



Программу составил(и):

*дтн, Профессор, Еременко Виталий Андреевич*

Рабочая программа

### **Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Металловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Металловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физических процессов горного производства и геоконтроля**

Протокол от 25.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Винников Владимир Александрович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Формирование знаний и представлений о напряженно-деформированном состоянии массива, состоянии исходного и формировании вторичного полей напряжений при ведении открытых и подземных горных работ на основе компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		2.1.2
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Академическое письмо	
2.1.2	Иностранный язык	
2.1.3	История и философия науки	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Аналитическая химия	
2.2.2	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.3	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.4	Геотехнология, горные машины	
2.2.5	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.6	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.7	Литейное производство	
2.2.8	Материаловедение	
2.2.9	Материаловедение	
2.2.10	Материаловедение	
2.2.11	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.12	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.13	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.14	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.15	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.16	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.17	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.18	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.19	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.20	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.21	Обогащение полезных ископаемых	
2.2.22	Обработка металлов давлением	
2.2.23	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.24	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.25	Теоретические основы проектирования горнотехнических систем	
2.2.26	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.27	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.28	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.29	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.30	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.31	Технология электрохимических процессов и защита от коррозии	
2.2.32	Физика конденсированного состояния	
2.2.33	Физика конденсированного состояния	
2.2.34	Физика конденсированного состояния	
2.2.35	Физика конденсированного состояния	
2.2.36	Физика конденсированного состояния	
2.2.37	Физика полупроводников	
2.2.38	Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ	
2.2.39	Электротехнические комплексы и системы	
2.2.40	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук	

2.2.41	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.42	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.43	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.44	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.45	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.46	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.47	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.48	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.49	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.50	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.51	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.52	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.53	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.54	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.55	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.56	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.57	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.58	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.59	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.60	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.61	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.62	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.63	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.64	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.65	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.66	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.67	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.68	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.69	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.70	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.71	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.72	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.73	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.74	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.75	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.76	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.77	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.78	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.79	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.80	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.81	Обогащение полезных ископаемых
2.2.82	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты**

**Знать:**

А-3-34 Примеры применения на практике в процессе ведения открытых и подземных работ компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород; оценка рисков горных работ

А-3-35 Методы количественной и качественной оценки состояния массива горных пород с использованием современных геомеханических программ

**А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата**

**Знать:**

А-2-32 Технологию современных оборудований и пути повышения их надежности
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Знать:</b>
А-3-31 Методы оценки напряженного состояния ненарушенного массива горных пород
А-3-32 Порядок проведения анализа горного давления с помощью численного моделирования
А-3-33 Критерии разрушения горных пород используемых в численном моделировании
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Знать:</b>
А-2-31 Методы планирования эксперимента, стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ, правила обработки и оформления результатов эксперимента
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Знать:</b>
А-1-32 Современные и традиционные методы оценки напряженно-деформированного состояния массива, состояния исходного и формирования вторичного полей напряжений при ведении открытых и подземных горных работ на основе компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород
А-1-33 Методы организационной работы научного коллектива в вопросах компьютерного моделирования
А-1-31 Горное дело
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Уметь:</b>
А-3-У1 Выполнять оценку напряженно-деформированного состояния массива горных пород при ведении открытых и подземных работ с помощью численного моделирования
А-3-У2 На практике применять методы компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород
А-3-У3 Проводить количественную и качественную оценку состояния массива горных пород с использованием современных геомеханических программ
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Уметь:</b>
А-1-У1 Использовать знание горного дела для организации научно-исследовательской работы и решения поставленных задач на основе компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород
А-1-У2 Организовывать эффективную работу научного коллектива в вопросах компьютерного моделирования
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Уметь:</b>
А-2-У2 Критически воспринимать, анализировать и оценивать информацию; организовывать работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований
А-2-У1 Планировать, анализировать и обобщать результаты эксперимента, формулировать выводы
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Уметь:</b>
А-3-У4 Работать в современных компьютерных программах
<b>Владеть:</b>
А-3-В2 Навыками применения методов компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород
А-3-В1 Методами оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород при ведении открытых и подземных работ с помощью численного моделирования
А-3-В3 Методами количественной и качественной оценки состояния массива горных пород с использованием современных геомеханических программ
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>

<b>Владеть:</b>
А-1-В1 Навыками организации научно-исследовательской работы, принятия решений и достижения поставленных целей в области геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Владеть:</b>
А-2-В1 Навыками планирования, анализа и обобщения результатов эксперимента
А-2-В2 Навыками представления и адаптации результатов эксперимента в производственной деятельности

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Общие сведения о напряженно-деформированном состоянии массива горных пород</b>							
1.1	Зачем необходимо изучать напряженно-деформированное состояние массива горных пород? Данные необходимые для проектирования горных работ. Граничные условия модели. Напряженное состояние горных пород. Напряженное состояние объекта под землей. Траектории напряжения. Контактные силы – траектории напряжения. /Лек/	6	2	А-1-31 А-1-32 А-3-31 А-3-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э2			
1.2	Оценка напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Представление тензора природных напряжений. Горизонтальные напряжения. Причины высоких горизонтальных напряжений. Тектонические силы. Направление горизонтальных напряжений. Мировая карта напряжений. Оценка напряжений различными методами. Вариативность напряжений. Измерение исходных напряжений. Методы разгрузки. /Лек/	6	4	А-1-31 А-1-32 А-1-33 А-2-31 А-3-31 А-3-33 А-3-34	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э7			
1.3	Методы количественной и качественной оценки состояния массива горных пород. /Лек/	6	2	А-1-31 А-1-33 А-3-35	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э4	Использование геомеханических программ Rocscience – Dips, RocData, Unwedge		
1.4	Овладение навыками работы в программе Rocscience – Dips. /Ср/	6	10	А-1-31 А-1-У1 А-3-35 А-3-У3 А-3-У4 А-3-В3	Э3			

1.5	Овладение навыками работы в программе Rocscience – RocData. /Ср/	6	10	A-1-31 A-1-Y1 A-3-35 A-3-Y3 A-3-Y4 A-3-B3	Э3 Э10			
1.6	Овладение навыками работы в программе Rocscience – Unwedge. /Ср/	6	10	A-1-31 A-1-Y1 A-3-35 A-3-Y3 A-3-Y4 A-3-B3	Э3 Э8			
1.7	Проведение расчетов в программе Rocscience – RocData. /Пр/	6	2	A-1-31 A-1-33 A-1-Y1 A-1- Y2 A-1-B1 A-3 -35 A-3-Y3 A- 3-Y4 A-3-B3	Э3 Э10			
1.8	Проведение расчетов в программе Rocscience – Dips. /Пр/	6	2	A-1-31 A-1-33 A-1-Y1 A-1- Y2 A-3-35 A-3 -Y3 A-3-Y4 A- 3-B3	Э3			
1.9	Проведение расчетов в программе Rocscience – Unwedge. /Пр/	6	1	A-1-31 A-1-33 A-1-Y1 A-1- Y2 A-3-35 A-3 -Y3 A-3-Y4 A- 3-B3	Э3 Э8			
1.10	Оценка напряженно-деформированного состояния массива горных пород с помощью данных полученных методами кернового бурения, целевой разгрузки, видеосъемки техническим эндоскопом скважин, электрометрии. /Пр/	6	2	A-1-32 A-1-33 A-1-Y1 A-1- Y2 A-1-B1 A-2 -31 A-3-31 A-3 -34 A-3-35 A-3 -Y4 A-3-B2	Л1.2 Л1.3Л2.1 Э2 Э4 Э7			P1
<b>Раздел 2. Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород</b>								
2.1	Анализ горного давления с помощью численного моделирования. Тензор природных напряжений. Горное давление вокруг выработок. Расчет напряженно-деформированного состояния с помощью численного моделирования. Исходные параметры. /Лек/	6	7	A-1-31 A-1-32 A-1-33 A-2-31 A-2-32 A-3-31 A-3-32 A-3-33 A-3-34 A-3-35	Л1.2 Л1.3Л2.1 Э2			
2.2	Овладение навыками работы в программе численного моделирования Map3D. /Ср/	6	30	A-1-32 A-1-B1 A-2-32 A-3-32 A-3-33 A-3-Y1 A-3-Y4 A-3-B1 A-3-B2	Э1 Э5			
2.3	Рассмотрение и изучение случаев из практики по оценке напряженно-деформированного состояния массива горных пород на рудниках: Норильска, Якутии, Западной Сибири, Урала, Бурятии, Западной Австралии. /Ср/	6	14	A-2-31 A-3-31 A-3-34 A-3-Y1				



2.4	Определение напряженно-деформированного состояния горно-технической системы подземного рудника в условиях применения камерной системы разработки с использованием программы численного моделирования Map3D. /Пр/	6	2	A-1-32 A-1-33 A-1-У2 A-3-34 A-3-У1 A-3- У4 A-3-В1 A-3- -В3	Л1.2 Л1.3Л2.2 Э1 Э5 Э9			
2.5	Определение напряженно-деформированного состояния горно-технической системы подземного рудника в условиях применения систем разработки с обрушением руды с использованием программы численного моделирования Map3D. /Пр/	6	2	A-1-32 A-1-33 A-1-У2 A-3-34 A-3-У1 A-3- У2 A-3-У3 A-3- -У4 A-3-В1 A- 3-В2 A-3-В3	Л1.2 Л1.3Л2.2 Э1 Э5			
2.6	Расчет параметров крепи выработок с использованием программы численного моделирования Map3D и определение местоположения зон растягивающих деформаций. /Пр/	6	2	A-1-32 A-1-33 A-1-У2 A-1-В1 A-3-У1 A-3- У2 A-3-У3 A-3- -У4 A-3-В1 A- 3-В2 A-3-В3	Э1 Э5 Э6 Э11			
2.7	Калибровка численных моделей с помощью данных полученных методами геоконтроля в шахтных условиях и оценки разрушения горных пород, а также с помощью программ Rocscience – Dips, RocData, Unwedge. /Лек/	6	2	A-1-31 A-1-32 A-1-33 A-2-31 A-2-32 A-3-31 A-3-32 A-3-33 A-3-34 A-3-35	Л1.2Л2.1 Э1 Э3 Э5 Э6		КМ1	
2.8	Калибровка численных моделей при ведении подземных горных работ. /Пр/	6	2	A-1-32 A-1-У1 A-1-У2 A-1-В1 A-2-32 A-3-32 A-3-33 A-3-34 A-3-35 A-3-У1 A-3-У2 A-3- У3 A-3-У4 A-3- -В1 A-3-В2 A- 3-В3	Э1 Э5 Э6			
2.9	Калибровка численных моделей при ведении открытых горных работ. /Пр/	6	2	A-1-32 A-1-У1 A-1-У2 A-1-В1 A-2-32 A-3-32 A-3-33 A-3-34 A-3-35 A-3-У1 A-3-У2 A-3- У3 A-3-У4 A-3- -В1 A-3-В2 A- 3-В3	Э1 Э5 Э6			

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Зачет	A-3-31;A-3-32;A-3-33;A-3-34;A-3-У1;A-3-У2;A-3-У3;A-3-В1;A-3-В2;A-3-В3;A-3-35;A-3-У4;A-2-31;A-2-У1;A-2-В1;A-2-32;A-2-В2;A-1-31;A-1-32;A-1-33;A-1-У2;A-2-У2;A-1-У1;A-1-В1	
-----	-------	---	--

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа №1	A-3-31;A-3-34;A-3-35;A-3-У4;A-3-В2;A-2-31;A-1-32;A-1-33;A-1-У1;A-1-У2	1. Определить RQD; 2. Определить Q (max, min, среднее, наиболее частое); 3. Согласно полученному значению наиболее частого Q определить категорию нарушенности массива и состояние массива горных пород; 4. В соответствии с категорией нарушенности массива горных пород, в зависимости от максимального незакрепленного пролета выработки 4,5 м определить тип и параметры постоянной крепи или системы крепления.
P2	Практическая работа №2	A-3-31;A-3-32;A-1-31;A-1-32	1.Планирование ведения горных работ 2.Общие эксплуатационные вопросы 3.Подготовительное взрывание 4.Проектирование выработок 5.Крепь 6.Сроки установки крепи 7.Геотехнические данные 8.Размеры камер и целиков 9.Порядок отработки и закладки 10.Промышленное взрывание
P3	Практическая работа №3	A-3-31;A-3-33;A-3-34;A-2-31;A-1-31;A-1-32;A-1-33	1. Определить какое изменение образца горной породы произошло 2. Определить действие напряжений (каких) и направление (показать) на образец горной породы 3. Определить коэффициент Пуассона 4. Определить величину относительной продольной деформации 5. Определить значения вертикальных напряжений и вертикальных напряжений в выработках 6. Нарисовать в произвольном виде местоположение проявления горного давления, в выработке, камере или др., произошедшее на горнодобывающем предприятии 7. Определить прочность массива в натурных условиях с учетом коэффициента структурного ослабления, а также глубину («Большая глубина») с которой начинается разрушение выработок, требуется применение тяжелых типов крепи, а также данный участок может быть отнесен к склонным или опасным по горным ударам, при условии возникновения горных ударов 8. Определить какие и в каком направлении действуют максимальные напряжения 9. Определить прочность массива с учетом коэффициента структурного ослабления, гравитационное давление налегающей толщи, а также коэффициент бокового давления $\lambda_1$ 10. Построить и определить направление действия максимальных горизонтальных напряжений относительно сторон света и определить «Разрешенные» и «Запрещенные» направления проходки выработок на руднике N

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

Экзаменационный билет состоит из 3-х теоретических вопросов:

1. Напряженно-деформированное состояние массива. Исходное и вторичное поле напряжений.
2. Моделирование в горном деле. ИмPLICITное и эксплицитное моделирование. Граничные условия модели.
3. Калибровка численных моделей с помощью данных полученных с помощью программы Rocscience – RocData.

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Экзаменационная оценка выставляется по четырехбалльной шкале ("неудовлетворительно", "удовлетворительно", "хорошо" или "отлично") как среднее арифметическое из оценок, полученных за освоение каждой компетенции, в соответствии со следующими критериями:

**ПК-1.1** Незнание критериев разрушения горных пород используемых в численном моделировании, существующих методов количественной и качественной оценки состояния массива горных пород с

использованием современных геомеханических программ, неумение оценивать риски горных работ

Допороговый уровень (оценка "неудовлетворительно")

Знание части основных методов оценки напряженного состояния ненарушенного массива горных пород, порядка проведения анализа горного давления с помощью численного моделирования, основных критериев разрушения горных пород используемых в численном моделировании Пороговый уровень (оценка "удовлетворительно")

Знание порядка проведения анализа горного давления с помощью численного моделирования, критериев разрушения горных пород используемых в численном моделировании, умение оценивать риски горных работ, владение методами оценки напряженного состояния ненарушенного массива горных пород Продвинутый уровень (оценка "хорошо")

Владение методами оценки напряженного состояния ненарушенного массива горных пород, методами количественной и качественной оценки состояния массива горных пород с использованием современных геомеханических программ, знание порядка проведения анализа горного давления с помощью численного моделирования, критериев разрушения горных пород используемых в численном моделировании, а также примеров применения на практике в процессе ведения открытых и подземных работ компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород, умение оценивать риски горных работ

Высокий уровень (оценка "отлично")

**ПК-1.2** Незнание существующих методов оценки напряженно-деформированного состояния массива, состояния исходного и формирования вторичного полей напряжений при ведении открытых и подземных горных работ на основе компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород

Допороговый уровень (оценка "неудовлетворительно")

Знание части основных методов оценки напряженно-деформированного состояния массива, состояния исходного и формирования вторичного полей напряжений при ведении открытых и подземных горных работ на основе компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород

Пороговый уровень (оценка "удовлетворительно")

Знания в области горного дела, владение основными методами оценки напряженно-деформированного состояния массива, состояния исходного и формирования вторичного полей напряжений при ведении открытых и подземных горных работ на основе компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород Продвинутый уровень (оценка "хорошо")

Исчерпывающие знания в области горного дела, а также владение современными и традиционными методами оценки напряженно-деформированного состояния массива, состояния исходного и формирования вторичного полей напряжений при ведении открытых и подземных горных работ на основе компьютерного моделирования в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород, методами организационной работы научного коллектива в вопросах компьютерного моделирования Высокий уровень (оценка "отлично")

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Каспарьян Э. В., Козырев А. А., Июфис М. А., Макаров А. Б.	Геомеханика: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки бакалавров и магистров "Горное дело"	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 2006
Л1.2	Шкуратник Владимир Лазаревич, Набатов Владимир Вячеславович, Гайсин Роберт Мударисович	Геофизические методы исследования массивов горных пород. Указания по практическим занятиям и самостоятельной работе: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Физ. процессы горн. или нефтегаз. пр-ва"	Электронная библиотека	М.: Изд-во МГГУ, 2012

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.3	Шкуратник Владимир Лазаревич, Николенко Петр Владимирович	Методы определения напряженно-деформированного состояния массива горных пород: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Физ. процессы горн. или нефтегаз. пр-ва"	Электронная библиотека	М.: Изд-во МГГУ, 2012
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Макаров А. Б.	Практическая геомеханика: Пособие для горных инженеров: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Горная книга, 2006
Л2.2	Певзнер М. Е., Иофис М. А., Попов В. Н.	Геомеханика: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Маркшейдерское дело"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2005
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э1	Map3D		<a href="https://map3d.com">https://map3d.com</a>	
Э2	Еременко В.А. Автореферат диссертации д-ра техн. наук. Обоснование параметров геотехнологии освоения удароопасных железорудных месторождений Западной Сибири.		<a href="http://www.geokniga.org/books/14560">http://www.geokniga.org/books/14560</a>	
Э3	Уроки по обучению работы в программах Rocscience		<a href="https://www.rocscience.com">https://www.rocscience.com</a>	
Э4	Еременко В.А., Айнбиндер И.И., Пацкевич П.Г., Бабкин Е.А. Оценка состояния массива горных пород на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». — ГИАБ. — № 1. — 2017. — С. 5-17.		<a href="http://www.giab-online.ru/files/Data/2017/1/5_17_1_2017.pdf">http://www.giab-online.ru/files/Data/2017/1/5_17_1_2017.pdf</a>	
Э5	Еременко В. А., Аксенов З. В., Пуль Э. К., Захаров Н. Е. Исследование структуры вторичного поля напряжений призабойной части подготовительных выработок при проходке выбросоопасных пластов с использованием программы Map3D // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — М.: Издательство «Горная книга». - №5. – 2020. – С. 91-104.		<a href="http://www.giab-online.ru/files/Data/2020/5/91-104.pdf">http://www.giab-online.ru/files/Data/2020/5/91-104.pdf</a>	
Э6	Нгуен Ван Минь, Еременко В. А., Сухорукова М. А., Шерматова С. С. Оценка влияния формы выработки и действующих напряжений в массиве на формирование зоны растягивающих деформаций на глубине свыше 1 км // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — М.: Издательство «Горная книга». - №6. – 2020. – С. 67-75.		<a href="http://www.giab-online.ru/files/Data/2020/6/67.pdf">http://www.giab-online.ru/files/Data/2020/6/67.pdf</a>	
Э7	Сергунин М.П., Еременко В.А. Определение параметров исходного поля напряженного состояния на руднике «Заполярный» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — М.: Издательство «Горная книга». - №4. – 2019. – С. 63-74.		<a href="http://giab-online.ru/files/Data/2019/4/63_73_4_2019.pdf">http://giab-online.ru/files/Data/2019/4/63_73_4_2019.pdf</a>	
Э8	Косырева М.А., Еременко В.А., Горбунова Н.Н., Терешин А.А. Расчет параметров крепи выработок с использованием программы Unwedge на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — М.: Издательство «Горная книга». - №8. – 2019. – С. 57-64.		<a href="http://giab-online.ru/files/Data/2019/8/57_64_9_2019.pdf">http://giab-online.ru/files/Data/2019/8/57_64_9_2019.pdf</a>	

Э9	Еременко В.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния горнотехнической системы рудника при соосной отработке трех этажей камерной системой разработки (в программном комплексе Map3D) // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — М.: Издательство «Горная книга». — № 11. — 2018. — С. 5-17.	<a href="http://www.giab-online.ru/files/Data/2018/11/5_17_11_2018.pdf">http://www.giab-online.ru/files/Data/2018/11/5_17_11_2018.pdf</a>
Э10	Хажьылай Ч.В., Еременко В.А., Косырева М.А., Янбеков А.М. Расчет паспорта прочности горных пород находящихся в естественных условиях массива с использованием критерия Хука-Брауна и программы RocData // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — М.: Издательство «Горная книга». — № 12. — 2018. — С. 92-101.	<a href="http://giab-online.ru/files/Data/2018/12/92_101_12_2018.pdf">http://giab-online.ru/files/Data/2018/12/92_101_12_2018.pdf</a>
Э11	Еременко В.А., Лушников В.Н. Методика выбора «динамической» крепи выработок для месторождений склонных и опасных по горным ударам // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — М.: Издательство «Горная книга». — № 12. — 2018. — С. 5-12.	<a href="http://giab-online.ru/files/Data/2018/12/5_12_12_2018.pdf">http://giab-online.ru/files/Data/2018/12/5_12_12_2018.pdf</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Autodesk AutoCAD
П.2	Map3D
П.3	Unwedge
П.4	Dips Rocscience
П.5	RocData

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Rocscience ( <a href="https://www.rocscience.com">https://www.rocscience.com</a> )
И.2	Map3D ( <a href="https://map3d.com">https://map3d.com</a> )
И.3	Web of Science ( <a href="http://www.webofscience.com">http://www.webofscience.com</a> )
И.4	Scopus ( <a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a> )
И.5	eLIBRARY.ru ( <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> )

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Л-730	Компьютерный класс	блок системный P4 3.0 Cel/512/80/ - 1шт,GA/CDRW+DVD/SB,DIMM,80Gb,Video, Kb,mouse - 1шт., компьютер в сборе: системный блок: Core i3 2120 3.30Ghz/Intel -DH67CF/4Gb/750Gb.-19шт., компьютер в сборе: системный блок: Core i5 2400 3.10Ghz/Intel DH67CF/4Gb/750Gb-1шт., компьютер стационарный тип 2 Kraftway Credo KC36 -1шт., ксерокс CANON IR 1210 -1шт., проектор мультимедийный SANYO-PLC-XD2200 -1шт., монитор 19" ACER V193b -1шт., монитор LCD 17 NEC70GX2-1шт., монитор ACER 19" AL1923 W/SPEAKER-1шт., комплект учебной мебели
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Данная дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы.

Для самостоятельного изучения дисциплины и подготовки к практическим работам рекомендуется также изучить

материалы, которые выдаются преподавателем в виде презентаций: "Геотехническая безопасность подземной разработки полезных ископаемых", "Напряженное состояние горных пород", "Напряженное состояние ненарушенного массива и методы его оценки", "Анализ горного давления с помощью численного моделирования", "Критерии разрушения горных пород, используемые в численном моделировании", "Примеры из практики".