

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

03

2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.22 Геомеханика

(наименование дисциплины согласно учебному плану)

Специальность:

21.05.04 «Горное дело»

(код и наименование направления / специальности)

Направленность (профиль):

«Шахтное и подземное строительство»; «Взрывное дело»; «Горные машины и оборудование»; «Электрификация и автоматизация горного производства»; «Маркшейдерское дело»; «Обогащение полезных ископаемых»; «Подземная разработка пластовых месторождений»; «Открытые горные работы»; «Технологическая безопасность и горноспасательное дело»; «Транспортные системы горного производства»

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа:

специалитет

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная, заочная

(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр(ы)	5	5
Общая трудоёмкость в ЗЕТ/часах	4,5/162	4,5/162
Контактная работа (час.)	72	14
Лекции (час.)	34	4
Практические (семинарские) занятия (час.)	-	-
Лабораторные работы (час.)	34	4
Самостоятельная работа (час.), в том числе	54	130
Курсовой проект/работа (семестр/час.)	-	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экз., 36	экз., 18

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Геомеханика» составлена в соответствии с учебным планом по специальности 21.05.04 «Горное дело», направленность (профиль) «Шахтное и подземное строительство»; «Горные машины и оборудование»; «Электрификация и автоматизация горного производства»; «Маркшейдерское дело»; «Обогащение полезных ископаемых»; «Подземная разработка пластовых месторождений»; «Открытые горные работы»; «Технологическая безопасность и горноспасательное дело»; «Транспортные системы горного производства» для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения. для 2023 года приема.

Составитель: доцент кафедры «Строительство зданий, подземных сооружений и геомеханика», кандидат технических наук, доцент


(подпись)

И.В. Купенко
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики.

Протокол от «15» 03 2023 года № 11

Заведующий кафедрой


(подпись)

С.В. Борщевский
(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Горные машины»,
Заведующий кафедрой


(подпись)

О.Е. Шабасев
(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Горная электротехника и автоматика им. Р.М. Лейбова».

Заведующий кафедрой


(подпись)

К.Н. Маренич
(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Маркшейдерское дело им. Д.Н. Оглоблина».

Заведующий кафедрой


(подпись)

И.В. Филатова
(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Обогащение полезных ископаемых».

Заведующий кафедрой


(подпись)

А.Н. Корчевский
(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых».

Заведующий кафедрой


(подпись)

Ю.А. Петренко
(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Охрана труда и аэрология имени И.М. Пугача».

Заведующий кафедрой


(подпись)

А.Л. Кавера
(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Транспортные системы и логистика имени И.Г. Штокмана».

Заведующий кафедрой


(подпись)

В.О. Гутаревич
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ДонНТУ по специальности 21.05.04 «Горное дело»

Протокол от «29»

03

2023 года № 4

Председатель


(подпись)

С.В. Борщевский
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры строительства зданий, подземных сооружений и геомеханика.

Протокол от «__» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Горные машины».

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Горная электротехника и автоматика им. Р.М. Лейбова».

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Маркшейдерское дело им. Д.Н. Оглоблина».

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Обогащение полезных ископаемых».

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых».

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Охрана труда и аэрология имени И.М. Пугача».

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Транспортные системы и логистика имени И.Г. Штокмана».

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает физико-механические свойства горных пород, механические процессы в массивах горных пород и поведение горно-технических объектов в поле сил, обусловленных горным давлением.

Целью изучения дисциплины является приобретение студентами знаний и умений, необходимых для самостоятельного решения задач, связанных с оценкой механического состояния массивов горных пород и горнотехнических объектов при освоении георесурсов недр. Цель изучения дисциплины реализуется за счет освоения лекционного материала, изучения новейших достижений в области науки и практики горного и строительного дела, связанных с изучаемой дисциплиной, а также выполнения лабораторных работ.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать: общие закономерности деформирования и разрушения массива горных пород, формирования его напряженно-деформированного состояния при ведении горных работ, основные механические модели породных массивов, вмещающих подземные сооружения, методы расчета крепей обделок подземных сооружений;

уметь: пользуясь нормативными документами или специальными методами, оценивать напряженно-деформированное состояние пород, вмещающих горно-технические объекты, прогнозировать устойчивость горных выработок, обосновывать методы управления горным давлением, осуществлять выбор материала и конструкции, производить обоснование параметров крепей (обделок) подземных сооружений;

владеть: научной терминологией; навыками использования основных нормативных, методических документов, справочной и другой технической литературы в области геомеханики.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способность применять методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов (ОПК-5);
- способность применять методы анализа и знания закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов (ОПК-6).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к обязательной части дисциплин учебного плана (Блок 1. Дисциплины (модули) основной образовательной программы по специальности 21.05.04 «Горное дело».

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Высшая математика», «Геология», «Информатика», «Физика», «Материаловедение», «Прикладная механика. Сопротивление материалов», «Физика горных пород», «Основы горного дела. Открытая геотехнология».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, используются студентом при изучении дисциплин «Основы горного дела. Строительная геотехнология», «Технология и безопасность взрывных работ», «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело»; при прохождении производственных и преддипломной практик и выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

№ те мы	Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (*)				
		Всего	В том числе			
			Лекции	Практ.	Лабор.	СР
1	<i>Основные соотношения теории упругости</i>	10 (15)	4 (-)	0 (0)	0 (0)	6 (15)
2	<i>Упругая модель массива пород</i>	10 (16)	4 (1)	0 (0)	0 (0)	6 (15)
3	<i>Жесткопластическая модель массива пород</i>	10 (16)	4 (1)	0 (0)	0 (0)	6 (15)
4	<i>Упругопластические модели массива пород</i>	10 (16)	4 (1)	0 (0)	0 (0)	6 (15)
5	<i>Реологические модели и раздельно-блочная модель массива пород</i>	6 (10)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (10)
6	<i>Моделирование геомеханических процессов. Суть метода конечных элементов (МКЭ)</i>	44 (19)	4 (0)	0 (0)	34 (4)	6 (15)
7	<i>Устойчивость породных обнажений</i>	10 (15)	4 (0)	0 (0)	0 (0)	6 (15)
8	<i>Устойчивость уступов и бортов карьеров</i>	6 (10)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (10)
9	<i>Виды и свойства крепей горных выработок. Определение нагрузок на крепь и расчет крепей горных выработок</i>	16 (21)	6 (1)	0 (0)	0 (0)	10 (20)
	Контактная работа (дополнительная)	4 (6)				
	Курсовой проект (работа)	0 (0)				
	Итого по видам занятий	126 (144)	34 (4)	0 (0)	34 (4)	54 (130)
	Контроль (экзамен)	36 (18)				
	ИТОГО:	162 (162)				

* – в скобках указаны значения, соответствующие заочной форме обучения

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ОПК-5	Темы 1–9
ОПК-6	Темы 1–9

3.2. Лекции

Тема 1. *Основные соотношения теории упругости.*

Содержание темы 1.

Цель, задачи, объект и предмет изучения дисциплины. Краткие сведения о массиве пород. Силы и напряжения. Уравнения равновесия в декартовой системе координат. Определение напряжений на наклонных площадках. Главные напряжения. Уравнения Коши. Объемная деформация. Уравнения неразрывности деформаций. Тензор и девиатор напряжений. Тензор и девиатор деформаций. Обобщенный закон Гука. Плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Функция напряжений. Плоская задача теории упругости в полярных координатах. Основные уравнения, применяемые при решении осесимметричной задачи теории упругости в полярных координатах. Решение осесимметричной задачи в перемещениях. Решение осесимметричной задачи в напряжениях.

Литература к теме 1: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#), [\[4\]](#)

Тема 2. *Упругая модель массива пород.*

Содержание темы 2.

Решение задачи Ламе. Общее решение бигармонического уравнения в полярных координатах. Решение задачи Кирша в напряжениях. Напряженно-деформированное состояние массива, вмещающего незакрепленную выработку для случая неравнокомпонентного поля начальных напряжений. Особенности распределения напряжений по контуру выработки неглубокого заложения. Особенности распределения напряжений по контуру выработки с эллиптической формой поперечного сечения. Элементарный объем породного массива. Начальные напряжения в массиве горных пород. Дополнительные (снимаемые напряжения). Сейсмические напряжения в массиве. Землетрясения. Учет анизотропии пород, слагающих массив, при решении задач геомеханики. Задача о распределении напряжений в окрестности вертикальной выработки, сооруженной в массиве, представленном трансформными породами. Особенности использования уравнений механики сплошной среды для учета характера трещиноватости пород, слагающих массив (предложения проф. К.В. Руппенейта).

Литература к теме 2: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#), [\[4\]](#)

Тема 3. *Жесткопластическая модель массива пород.*

Содержание темы 3.

Основные положения жесткопластической модели массива. Дилатансия. Прочностная анизотропия в массиве. Начальные напряжения в массиве, сложен-

ном сыпучими породами. Гипотеза свода профессора М.М. Протодяконова. Давление со стороны боков выработки. Гипотеза профессора П.М. Цимбаревича. Модель опускающегося столба пород. Модель зоны нарушенных пород. Давление на крепь вертикальной выработки в соответствии с гипотезой профессора В.Г. Березанцева. Модель сползающего объема пород вокруг вертикальной выработки.

Литература к теме 3: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#), [\[4\]](#)

Тема 4. Упругопластические модели массива пород.

Содержание темы 4.

Основные положения упругопластической модели массива. Задача о распределении напряжений в упругопластическом массиве, характеризуемом внутренним трением (сцепление отсутствует), ослабленном выработкой с круглой формой поперечного сечения в случае гидростатического поля начальных напряжений. Задача о распределении напряжений в упругопластическом массиве, характеризуемом внутренним трением и сцеплением, ослабленном выработкой с круглой формой поперечного сечения в случае гидростатического поля начальных напряжений. Задача об определении радиуса зоны пластических деформаций. Образование зоны разрушения. Модель хрупкого разрушения пород. Модель массива с ограниченной пластической деформацией. Модель линейного снижения сопротивления пород за пределом прочности.

Литература к теме 4: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#), [\[4\]](#)

Тема 5. Реологические модели и раздельно-блочная модель массива пород.

Содержание темы 5.

Явление ползучести и релаксации напряжений. Некоторые модели упруговязких тел (массивов пород). Установившаяся и неуставившаяся ползучесть. Длительная прочность горной породы. Понятие о наследственной теории ползучести и теории старения. Решение задач теории ползучести с использованием метода переменных модулей. Раздельно-блочная модель массива пород.

Литература к теме 5: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#), [\[4\]](#)

Тема 6. Моделирование геомеханических процессов. Суть метода конечных элементов (МКЭ).

Содержание темы 6.

Краткие сведения из теории подобия и размерностей. Физическое моделирование геомеханических процессов: метод эквивалентных материалов, метод центробежного моделирования, поляризационно-оптический метод моделирования. Математическое моделирование. Метод конечных элементов (МКЭ).

Литература к теме 6: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#), [\[4\]](#), [\[5\]](#)

Тема 7. Устойчивость породных обнажений.

Содержание темы 7.

Формы потери устойчивости породных обнажений. Классификация массивов пород по устойчивости, предложенная З. Бенявски (RMR). Показатель качества породы Д. Дира (RQD). Критерий устойчивости породных обнажений проф.

Н.С. Булычева (критерий S). Нормативный метод определения устойчивости породных массивов, вмещающих незакрепленную горизонтальную или наклонную выработку. Нормативный метод определения устойчивости породных массивов, вмещающих незакрепленную вертикальную выработку (критерий С). Метод интегральной оценки устойчивости породных обнажений по конфигурации и размерам возможных зон разрушения вокруг выработок. Использование метода конечных элементов при оценке устойчивости породных обнажений. Оценка устойчивости пород, обладающих пластическими свойствами. Применение переменных параметров упругости при оценке устойчивости пород, обладающих пластическими свойствами.

Литература к теме 7: [\[1, 2, 3, 4, 5\]](#)

Тема 8. Устойчивость уступов и бортов карьеров.

Содержание темы 8.

Основные положения методов расчета откосов и бортов карьеров. Методы расчета откосов, основанные на гипотезе плоской поверхности сдвижения. Методы расчета откосов, основанные на гипотезе криволинейной поверхности сдвижения. Численные модели при оценке устойчивости бортов карьеров и отвалов.

Литература к теме 8: [\[2\]](#)

Тема 9. Виды и свойства крепей горных выработок. Определение нагрузок на крепь и расчет крепей горных выработок.

Содержание темы 9.

Крепь (обделка) горной выработки. Виды крепей горных выработок. Арматурные изделия. Сортамент прокатных профилей. Конструкции жестких и податливых металлических крепей. Конструкция анкеров для крепления горных выработок. Конструкции подхватов, опорных плит. Технология возведения анкерной крепи. Временные крепи при сооружении горных выработок. Рекомендации по выбору типа крепи при использовании изученных ранее классификаций (критериев) пород по устойчивости. Прогнозирование устойчивости породных обнажений для случая горизонтальных и вертикальных выработок. Определение нагрузки на крепи горизонтальных выработок и камер нормативным методом. Определение нагрузки на крепь вертикальной выработки на участках устья; протяженной части; сопряжения с горизонтальной выработкой. Расчет металлической податливой крепи горизонтальной выработки. Расчет анкерной (сталеполимерной) крепи горизонтальной выработки. Расчет монолитной бетонной крепи вертикального ствола. Расчет анкерно-металлической крепи горизонтальной выработки.

Литература к теме 9: [\[1, 3\]](#)

3.3. Лабораторные занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. (*)	Литература
1	Определение параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) в упругом изотропном массиве в окрестности выработ-	4 (1)	[1, 2, 3, 4]

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. (*)	Литера- тура
	ки с круглой формой сечения в равнокомпонентном поле начальных напряжений с использованием программы Rocscience Examine 2D		
2	Определение параметров НДС в упругом изотропном массиве в окрестности выработки неглубокого заложения с круглой формой сечения в равнокомпонентном поле начальных напряжений с использованием программы Rocscience Examine 2D	4 (1)	[1, 2, 3, 5]
3	Определение параметров НДС в упругом изотропном массиве в окрестности выработки с эллиптической формой сечения в равнокомпонентном поле начальных напряжений с использованием программы Rocscience Examine 2D	4 (1)	[1, 2, 3, 5]
4	Определение параметров НДС в упругом изотропном массиве в окрестности выработок с прямоугольной, трапецевидной и сводчатой формами сечения в равнокомпонентном поле начальных напряжений с использованием программы Rocscience Examine 2D	4 (0)	[1, 2, 3, 5]
5	Определение параметров НДС в упругом изотропном массиве в окрестности выработки с круглой формой сечения в неравнокомпонентном поле начальных напряжений с использованием программы Rocscience Examine 2D	4 (0)	[1, 2, 3, 5]
6	Определение параметров НДС в упругом изотропном массиве в окрестности выработки с эллиптической формой сечения в неравнокомпонентном поле начальных напряжений с использованием программы Rocscience Examine 2D	4 (0)	[1, 2, 3, 5]
7	Определение параметров НДС в упругом изотропном массиве в окрестности выработки неглубокого заложения с круглой формой сечения в неравнокомпонентном поле начальных напряжений с использованием программы Rocscience Examine 2D	4 (0)	[1, 2, 3, 5]
8	Определение параметров НДС в упругом трансверсально-изотропном массиве в окрестности выработки с круглой формой сечения в равнокомпонентном поле начальных напряжений с использованием программы Rocscience Examine 2D	4 (0)	[1, 2, 3, 5]
9	Определение формы и размеров зоны возможного разрушения пород в массиве в окрестности выработки с использованием программы Rocscience Examine 2D	2 (1)	[1, 5]
Ито го:		34 (4)	

*- в скобках указаны значения, соответствующие заочной форме обучения

3.4. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. (*)
1	Изучение лекционного материала	20 (126)
2	Подготовка к лабораторным занятиям	34 (4)
Итого:		54 (130)

*- в скобках указаны значения, соответствующие заочной форме обучения

3.5. Курсовой проект (работа)

Выполнение курсового проекта (работы) по дисциплине учебным планом не предусмотрено.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1. Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нор-

мативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;

- **средний уровень:** в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- **продвинутый уровень:** в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- **высокий уровень:** Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- **нулевой уровень:** не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- **минимальный уровень:** не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- **пороговый уровень:** владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- **средний уровень:** владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- **продвинутый уровень:** владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- **высокий уровень:** владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- **нулевой уровень:** компетенции не сформированы;
- **минимальный уровень:** значительное количество компетенций не сформировано;
- **пороговый уровень:** все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- **средний уровень:** все компетенции сформированы на среднем уровне;
- **продвинутый уровень:** все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- **высокий уровень:** все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Вопросы к экзамену

1. Дать определение массива пород, модели массива пород, перечислить известные Вам модели массивов пород.
2. Характеристика упругой модели массива пород. Структурная схема упругой модели.
3. Характеристика упругой модели массива пород. Диаграмма «напряжения-деформации» для упругой модели.
4. Какие уравнения механики сплошной среды используются при решении задач в геомеханике?
5. Какие гипотезы приняты при выводе уравнений механики сплошной среды, используемых при решении задач в геомеханике?
6. Какие принципы приняты при выводе уравнений механики сплошной среды, используемых при решении задач в геомеханике?
7. Какие напряжения называются главными? Сколько главных площадок можно выделить в каждой точке массива? Каковы особенности их взаимного расположения?
8. С какой целью при решении задач геомеханики используются уравнения неразрывности деформаций?
9. Назовите виды напряженных состояний, которые описываются шаровым тензором и девиатором напряжений.
10. Обобщенный закон Гука для случая массива, представленного изотропными породами.
11. Какие масштабные уровни неоднородности можно выделить в зависимости от размеров изучаемой области массива пород?
12. Раскрыть сущность понятия элементарного объема массива пород.
13. Перечислить факторы, влияющие на начальное напряженное состояние пород в массиве. Какова величину коэффициента бокового распора в случае принятия гипотез А.Н. Динника и А. Гейма?
14. Приведите известные Вам результаты натурных исследований характера распределения напряжений в верхней части земной коры.
15. В чем состоят отличия уравнений закона Гука для случаев массива, представленного изотропными и трансформными породами?
16. В чем суть предложений проф. К.В. Руппенейта по учету характера трещиноватости массива пород при решении задач геомеханики?
17. Характеристика жесткопластической модели массива пород. Структурная схема жесткопластической модели.
18. Характеристика жесткопластической модели массива пород. Диаграмма «напряжения-деформации» для жесткопластической модели.
19. Привести известные Вам формы записи условия пластичности горных пород.

20. Что называют «кажущимся углом внутреннего трения пород»? В чем его отличие от угла внутреннего трения пород? Ответ проиллюстрировать (на диаграмме «напряжения деформации»)
21. Какие основные факторы влияют на величину давления на крепь выработки в рамках жесткопластической модели массива?
22. Характеристика упругопластической модели массива пород. Структурная схема упругопластической модели.
23. Характеристика упругопластической модели массива пород. Диаграмма «напряжения-деформации» для упругопластической модели.
24. Дать характеристику взаимодействия крепи выработки с вмещающим массивом пород в рамках упругопластической модели массива. Ответ проиллюстрировать.
25. Каковы на Ваш взгляд основные отличия характера взаимодействия крепи выработки с вмещающим массивом пород в рамках жесткопластической и упругопластической моделей массива?
26. Напряженно-деформированное состояние массива, вмещающего незакрепленную выработку для случая равнокомпонентного поля начальных напряжений.
27. Привести порядок решения задачи Кирша в напряжениях.
28. Напряженно-деформированное состояние массива, вмещающего незакрепленную выработку для случая неравнокомпонентного поля начальных напряжений.
29. Особенности распределения напряжений по контуру выработки неглубокого заложения с круглой формой поперечного сечения.
30. Особенности распределения напряжений по контуру выработки с эллиптической формой поперечного сечения.
31. Распределение напряжений в окрестности вертикальной выработки, сооруженной в массиве, представленном транстропными породами.
32. Начальные напряжения в массиве, сложенном сыпучими породами.
33. Гипотеза свода профессора М.М. Протодяконова.
34. Давление со стороны боков выработки. Гипотеза профессора П.М. Цимбаревича.
35. Характеристика модели опускающегося столба пород.
36. Характеристика модели зоны нарушенных пород в окрестности выработки с круглой формой поперечного сечения.
37. Давление на крепь вертикальной выработки в соответствии с гипотезой профессора В.Г. Березанцева.
38. Характеристика модели сползающего объема пород вокруг вертикальной выработки.
39. Задача о распределении напряжений в упругопластическом массиве, характеризующем внутренним трением (сцепление отсутствует), ослабленном вы-

работкой с круглой формой поперечного сечения в случае гидростатического поля начальных напряжений.

40. Задача о распределении напряжений в упругопластическом массиве, характеризуемом внутренним трением и сцеплением, ослабленном выработкой с круглой формой поперечного сечения в случае гидростатического поля начальных напряжений.
41. Задача об определении радиуса зоны пластических деформаций в окрестности выработки.
42. Характеристика модели хрупкого разрушения пород в окрестности выработки.
43. Характеристика модели массива с ограниченной пластической деформацией.
44. Характеристика модели линейного снижения сопротивления пород за пределом прочности.
45. Охарактеризовать явления ползучести и релаксации напряжений.
46. Дать определение понятий установившаяся и неустойчивая ползучесть. Ответ проиллюстрировать.
47. Дать определение длительной прочности горной породы.
48. Суть метода переменных модулей, используемого при решении задач теории ползучести.
49. Характеристика раздельно-блочной модели массива пород.
50. Метод эквивалентных материалов.
51. Метод центробежного моделирования.
52. Поляризационно-оптический метод моделирования.
53. Охарактеризовать метод конечных элементов.
54. Формы потери устойчивости породных обнажений.
55. Классификация массивов пород по устойчивости, предложенная З. Бенявски (RMR).
56. Показатель качества породы Д. Дира (RQD).
57. Критерий устойчивости породных обнажений проф. Н.С. Булычева (критерий S).
58. Нормативный метод определения устойчивости породных массивов, вмещающих незакрепленную горизонтальную или наклонную выработку.
59. Нормативный метод определения устойчивости породных массивов, вмещающих незакрепленную вертикальную выработку (критерий C).
60. Метод интегральной оценки устойчивости породных обнажений по конфигурации и размерам возможных зон разрушения вокруг выработок.
61. Оценка устойчивости пород, обладающих пластическими свойствами.
62. Суть метода переменных параметров упругости при оценке устойчивости пород, обладающих пластическими свойствами.
63. Основные положения методов расчета откосов и бортов карьеров.

64. Методы расчета откосов, основанные на гипотезе плоской поверхности сдвига.
65. Методы расчета откосов, основанные на гипотезе криволинейной поверхности сдвига.
66. Перечислить виды крепей горных выработок, их достоинства и недостатки и область применения.
67. Перечислить конструкции жестких и податливых металлических крепей.
68. Конструкция анкеров для крепления горных выработок. Конструкции подхватов, опорных плит.
69. Привести конструкции временных крепей при сооружении горных выработок. Каковы их достоинства и недостатки?
70. Прогнозирование устойчивости породных обнажений для случая горизонтальных и вертикальных выработок.
71. Определение нагрузки на крепи горизонтальных выработок и камер нормативным методом. Определение нагрузки на крепь вертикальной выработки на участках устья; протяженной части; сопряжения с горизонтальной выработкой.
72. Порядок расчета металлической податливой крепи горизонтальной выработки.
73. Порядок расчета анкерной (сталеполимерной) крепи горизонтальной выработки.
74. Порядок расчета монолитной бетонной крепи вертикального ствола.
75. Порядок расчета анкерно-металлической крепи горизонтальной выработки.

4.3 Пример экзаменационного билета

БИЛЕТ №1

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Программа высшего профессионального образования:	<u>специалитет</u>
Специальность:	<u>21.05.04.</u>
Направленность (профиль):	<u>Шахтное и подземное строительство</u>
Семестр:	<u>5-й</u>
Учебная дисциплина:	<u>Геомеханика</u>

1. Характеристика упругой модели массива пород. Диаграмма «напряжения-деформации» для упругой модели.
2. Суть метода переменных модулей, используемого при решении задач теории ползучести.
3. Порядок расчета металлической податливой крепи горизонтальной выработки.

Утверждено на заседании кафедры	<u>Строительство зданий, подземных сооружений и геомеханика</u> (наименование кафедры полностью)	
Протокол	<u>№</u>	<u>от</u>
Зав. кафедрой	<hr/>	
	(подпись)	(Ф.И.О.)
Экзаменатор	<hr/>	
	(подпись)	(Ф.И.О.)

4.4 Критерии оценивания

В каждом билете содержатся три теоретических вопроса (задания № 1, 2 и 3 соответственно). Заданиям присваиваются следующие весовые коэффициенты: 0,30; 0,35 и 0,35. Сумма весовых коэффициентов равна единице.

Ответ на каждое задание оценивается по 100-бальной шкале.

При ответе на теоретическое задание оценка «100» ставится в случае полного системного раскрытия вопроса без каких-либо неточностей. Баллы снимаются, если в ответе упущены какие-либо второстепенные моменты (до 10 баллов), допущены несущественные неточности (до 10 баллов), допущены существенные неточности при правильном ответе в целом (до 25 баллов), при недостаточном представлении материалов (баллы снимаются как процент недостающего материала с учетом его значимости).

Итоговая оценка за экзамен рассчитывается как сумма произведений оценок за каждое задание на их весовой коэффициент.

Пример расчета итоговой оценки по экзамену.

В билете имеется три задания с весовыми коэффициентами 0,30, 0,35 и 0,35. Пусть оценки за каждое задание по 100-бальной шкале составили: 90, 70 и 85 соответственно. Тогда итоговая оценка по экзамену составляет: $0,30 \cdot 90 + 0,35 \cdot 70 + 0,35 \cdot 80 = 79,5 \approx 80$ баллов. Полученная оценка по 100-бальной шкале определяет оценку по национальной шкале и шкале ECTS.

Сумма баллов по 100-бальной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично / зачтено
80-89	B	Хорошо / зачтено
75-79	C	
70-74	D	Удовлетворительно / зачтено
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно / не зачтено
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам выполнения лабораторных работ, во время контрольных опросов в ходе проведения лекционных занятий.

4.5. Пример текущего опроса на лабораторных занятиях на примере темы «Определение параметров НДС в упругом изотропном массиве в окрестности выработки с круглой формой сечения в равнокомпонентном поле начальных напряжений»

1. Как распределяются нормальные тангенциальные напряжения в упругом изотропном массиве в окрестности выработки с круглой формой сечения в

равнокомпонентном поле начальных напряжений в соответствии с решением задачи Ламе?

2. Как распределяются нормальные радиальные напряжения в упругом изотропном массиве в окрестности выработки с круглой формой сечения в равнокомпонентном поле начальных напряжений в соответствии с решением задачи Ламе?
3. Как определить перемещения точек упругого изотропного массива в окрестности выработки с круглой формой сечения в равнокомпонентном поле начальных напряжений в соответствии с решением задачи Ламе?
4. Как задать начальные напряжения в массиве пород при использовании программы Rocscience Examine 2D?
5. Как задать упругие характеристики массива пород при использовании программы Rocscience Examine 2D?
6. Как построить контур выработки с круглой формой поперечного сечения при использовании программы Rocscience Examine 2D?
7. Как установить характер изменения напряжений и перемещений в массиве пород в окрестности выработки при использовании программы Rocscience Examine 2D?
8. Как установить величины нормальных тангенциальных напряжений и перемещений в точках массива на контуре выработки при использовании программы Rocscience Examine 2D?

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I Основная литература

1. Баклашов И.В. Механика подземных сооружений и конструкции крепей [Электронный ресурс] : учебник для вузов / И.В. Баклашов, Б.А. Картозия. - 13 Мб. – Москва : Студент, 2012. – 1 файл. – Систем. требования: Просмотрщик djvu-файлов.
<http://ed.donntu.ru/books/20/cd9703.djvu>
2. Шашенко А.Н. Геомеханика [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. Е.А. Сдвижкова ; ГВУЗ "Нац. горн. ун-т". – 11 Мб. – Киев : [б.и.], 2015. – 1 файл. – Систем. требования: Просмотрщик djvu-файлов.
<http://ed.donntu.ru/books/20/cd9683.djvu>

II Дополнительная литература

3. Половов Б.Д. Геомеханическое обеспечение шахтного и подземного строительства [Электронный ресурс] : [электронный учебник для вузов] / Б.Д. Половов, М.В. Корнилков ; ФГБОУ ВО "Урал. гос. горн. ун-т". – 39 Мб. – Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2017. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader.
<http://ed.donntu.ru/books/20/cd9684.pdf>

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:

4. Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине "Геомеханика" [Электронный ресурс] : для обучающихся по специальности 21.05.04 "Горное дело" всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. стр-ва зданий, подзем. сооружений и геомеханики ; сост. И.В. Купенко, Н.Д. Барсуку. – 3 Мб. – Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2023. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader (доступ через личный кабинет студента).
5. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Геомеханика» [Электронный ресурс] для обучающихся по специальности 21.05.04 "Горное дело" всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. стр-ва зданий, подзем. сооружений и геомеханики ; сост. И.В. Купенко, Н.Д. Барсуку. – 1 Мб. – Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2023. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader (доступ через личный кабинет студента).

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Учебная аудитория № 9.411, учебный корпус 9, для проведения занятий лекционного типа, выполнения курсовых работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: компьютер-ноутбук, UBUNTU (бесплатная версия 18.04), OpenOffice (бесплатная версия 4.1.6), проектор, экран для РС-проектора; специализированная мебель: доска аудиторная, парты, демонстрационные стенды и плакаты.).

2. Специализированная учебная лаборатория геомеханики №2.011, учебный корпус 2, для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: компьютер-ноутбук, UBUNTU (бесплатная версия 18.04), OpenOffice (бесплатная версия 4.1.6), проектор, экран для РС-проектора; специализированная мебель: доска аудиторная, парты, демонстрационные стенды и плакаты; сита лабораторные, весы (РН-10Ц13У); установка для определения категории абразивности горных пород, станок точильный (ЭТ-62); крепеукладчик; крепь арочная; станок токарный (ТВ16);- тиски слесарные; пресс гидравлический (ПСУ-15); пресс гидравлический (ПСУ-10); прибор определения крепости пород (ПОК);- прибор определения категории дробимости пород; датчик давления (ДСР-10); датчик давления с вакуумной резиной; шахтные самоспасатели, дробилка ДГ-200х125.).

3. Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (Ком-

пьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.