивания.</p> <p>Уравнивание систем полигонов различными способами. Применение специализированных программных комплексов для уравнивания систем полигонов. Особенности уравнивания подземных полигонов. Уравнивание отдельных маркшейдерских полигонометрических ходов (упрощенными и строгими способами).</p> <p>Погрешности координат пунктов полигонометрических ходов после уравнивания.</p> <p>Анализ и оценка точности.</p> <p>/Лек/</p>	11	2			0	

2.4	Накопление погрешностей в ходах геометрического и тригонометрического нивелирования: накопление погрешностей в ходах геометрического нивелирования. Уравнивание ходов; накопление погрешностей в ходах тригонометрического нивелирования. Уравнивание ходов. Сопоставление точности геометрического и тригонометрического нивелирования. /Лек/	11	2			0	
2.5	Анализ геометрических способов ориентирно- соединительных съемок. Гироскопическое ориентирование. Анализ ориентирования через один вертикальный шахтный ствол. Решение задачи проектирования. Факторы, влияющие на точность проектирования. Погрешность проектирования. Погрешность проектирования точки и направления на ориентируемый горизонт. Линейная и угловая погрешности проектирования. Решение задачи примыкания. Источники погрешностей и способы их уменьшения. Наивыгоднейшая форма треугольников. Анализ ориентирования через два (и более) вертикальных шахтных ствола. Гироскопическое ориентирование. /Лек/	11	2			0	
2.6	Предрасчет смыкания встречных забоев горных выработок: Предрасчет смыкания встречных забоев. Предрасчет погрешности смыкания забоев в плане и по высоте при различных схемах, общий и частные случаи, горизонтальные и вертикальные выработки. Предельная погрешность смыкания забоев. Применение автоматизированных программ для ПЭВМ. Правила безопасности при проведении сбоек. /Лек/	11	2			0	
2.7	.Оценка точности угловых измерений. СКП отдельно измеренного горизонтального угла. СКП горизонтального угла по невязкам в полигонометрических ходах. СКП вертикального угла /Пр/	11	4			0	
2.8	Оценка точности линейных измерений. СКП измеренной длины линии непосредственным (стальной рулеткой) и косвенным (светодальномер/электронный тахеометр) способами. /Пр/	11	2			0	

2.9	Определение погрешности координат последнего пункта и дирекционного угла последней стороны свободного полигонометрического хода. Определение СКП координат последнего пункта свободного полигонометрического хода по осям координат и СКП дирекционного угла последней стороны. Определение СКП координат последнего пункта вытянутого свободного полигонометрического хода по заданному направлению. /Пр/	11	2			0	
2.10	Оценка точности тригонометрического нивелирования. Определение СКП высоты последнего пункта висячего хода тригонометрического нивелирования, пройденного в прямом и обратном направлениях в подземных горных выработках. /Пр/	11	2			0	
2.11	Анализ ориентирования через один вертикальный ствол. Вычислительная обработка результатов ориентировано- соединительной съемки через один вертикальный шахтный ствол. Определение погрешности ориентирования. Обоснование наивыгоднейшей формы соединительных треугольников. /Пр/	11	2			0	
2.12	Определение погрешности координат пункта полигонометрического хода, разделенного на секции гиросторонами. Определение СКП координат пункта полигонометрического хода, разделенного на секции сторонами, дирекционные углы которых определены гироскопическим способом. /Пр/	11	4			0	
2.13	Анализ ориентирования подземной маркшейдерской опорной сети через два вертикальных стволова. Определение погрешности дирекционного угла оцениваемой стороны подземного соединительного полигонометрического хода при ориентировании через два вертикальных стволова. /Пр/	11	2			0	
2.14	Предварительная оценка точности смыкания встречных забоев горных выработок при различных геометрических схемах ( горных выработок, проводимых в пределах одной шахты и разных шахт). Предрасчет точности смыкания встречных забоев. /Пр/	11	6			0	
2.15	Консультации. Работа над заданиями. /ИВКР/	11	0,25			0	
2.16	Самостоятельная работа: работа с научной, научно-технической и нормативно-технической литературой. /Ср/	11	35,75			0	

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Приведите понятие измерения.
2. Перечислите виды измерений в маркшейдерской и геодезической практике ввиду характера измеряемого объекта.
3. Какие измерения называют равноточными и неравноточными?
4. Какие измерения называют необходимыми и избыточными?
5. Какие измерения называют прямыми и косвенными?
6. Какую величину называют истинной погрешностью?
7. Приведите классификацию погрешностей измерений.
8. Перечислите критерии оценки точности результатов измерений. Какой критерий является основным?
9. Перечислите свойства рядов случайных погрешностей измерений.
10. Какие погрешности называются абсолютными, а какие относительными?
11. С какой целью определяют арифметическую середину (середину)?
12. Верно ли утверждение: «Средняя квадратическая погрешность арифметической середины из  $n$  равноточных измерений в  $\sqrt{n}$  раз менее средней квадратической погрешности одного измерения»?  
СКП угла, измеренного один раз (одним приемом),  $\pm 5''$ . Сколько минимум раз (сколькими приемами) нужно измерить угол, чтобы СКП окончательного результата не превосходила  $\pm 2''$ .
13. Верно ли утверждение: «Средняя квадратическая погрешность функций общего вида от многих независимых величин равна корню квадратному из суммы квадратов их средних квадратических погрешностей, умноженных на квадраты частных производных данной функции, взятых по тем же величинам»?
14. Продолжите утверждение: «Первое свойство вероятнейших погрешностей: для любого ряда равноточных измерений сумма вероятнейших погрешностей ...».
15. Продолжите утверждение: «Второе свойство вероятнейших погрешностей: для любого ряда равноточных измерений сумма квадратов вероятнейших погрешностей равна ...».
16. Приведите понятие веса измерения.
17. Приведите и поясните соотношение между весами и средними квадратическими погрешностями результатов измерений.
18. Верно ли утверждение: «Чем надежнее результат измерения, тем меньше его средняя квадратическая погрешность, тем больше его вес»?
19. С какой целью определяют среднюю квадратическую погрешность единицы веса?
20. Определите, о каком понятии идет речь, дополните утверждение: «.... результата измерения есть выраженное числом относительное доверие к нему, степень надежности результата по сравнению с другими однородными результатами, его достоинство».
21. Понятие общей арифметической середины (середины), или весовому среднему арифметическому.
22. Чему равен вес общей арифметической середины (середины)?
23. Раскройте сущность задачи уравнивания маркшейдерских и геодезических построений.
24. Перечислите и поясните основные задачи уравнительных вычислений.
25. Приведите и поясните классификацию основных способов уравнивания.
26. Раскройте суть уравнивания систем полигонов способом проф. В.В. Попова. Приведите пример.
27. Сформулируйте правила составления системы уравнений при уравнивании систем полигонов способом проф. В.В. Попова.
28. Что называют фиктивным звеном?
29. Какие сети называют свободными и несвободными?
30. В каких случаях выполняют уравнивание упрощенным способом?
31. Приведите понятие узловой точки и узловой линии.
32. Приведите последовательность действий при уравнивании системы нивелирных ходов с одной узловой точкой.  
Приведите пример.
33. Приведите понятие эквивалентного хода.
34. Приведите порядок уравнивания системы теодолитных ходов с одной узловой точкой. Приведите пример.
35. Приведите и поясните понятие о принципе и методе наименьших квадратов.
36. Приведите и поясните основные геометрические условия в геодезических построениях (условие фигуры; условие горизонта; условие суммы углов; условие дирекционных углов; условие сторон; условие полюса; условие координат).
37. Перечислите и поясните методы решения систем линейных нормальных уравнений (способ последовательной подстановки; способ матричных преобразований; алгоритм Гаусса; способ краковян/краковян). Приведите примеры.
38. Раскройте суть коррелатного способа уравнивания. Приведите пример.

### 5.2. Темы письменных работ

### 5.3. Оценочные средства

Рабочая программа дисциплины "Математическая обработка результатов маркшейдерских и геодезических измерений" обеспечена оценочными средствами для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, включающими контрольные вопросы и тесты для проведения промежуточной аттестации, критерии оценивания учебной деятельности обучающихся, примеры заданий для практических и лабораторных занятий, билеты для проведения промежуточной аттестации.

Примеры оценочных средств представлены в Приложении.

### 5.4. Перечень видов оценочных средств

По дисциплине планируются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся:

<p>- тесты;</p> <p>- устные опросы по результатам выполненных практических работ.</p> <p>Примеры оценочных материалов для текущего контроля успеваемости обучающихся приведены (см. Приложение).</p> <p>Тестирование может проводиться как в традиционном формате, так и в режиме онлайн на базе электронного ресурса, в т.ч. – платформа <a href="https://socrative.com/">https://socrative.com/</a>.</p>
--

<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>	
<b>6.1. Рекомендуемая литература</b>	
<b>6.3.1 Перечень программного обеспечения</b>	
6.3.1.1	Windows 7

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>			
<b>Аудитория</b>	<b>Назначение</b>	<b>Оснащение</b>	<b>Вид</b>
4-44	Аудитория для лекционных, практических и семинарских занятий.	Специализированная мебель: набор учебной мебели на 18 посадочных мест; стол преподавательский – 2 шт., стул преподавательский -1 шт.; доска меловая -1 шт., переносной проектор -1 шт., переносной экран – 1 шт.; Специализированная аудитория по БВР: специальное оборудование и плакаты для организации взрывных работ; пневмозарядчик; учебные конденсаторные взрывные машинки.	
4-36	Аудитория для лекционных, практических, лабораторных и семинарских занятий.	Специализированная мебель: набор учебной мебели на 24 посадочных места; стол преподавательский – 1 шт., стул преподавательский -1 шт.; доска меловая- 1 шт., телевизор на кронштейне с видео приставкой. Специализированная аудитория по физики горных пород: гидравлический пресс П-50; гидравлический пресс ПНД-30-400 с ручным насосом Н 2.63.2Р; цифровой тензометрический мост (ЦТМ-5); ультразвуковые приборы УКБ-1М и УК-10 ПМС; станок для определения абразивности пород (УСС); установка для определения твердости пород (УМГП-3); прибор для определения крепости пород (ПОК); химическая посуда; электронные весы; технические высокоточные весы с разновесами; набор сит и пикнометров; электронагреватель для парафина; набор стандартных и расходуемых образцов горных пород для проведения исследований и экспериментов.	

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Методические указания по изучению дисциплины «Математическая обработка результатов маркшейдерских и геодезических измерений» - в разработке.