



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП
«Открытые горные работы»

 Лушпей В.П.
« 14 » января 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор
Отделения горного и нефтегазового дела

Шестаков Н.В.

« 15 » января 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД

Специальность 21.05.24 «Горное дело»
Специализация «Открытые горные работы»

Форма подготовки очная

Курс 3, семестр 5
Лекций – 36 часов
Практические занятия – нет
Семинарские занятия – нет
Лабораторные работы – 18 часов
В том числе с использованием МАО лек. 0/лаб. 0 часов
Всего часов аудиторной нагрузки – 54 часа
В том числе с использованием МАО лек. 0/лаб. 0 часов
Самостоятельная работа – 126 часов
В том числе на подготовку к экзамену – 27 часов
Зачет – нет
Экзамен – 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ 17.10.2016 г. № 1298.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Горного дела и комплексного освоения георесурсов, протокол № 13 от « 05 » июля 2017 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании отделения горного и нефтегазового дела, протокол № 2 от 22 декабря 2020 г.

Директор отделения горного и нефтегазового дела Н.В. Шестаков
Составитель: доц. Николайчук Н.А.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена

Протокол от «___» _____ 20__ г. № ____

(подпись)

(и.о. фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена

Протокол от «___» _____ 20__ г. № ____

(подпись)

(и.о. фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Физика горных пород» предназначена для студентов, обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Открытые горные работы» и входит в базовую часть блока Дисциплины (модули) учебного плана (индекс Б1.Б.27).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов, 6 ЗЕ. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия 36 часов, лабораторные работы 18 часов и самостоятельная работа студента 126 часов, в том числе на подготовку к экзамену 27 часов. Дисциплина реализуется на 3 курсе в 5 семестре.

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов:

Минералы и горные породы как объекты горного производства; строение, состав и состояние горных пород и массивов; физико-химические, петрографические и генетические классификации горных пород; физические явления в горных породах; общие понятия о свойствах горных пород; механические свойства горных пород и массивов; деформационные свойства горных пород; упругие свойства горных пород; тепловые свойства горных пород и массивов; теплоемкость и теплопроводность горных пород; электрические и магнитные свойства горных пород и массивов; физико-техническое обеспечение горного производства.

Условием успешного освоения дисциплины является наличие у студентов знаний по дисциплинам, изучаемым в предшествующий период и содержащим базовые законы и определения, необходимые для усвоения ее программы: «Высшая математика», «Физика», «Химия», «Геология», «Материаловедение», «Основы горного дела», «Горное дело и окружающая среда» и другие.

Цель изучения дисциплины – формирование знаний у студентов о физических свойствах горных пород для использования их при проектировании и ведении горных работ.

Задачи дисциплины:

– изучение основных физико-технических параметров пород в лабораторных и натуральных условиях (плотностные, прочностные, горнотехнологические);

– изучение физической сущности процессов, происходящих в горных породах и массивах при воздействии на них физическими полями и горнодобывающими машинами;

– применение данных о свойствах пород для выбора технологии разработки и соответствующих режимов горного оборудования;

– установление категории разрабатываемости пород (буримости, взрываемости и др.), определение по ним производительности горного оборудования, определение напряжённо-деформированного состояния пород по их свойствам.

Для успешного изучения дисциплины «Физика горных пород» у студентов должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- Способность к обобщению и анализу информации, постановке целей и выбору путей их достижения.

- Готовность использовать научные законы и методы при геолого-промышленной оценке месторождений твёрдых полезных ископаемых и горных отводов.

– Владение навыками анализа горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче твёрдых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.

– Владение методами геолого-промышленной оценки месторождений полезных ископаемых, горных отводов.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-4 – Готовность с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твёрдых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала	Знает	Строение, химический и минеральный состав земной коры, физико-химические, петрографические и генетические классификации горных пород.
	Умеет	Определять физико-технические параметры горных пород.

недр.	Владеет	Общими принципами влияния минерального состава и строения на свойства горных пород и основными правилами изучения физико-технических свойств.
ОПК-9 – Владение методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твёрдых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений.	Знает	Воздействие внешних физических полей на свойства горных пород и методы управления свойствами и состоянием массива.
	Умеет	Оценить механическое состояние массива горных пород, выбрать методы управления этим состоянием.
	Владеет	Методами воздействия на свойства горных пород и управления состоянием массива.

В рамках дисциплины «Физика горных пород» согласно учебного плана методы активного/ интерактивного обучения не применяются.

I. Структура и содержание теоретической части курса

Раздел 1. Минералы и горные породы. Общие сведения о физико-технических параметрах горных пород – 4 часа.

Тема 1. Минералы и горные породы. Структурные свойства горных пород – 2 часа.

Основные понятия о минералах, кристаллах, горных породах. Структура и текстура горных пород. Магматические, метаморфические и осадочные горные породы. Многофазность горных пород. Влияние минерального состава, строения горных пород на их свойства. Изотропность и анизотропность горных пород. Пористость и трещиноватость горных пород. Влажность, удельный и объемный вес горных пород, плотность, объемная масса, методы их определения.

Тема 2. Классификация физико-технических параметров горных пород – 2 часа.

Плотностные, механические, тепловые, электрические, магнитные, волновые, радиационные, гидрогазодинамические, горнотехнологические параметры горных пород. Базовые физико-технические свойства пород.

Раздел 2. Основные понятия механики горных пород. Методы определения механических свойств горных пород – 10 часов.

Тема 3. Напряжения и деформации горных пород – 2 часа.

Нормальные и касательные напряжения, тензор напряжений. Деформации сжатия, растяжения, сдвига. Упругость и пластичность горных пород. Статический и динамический модули упругости.

Тема 4. Прочность горных пород. Теории прочности – 2 часа.

Пределы прочности горных пород на сжатие, растяжение, сдвиг. Коэффициент крепости горных пород по шкале М.М. Протодяконова. Объемная прочность горных пород, паспорт прочности, угол внутреннего трения, сцепление горных пород. Теория прочности Кулона-Мора, теория наибольших нор-

мальных напряжений, теория наибольших касательных напряжений, теория разрушения Гриффитса.

Тема 5. Реологические свойства горных пород – 2 часа.

Ползучесть горных пород затухающая, установившаяся, прогрессирующая. Предел длительной прочности. Релаксация напряжений в горных породах, период релаксации.

Тема 6. Методы определения механических свойств горных пород – 2 часа.

Определение предела прочности на одноосное сжатие, на одноосное растяжение, прямые и косвенные методы. Определение прочности горных пород при объемном напряженном состоянии. Определение деформационных характеристик горных пород: модуля упругости, модуля общей деформации, коэффициента Пуассона, коэффициента полных поперечных деформаций, модуля всестороннего сжатия и модуля сдвига. Испытание на ползучесть при одноосном и объемном сжатии. Механические свойства массива горных пород.

Тема 7. Упругие колебания и акустические параметры пород – 2 часа.

Волновое уравнение, инфразвуковые, звуковые гиперзвуковые, ультразвуковые упругие волны. Сейсмические волны, продольные и поперечные упругие волны. Акустические параметры: скорость распространения упругих волн, коэффициент поглощения, волновое сопротивление, коэффициенты отражения и преломления упругих волн. Влияние внутренних и внешних факторов на акустические свойства пород. Акустические параметры фаз, слагающих горную породу. Использование акустических свойств пород для изучения массива горных пород. Методы определения акустических свойств пород.

Раздел 3. Тепловые свойства горных пород – 4 часа.

Тема 8. Физические основы распространения и накопления тепла в горных породах – 2 часа.

Теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, тепловое расширение пород. Электронная и фононная теплопроводность. Зависимость тепловых свойств от состава, строения пород, внешних условий. Тепловые свойства фаз, входящих в состав породы, анизотропия теплопроводности пород. Теплопередача, коэффициент теплоотдачи, конвекция. Термические напряжения в горных породах. Тепловые свойства массивов горных пород.

Тема 9. Использование тепловых свойств пород и процессов в технологии горного производства – 2 часа.

Методы измерения тепловых свойств. Разрушение и упрочнение горных пород и массивов. Управление тепловым режимом шахт и рудников. Использование тепла земных недр. Особенности термодинамических процессов при добыче полезных ископаемых в условиях вечной мерзлоты.

Раздел 4. Электромагнитные свойства горных пород – 8 часов.

Тема 10. Поляризация горных пород. Диэлектрическая проницаемость – 2 часа.

Виды поляризации: электронная, ионная, дипольная, ориентационная, макроструктурная, электрохимическая. Электрострикция, Относительная и абсолютная диэлектрическая проницаемость, зависимость от частоты электрического поля, состава горной породы. Диэлектрическая проницаемость массивов горных пород. Особые случаи поляризации пород.

Тема 11. Электропроводность, диэлектрические потери – 2 часа.

Удельная электропроводность. Проводники, полупроводники, диэлектрики, основные различия. Электрическое сопротивление горных пород. Зависимость электрических свойств от состава, строения, внешних условий. Методы измерения электрических свойств горных пород. Диэлектрические потери, тангенс угла диэлектрических потерь.

Тема 12. Магнитные свойства пород. Распространение электромагнитных волн – 4 часа.

Напряженность и магнитная индукция, относительная и абсолютная магнитная проницаемость. Диамагнитные, парамагнитные, ферромагнитные горные породы. Зависимость намагниченности ферромагнитных пород от напряженности магнитного поля, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила, петля гистерезиса. Электромагнитное поле как особый вид материи. Распространение электромагнитных волн в породах, уравнения Максвелла. Скорость распространения электромагнитных волн, поглощение электромагнитной волны. Влияние внешних полей на распространение электромагнитных волн. Глубина проникновения электромагнитных волн, коэффициенты отражения и преломления электромагнитных волн. Оптические свойства горных пород.

Раздел 5. Воздействие внешних физических полей на горные породы – 6 часов.

Тема 13. Влияние влаги и давления на свойства пород – 2 часа.

Влияние влаги, статическое и динамическое воздействие. Активная растворимость пород, коэффициент размокания. Зависимость прочностных и деформационных параметров пород, тепловых, электрических свойств от степени увлажнения. Скорость распространения упругих волн в увлажненных пористых породах. Влияние давления. Естественные и технологические напряжения. Зависимость прочностных и деформационных характеристик от величины давления при статических и динамических нагрузках, при одноосном и всестороннем давлении. Зависимость скорости распространения упругих волн, тепловых, электрических, магнитных свойств от давления.

Тема 14. Влияние теплового поля на свойства горных пород – 2 часа.

Естественные и искусственные тепловые поля. Термические напряжения в горных породах. Термохимические и физические превращения в горных породах при нагреве: высушивание, переход породы из одного агрегатного состояния в другое, полиморфные превращения, дегидратация, диссоциация, окислительно-восстановительные процессы. Влияние теплового воздействия

на механические свойства горных пород. Воздействие низких температур. Влияние теплового поля на тепловые и электромагнитные свойства пород.

Тема 15. Воздействие упругих колебаний, электрического и магнитного полей – 2 часа.

Воздействие упругих колебаний низкой частоты и высокочастотных. Проявление механических, тепловых, электрических и химических эффектов. Кавитация, диспергация, дегазация, коагуляция, тиксотропия. Воздействие электрического и магнитного полей. Нагрев породы, тепловой, электрический, химический пробой, изменение механических параметров горных пород.

Раздел 6. Горнотехнологические параметры горных пород – 4 часа.

Тема 16. Горные породы, как объект разработки – 2 часа.

Технологическая классификация горных пород на скальные, полускальные, плотные, мягкие и сыпучие. Технологические виды разрушенных и раздробленных пород. Крепость, твердость, вязкость, абразивность, дробимость, буримость, взрываемость горных пород. Методы их определения. Горнотехнологические параметры рыхлых и связных пород. Воздействие воды на дисперсные породы.

Тема 17. Разрушение и транспортирование горных пород – 2 часа.

Механическое отделение пород от массива и их экскавируемость, механическое бурение пород, буримость. Бурение пород термическим методом. Электротермические и электрические способы разрушения, комбинированные методы разрушения. Взрываемость горных пород. Дробление и измельчение полезного ископаемого после извлечения. Транспортирование горных пород.

II. Содержание практической части курса

Лабораторные работы – 18 часов

Лабораторная работа № 1

Определение удельного веса горной породы - 2 часа

1.1. Цель работы и основные теоретические положения

Цель работы – изучение удельного веса горных пород для исследования вопросов горного давления, выбора вида и типоразмера транспортных средств для перевозки полезного ископаемого и пустых пород по подземным выработкам и поверхности, емкости сосудов шахтных подъемных установок, расчета тяговых усилий электровозов, подъемных машин и др.

Удельный вес – это вес твердого вещества (минерального скелета) в единице его объема или отношение веса частиц породы к их объему

$$\gamma = \frac{G}{V}, \text{ г/см}^3, (\text{т/м}^3), \quad (1.1)$$

где G – вес твердой фазы, г, т; V – объем твердой фазы, см³, м³.

1.2. Приборы и оборудование

Пикнометр с притертой пробкой емкостью 50 или 100 мл.

Весы лабораторные.

Стаканчик для взвешивания или бюкса.

Чугунная или фарфоровая ступка.

Эксикатор.

Сушильный шкаф.

Песчаная ванна или водяная баня.

1.3. Методика проведения эксперимента

Для определения удельного веса наиболее распространенным является пикнометрический метод, который заключается в определении объема веса воды, соответствующего объему взятых частиц.

Для определения удельного веса горной породы берут образцы весом около 30 г, вначале разбивают, а затем измельчают до фракции менее 1 мм в

чугунной или фарфоровой ступке, насыпают в стаканчик для взвешивания (бюксу) или фарфоровую чашку, высушивают до постоянного веса и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или силикагелем.

Затем четыре-пять пикнометров взвешивают на весах с точностью до 0,01 г и заполняют дистиллированной водой до отметки на горлышке (уровень воды устанавливают по нижнему мениску). Пикнометры выдерживают в песчаной ванне или в водяной бане в течении 20 минут для удаления воздуха и снова взвешивают.

После этого пикнометры высушивают, насыпают в них навески измельченной породы по 9-10 г, заливают дистиллированной водой (примерно половину объема пикнометра), помещают в песчаную баню, где кипятят в течении 10-15 минут. Затем пикнометры охлаждают до температуры 20°C, обтирают, доливают до отметки дистиллированной водой и снова взвешивают.

Удельный вес образцов вычисляют с точностью до 0,01 г по формуле

$$\gamma = \frac{g_2 - g}{(g_1 - g) - (g_3 - g_2)} \cdot z / \text{см}^3 \quad (1.2)$$

где g – вес пустого пикнометра, г; g_1 – вес пикнометра с водой, г; g_2 – вес сухого пикнометра с навеской породы, г; g_3 – вес пикнометра с навеской и породой, г.

Результаты измерений и вычислений заносят в табл. 1.1.

Удельный вес горной породы рассчитывают как среднее арифметическое определений удельных весов всех навесок.

Обработку результатов эксперимента производят методами математической статистики согласно Приложения.

Результаты эксперимента

Название породы	№ навески	Вес навески породы, г	Вес сухого пикнометра, г	Вес пикнометра с водой, г	Вес пикнометра с навеской и водой, г	Вес сухого пикнометра с навеской породы, г	Удельный вес породы, г/см ³
-----------------	-----------	-----------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------------	----------------------------------------

Лабораторная работа № 2**Определение объемного веса пород – 2 часа**

2.1. Цель работы и основные теоретические положения

Целью работы является изучение объемного веса горных пород для исследования вопросов горного давления, выбора вида транспортных средств и емкости сосудов для доставки и перевозки полезного ископаемого и пустых пород, расчетов тяговых усилий рельсового транспорта и подъемных машин, определения запасов полезных ископаемых в недрах, складах, годовой производительности блока, этажа, рудника и др.

Объемным весом называется вес единицы объема горной породы в ее природном состоянии. Объемный вес рассчитывается по формуле

$$\gamma = \frac{G}{V}, \text{ г/см}^3, (\text{т/м}^3), \quad (2.1)$$

где $G = G_y + G_b + G_r$ – вес образца в природных условиях, г; G_y – удельный вес образца (минерального скелета), г; G_b – вес воды в порах, г; G_r – вес газа в порах, г; $V = V_y + V_n$ – объем образца породы, см³; V_y – объем минерального скелета, см³; V_n – объем пор, см³.

2.2. Приборы, оборудование, материалы:

Весы лабораторные.

Термошкаф.

Сосуды (колбы) для парафина и воды.

Парафин.

2.3. Методика проведения эксперимента

Образцы горной породы покрывают пленкой парафина толщиной около 0,5 мм. Для этого высушенный достоянного веса образец подвешивают на шелковой нити или проволочке к дужке весов и взвешивают. Затем опускают на 1-2 секунды в сосуд с расплавленным парафином, температура которого должна быть 80-90°С. Более высокая температура не допустима, так как парафин становится очень жидким и может проникнуть в поры образца, а при более низкой температуре густой парафин не прилипает к поверхности породы.

Пузырьки воздуха, образующиеся в парафиновой пленке, удаляют иглой, прокалывая каждый пузырек. Потом выравнивают и закрывают отверстия нагретой иглой.

Подготовленный таким образом образец взвешивают сначала в воздухе, затем в воде.

Объемный вес вычисляют по формуле

$$\gamma = \frac{g}{g_1 - g_2 - (g_1 - g)/\gamma_n}, \text{ г/см}^3 \quad (2.2)$$

где g - вес сухого образца, г; g_1 - вес запарафинированного образца в воздухе, г; g_2 - вес запарафинированного образца в воде, г; γ_n - удельный вес парафина, приблизительно равен 0,93 г/см³.

Результаты измерений и вычислений заносятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты эксперимента

Название породы	Номер образца	Вес образца, г			Объемный вес образца, г/см ³
		сухого	запарафинированного в воздухе	запарафинированного в воде	

Объемный вес горной породы рассчитывают как среднее арифметическое определений удельных весов всех образцов.

Обработку результатов эксперимента производят методами математической статистики согласно Приложения.

Лабораторная работа № 3
Определение модуля деформации и
коэффициента Пуассона горных пород – 4 часа

3.1. Цель работы и основные теоретические положения

Целью работы является определение деформационных характеристик горных пород: модуля деформации и коэффициента Пуассона при различных уровнях напряжений.

Деформирование горных пород связано с возникновением упругих (обратимых) и неупругих (необратимых) деформаций.

Модуль упругости характеризует способность горных пород сопротивляться действующим напряжениям в упругой области деформирования.

Модуль деформации пород характеризует их способность сопротивляться действующим напряжениям при упруго-пластическом характере деформирования.

Коэффициент Пуассона – это отношение величины поперечных деформаций к продольным.

Модуль упругости определяется по формуле

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_y}, \text{ кгс/см}^2, \quad (3.1)$$

где σ – напряжения, кгс/см², ε_y – упругая деформация.

$$\sigma = P/S, \text{ кгс/см}^2, \quad (3.2)$$

где P – действующая на образец нагрузка, кгс; S – площадь основания образца, см².

Модуль деформации определяется из выражения

$$E_{\text{деф}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\text{общ}}}, \text{ кгс/см}^2, \quad (3.3)$$

где $\varepsilon_{\text{общ}}$ – полные деформации образца, $\varepsilon_{\text{общ}} = \varepsilon_y + \varepsilon_{\text{пл}}$; $\varepsilon_{\text{пл}}$ – пластические деформации образца.

Коэффициент Пуассона определяется по формуле

$$V = \frac{\varepsilon_{\text{попер}}}{\varepsilon_{\text{прод}}}, \quad (3.4)$$

где $\varepsilon_{\text{попер}}$ – поперечные деформации образца, $\varepsilon_{\text{прод}}$ – продольные деформации образца.

3.2. Приборы, оборудование и материалы

Образцы горной породы цилиндрической формы (керны). Желательно, чтобы отношение высоты образца к его диаметру было близко к двум.

Гидравлический пресс.

Измерители деформаций (механические или тензометрические).

3.3. Методика проведения эксперимента

Подготовить образец. Проверить параллельность торцов и перпендикулярность образующей и торцов. Измерить высоту и диаметр образца с точностью до 1 мм.

При испытаниях задаются три ступени нагружения: 0,25, 0,5 и 0,75 от $\sigma_{\text{сж}}$ ($\sigma_{\text{сж}}$ – предел прочности на одноосное сжатие, кгс/см²).

На каждой ступени нагружение образца производится циклически. Вначале образец устанавливается на испытательный стенд. Затем производится проверка всех измерительных приборов. Снимаются и записываются начальные показания приборов (первый этап первой ступени эксперимента). Затем производятся испытания образца при нагрузке 0,25 $\sigma_{\text{сж}}$, фиксируются показания приборов, после чего образец разгружают и замеряют остаточные деформации. Цикл повторяют вновь для ступеней измерения 0,5 и 0,75 $\sigma_{\text{сж}}$. Показания приборов фиксируются на всех этапах проведения эксперимента.

Во время нагружений фиксируется величина нагрузки с точностью 0,5 деления шкалы.

При использовании измерителей деформаций часового типа точность замеров должна составлять 0,1 деления шкалы. Показания приборов заносятся в табл. 3.1.

Если применяется аппаратура тензометрических измерений типа СИИТ-3, то полученные данные записываются в табл. 3.2.

3.4. Обработка результатов экспериментов

При применении датчиков часового типа абсолютные значения деформаций будут равны разности между начальным и каждым из последующих показаний соответствующего прибора.

Таблица 3.1.

Результаты измерения деформаций образца датчиками часового типа

№ ступени	Нагрузка, кгс	Показания датчиков продольных деформаций, дел.				Показания датчиков поперечных деформаций, дел.			
		Номера датчиков				Номера датчиков			
		1	2	3	4	1	2	3	4

Таблица 3.2.

Результаты измерения деформаций образца

с использованием аппаратуры тензометрических измерений

№ ступени	Нагрузка, кгс	Показания датчиков продольных деформаций						Показания датчиков поперечных деформаций					
		показания приборов		метрические измерения				показания приборов		метрические измерения			
		U_1	U_2	U_1	U_2	ΔU_1	ΔU_2	ΔU_{cp}	U_1	U_2	U_1	U_2	ΔU_1

При использовании аппаратуры тензометрического контроля показания приборов продольных и поперечных деформаций следует перевести в метрические величины. Коэффициент пересчета $k = 1/3 \cdot 10^{-5}$. Величины деформаций рассчитываются с точностью не менее пяти знаков после запятой.

Затем для каждой ступени нагружения образца определяют абсолютные значения возникающих в нем деформаций ΔU . Для этого за начало отсчета принимается величина первого этапа первой ступени нагрузки. Величины деформаций будут определяться как разность принятой величины начала отсчета и метрическим показанием последующего этапа нагружения образца. Расчеты выполняются для всех датчиков.

Затем определяют среднюю величину продольных и поперечных деформаций ΔU_{cp} .

По результатам расчетов вычерчивают графики зависимости деформаций от нагрузки для каждого датчика. Проверяется качественное совпадение результатов. Резко отличающиеся результаты бракуются.

Производят расчет величины напряжений и деформаций по формулам:

$$\sigma_i = \frac{P_i}{S}, \text{ кгс/см}^2, \quad (3.5)$$

где P_i – нагрузка на i – ступени нагружения, кгс; S – площадь поперечного сечения образца, см²;

$$\varepsilon_{\text{прод}} = \frac{\Delta U_{\text{прод}i}}{h}, \quad (3.6)$$

$$\varepsilon_{\text{попереч}} = \frac{2 \cdot \Delta U_{\text{попер}i}}{d}, \quad (3.7)$$

где $\Delta U_{\text{прод}i}$ – показания датчиков продольной деформации, мм; $\Delta U_{\text{попер}i}$ – показания датчиков поперечных деформаций, мм; h – начальная высота образца, мм; d – начальный диаметр образца, мм.

Результаты измерений заносятся в табл. 3.3.

По формулам (3.2) и (3.3) вычисляются деформации и коэффициенты Пуассона для каждой ступени нагружения. В расчетах используются средние величины деформаций. Результаты вычислений заносятся в табл. 3.4.

Таблица 3.3

Результаты вычислений деформаций образца

№ ступени	Напряжения, кгс/см ²	Продольные деформации				Поперечные деформации						
		номера датчиков				среднее значение	номера датчиков				среднее значение	
		1	2	...	n		1	2	...	n		

Примечание. Расчеты выполняются только для нагрузочной части «нагрузка-перемещение»

Таблица 3.4

Значения деформационных характеристик породы

№ ступени	Напряжения, кгс/см ²	Модуль деформации, кгс/см ²	Коэффициент Пуассона

В заключении по данным табл. 3.4. строятся графики «модуль деформации - напряжение» и «коэффициент Пуассона-напряжение».

Используя представление о физическом смысле модуля деформации и коэффициента Пуассона, студент должен сделать вывод о характере изменения структуры горной породы под нагрузкой.

Лабораторная работа № 4

Определение предела прочности пород при одноосном сжатии

на образцах цилиндрической формы – 4 часа

1.1. Цель работы и основные теоретические положения

Цель работы – определение предела прочности пород на одноосное сжатие.

Прочностью пород называется их способность выдерживать напряжения, не разрушаясь. Предельное напряжение, минимальное превышение которого ведет к разрушению породы, называется пределом прочности.

Различают пределы прочности пород на сжатие, растяжение и сдвиг. Пределы прочности пород определяются при одноосной, плоской и всесторонней нагрузке.

В практических целях наибольший интерес представляет предел прочности на одноосное сжатие, поскольку именно такое напряженное состояние реализуется на контуре горных выработок.

Предел прочности на одноосное сжатие зависит от различных факторов, в том числе и от условий эксперимента. Здесь основное внимание должно быть уделено соотношению высоты и диаметра образца, а также контактными условиям между образцом и плитой пресса.

1.2. Приборы, оборудование и материалы

Образцы горной породы цилиндрической формы.

Гидравлический пресс.

Камнерезная машина.

Шлифовальный станок.

1.3. Порядок проведения лабораторной работы

Для проведения эксперимента изготавливают образцы цилиндрической формы с отношением высоты образца к его диаметру не менее двух. Особое внимание при изготовлении образца следует обращать на параллельность его торцов и перпендикулярность торцов с образующей.

Образец устанавливают на пресс и фиксируют под его плитой.

При плавном нагружении образец доводится до разрушения, фиксируется предельная разрушающая нагрузка.

Рекомендуется обратить внимание на характер распространения трещин при разрушении.

Предел прочности пород рассчитывают по формуле

$$|\sigma_{сж}| = \frac{|P|}{S}, \text{ кгс/см}^2, \quad (4.1)$$

где $|P|$ - разрушающая нагрузка, кгс; S – площадь торцевой части образца, см².

Результаты эксперимента обрабатывают методами математической статистики согласно Приложения. Находят среднее значение предела прочности и коэффициент вариации.

По результатам опыта делают вывод о степени однородности горной породы.

Лабораторная работа № 5

Построение паспорта прочности горных пород – 4 часа

1.1. Цель работы и основные теоретические положения

Целью работы является построение паспорта прочности горных пород и определение сцепления и угла внутреннего трения.

Паспортом прочности горных пород называется огибающая предельных кругов Мора, нанесенная в координатах « $\tau - \sigma$ ».

Теория прочности Кулона-Мора связывает разрушение породы с действием предельных касательных напряжений τ , величина которых зависит от величины нормальных напряжений σ_n на площадке разрушения:

$$\tau = C f \sigma_n, \text{ МПа}, \quad (5.1)$$

где C – сцепление, МПа; f – коэффициент трения, $f = \operatorname{tg}\varphi$; φ – угол внутреннего трения.

Общая зависимость между нормальными и касательными напряжениями в твердом теле

$$\left(\sigma - \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right)^2 + \tau^2 = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right)^2, \quad (5.2)$$

где σ_1 – максимальные главные напряжения, МПа; σ_3 – минимальные главные напряжения, МПа.

Выражение (5.2) описывает уравнение окружности с радиусом $R = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ и центром, расположенным на оси абсцисс в точке с координатами $\left(0; \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right)$. Все точки внутри предельного круга напряжений характеризуют связанное состояние породы, точки же на окружности и вне круга – опасное по условиям прочности напряженное состояние породы.

Паспорт прочности реальных горных пород отличается от прямой линии и представляет собой, как правило, монотонную кривую.

Наибольшим распространением пользуются следующие методы определения паспортов прочности горных пород:

метод объемного сжатия;

метод среза со сжатием;

метод построения по результатам испытания на одноосное сжатие и растяжение.

Метод определения паспорта прочности горной породы по результатам определения σ_p и $\sigma_{сж}$ носит сугубо ориентировочный характер.

Экспериментальным путем определяют пределы прочности породы на одноосное сжатие $\sigma_{сж}$ и одноосное растяжение σ_p . Затем в координатах $\tau - \sigma$ строят для них предельные круги и проводят к этим кругам касательную, которая и рассматривается в первом приближении как огибающая.

Так как известны только две точки, то огибающая представляет собой прямую линию. Ориентировочно определение величин сцепления и коэффициента внутреннего трения производится по формулам:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sigma_{сж} - \sigma_p}{2 \cdot \sqrt{\sigma_{сж} \cdot \sigma_p}}, \quad C = \frac{\sqrt{\sigma_{сж} \cdot \sigma_p}}{2}, \quad (5.3)$$

При отсутствии экспериментальных данных о растягивающих напряжениях, можно принимать $\sigma_p = 0,1 \sigma_{сж}$.

Метод объемного сжатия заключается в следующем. Образцы породы с помощью гидравлического пресса испытываются в условиях $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 > 0$. Фиксируются разрушающие напряжения и приводятся соответствующие круги Мора. Огибающая предельных кругов Мора представляет собой паспорт прочности пород.

Угол внутреннего трения и сцепления определяется графическим методом.

1.2. Необходимые приборы, оборудование и материалы:

Гидравлический пресс.

Манометр давления.

Образцы пород с размерами (- высота образца, - диаметр), обработанные согласно ГОСТа.

1.3. Порядок проведения работы:

Образцы породы нагружаются прессом до разрушения. Фиксируются осевые и боковые напряжения. Строится паспорт прочности пород. Определяется сцепление и угол внутреннего трения по формулам (5.3) или графическим методом.

При построении паспорта прочности горной породы методом объемного сжатия используют результаты испытаний образцов не менее чем при трех различных значениях величины бокового давления.

Для исключения грубых ошибок каждый опыт повторяют не менее трех раз. Для построения паспорта прочности используется среднее значение разрушающей нагрузки.

Лабораторная работа № 6

Определение коэффициента крепости горных пород методом толчения – 2 часа

1.1. Цель работы.

Целью данной работы является определение коэффициента крепости горной породы f по проф. М.М. Протоdjяконову для исследования вопросов горного давления, разрушения полезных ископаемых и вмещающих пород, выбора механизмов для разработки угля и руды, бурового инструмента, типа ВВ, определения производительности труда горнорабочих и др.

Коэффициент крепости f по шкале проф. М.М. Протоdjяконова – это показатель, характеризующий относительную сопротивляемость пород разрушению при их отбойке и примерно равный одной сотой предела прочности породы на сжатие:

$$f = \frac{\sigma_{сж}}{100}, \quad (6.1)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на одноосное сжатие, кгс/см². В институте горного дела им. А.А. Скочинского разработан экспресс-метод определения коэффициента крепости угля и слабых пород, предназначенный для быстрого определения этого показателя в шахтных условиях.

Суть варианта, получившего название метода толчения, сводится к следующему:

в упрощенном копре (прибор ПОК) подвергаются толчению падающим грузом навески горной породы, отобранные на глаз;
просеиваются на одном сите одновременно несколько навесок;
по насыпному объему пыли крупностью менее 0,5 мм, образующейся в процессе толчения, характеризуют крепость породы.

1.2. Приборы и оборудование:

Копер.

Гири весом 2,4 кг.

Объемомер.

Сито с отверстиями 0,5 мм.

1.3. Методика проведения эксперимента

Куски породы (угля) разбивают молотком. Из получившейся мелочи на глаз отсортировывают кусочки размером 15-20 мм в поперечнике и делят их на пять порций весом 40-80 г каждая. Желательно, чтобы кусочки имели круглую или овальную форму.

Каждую порцию последовательно засыпают в загрузочный стакан прибора и измельчают ее путем сбрасывания на нее гири с постоянной высоты 0,6 м. Число ударов для всех порций принимать одинаковой на время проведения опыта.

Все пять порций ссыпают вместе на сито с размером ячеек 0,5 мм. Пыль, прошедшую через сито, собирают совком и высыпают в трубку объемомера, постукивая ее для уплотнения пыли.

Вставить в трубку объемомера до упора поршеньки и с помощью металлической линейки измерить высоту столбика пыли.

Вычисление коэффициента крепости производится с точностью до 0,1 по формуле

$$f = \frac{20 \cdot n}{h}, \quad (6.2)$$

где n – число ударов гири; h – высота столбика пыли в объемомере, мм.

Опыт повторяют три раза. Все данные замеров заносят в табл. 6.1.

Таблица 6.1.

Результаты эксперимента

Название породы	№ опыта	n	h	f	Примечание
-----------------	---------	-----	-----	-----	------------

Результаты экспериментов обрабатываются методами математической статистики (см. Приложение).

Производят сравнение полученной методом толчения величины коэффициента крепости с расчетом, выполненным по формуле (6.1).

Приложение

Обработка результатов эксперимента методами математической статистики

Применение методов математической статистики в горном деле позволяет объективно оценивать многие параметры технологических процессов, свойств горных пород, которые даже в сходных между собой условиях могут изменяться в широких пределах.

Основным расчетным параметром таких величин (называемых случайными) является математическое ожидание. На практике пользуются понятием среднего данной величины, которое дает наилучшую оценку математического ожидания.

Среднее рассчитывается следующим образом:

$$x_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

где x_i – значение измеренной величины в i –том опыте; n – число опытов.

Для оценки точности проведенного эксперимента, определения числа необходимых опытов и т.д. вычисляется коэффициент вариации

$$K = \frac{S}{x_{cp}}, \quad (2)$$

где S – среднее квадратичное отклонение

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}}, \quad (3)$$

Наименьшее число образцов, необходимое для испытаний, можно определить в зависимости от величины коэффициента вариации по таблице.

Таблица

Минимально необходимое число образцов

Значение коэффициента вариации	15	20	25	30	35	40	45
Число образцов	3	4	6	9	14	20	30

Значение коэффициента вариации больше 100% свидетельствует о существенной неоднородности свойств пород в эксперименте.

III. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физика горных пород» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. Контроль достижения целей курса

№ п/п	Контролируемые разделы/темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Минералы и горные породы. Общие сведения о физико-технических параметрах горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 1, 2, 3)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1	
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
2	Основные понятия механики горных пород. Методы определения механических свойств горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1, ПР-4	
			Умеет	УО-1, ПР-4	
			Владеет	УО-1, ПР-4	
3	Тепловые свойства горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 20, 21, 22, 23)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1	
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
4	Электромагнитные свойства горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1, ПР-4	
			Умеет	УО-1, ПР-4	
			Владеет	УО-1, ПР-4	
5	Воздействие внешних физических полей на горные породы	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1, ПР-4	
			Умеет	УО-1, ПР-4	
			Владеет	УО-1, ПР-4	
6	Горнотехнические параметры горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1	
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знания, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Основы физики горных пород: учебник для студентов горных специальностей вузов / В.В. Ржевский, Г.Я. Новик. – Изд. 5-е. – М. : URSS, 2010. – 358 с. – ISBN 978-5-397-01396-3. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19602381>.
2. Физика горных пород. Учеб. пособие. / Л.Я. Ерофеев [и др.] ; под ред. Л.Я. Ерофеева – 3-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. – 519 с. – ISBN: 978-5-98298-799-0. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19484914>.
3. Физика горных пород: учеб. пособие / Латышев О.Г., Анохина О.О. – 2-е изд. – Екатеринбург : УГГУ, 2006. – 135 с. – ISBN 5-8019-0113-2. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19477683>.
4. Основы физики горных пород: учебное пособие / С.А. Вохмин, И.Н. Байкина; С.А. Вохмин [и др.] ; [ред. И. Н. Байкина] – Красноярск : Гос. ун-т цв. металлов и золота, 2006. – 116 с. – ISBN 5-8150-0346-8. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19479195>.
5. Физика горных пород. Учебное пособие. / С.В. Белов, И.А. Транквилицкая. – М.: Изд-во МГОУ, 2011. 62 с. ISBN: 978-5-7045-1142-7. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19485732>.
6. Физика магнитных явлений горных пород. Монография / Б.И. Урусова. – Санкт-Петербург : Инфо-да, 2010. – 123 с. – ISBN 978-5-94652-321-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19483759>.

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании (с практическими рекомендациями) : учебник т. 1 / Г. М. Крюков. – М. : Горная книга, 2006. – 330 с. – Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:391990&theme=FEFU>.
2. Основы физики горных пород. Методические указания. / Наумов К.И., Шведов И.М. – Москва: МГГУ, 2008. – 22с. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23787536>.
3. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Часть II. Разрушение горных пород при бурении. Раздел 1. Внедрение зубьев в разрушаемую породу. Ударно-вращательный способ бурения : учебное

- пособие / Крюков Г.М. – М.: МГГУ, 2007. – 106 с. – ISBN 5-7418-0313-X. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/996011>.
4. Управление состоянием массива: Учебное пособие / В.И. Голик. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 136 с. – ISBN 978-5-16-006751-3 – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/406231>.
 5. Разрушение горных пород при бурении скважин: Учебное пособие / В.В. Нескоромных. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 336 с. – ISBN 978-5-16-009729-9 – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/455795>.
 6. Современная геодинамика и вариации физических свойств горных пород: Пособие / Кузьмин Ю.О., Жуков В.С., – 2-е изд., стер. – М.: Горная книга, 2012. – 262 с. – ISBN 978-5-98672-327-3 – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/994412>.
 7. Капитонов, А. М. Физические свойства горных пород западной части Сибирской платформы [Электронный ресурс] : Монография / А. М. Капитонов, В. Г. Васильев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. – 424 с. – ISBN 978-5-7638-2142-0. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/441169>.
 8. Методы и средства изучения быстропротекающих процессов (при взрывном разрушении горных пород): Учебник для вузов / Шкуратник В.Л., Вознесенский А.С., Колодина И.В. – М.:МГГУ, 2005. – 309 с. – ISBN 5-7418-0353-9 – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/997045>.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Библиотека ДВФУ
<https://www.dvfu.ru/library/>
2. Библиотека НИТУ МИСиС
<http://lib.misis.ru/elbib.html>
3. Библиотека Санкт-Петербургского горного университета
<http://www.spmi.ru/biblio>
4. Горный информационно-аналитический бюллетень
<http://www.gornaya-kniga.ru/periodic>
5. Горный журнал
<http://www.rudmet.ru/catalog/journals/1/?language=ru>
6. Глюкауф на русском языке
<http://www.gluckauf.ru/>
7. Безопасность труда в промышленности
<http://www.btpnadzor.ru/>

8. Научная электронная библиотека

<http://elibrary.ru/titles.asp>

9. Справочная система «Гарант» <http://garant.ru/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Используемое в учебном процессе программное обеспечение:

1. Пакет Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint);
2. Графический редактор AutoCAD;
3. Графический редактор Photoshop;
4. Программа для чтения файлов в формате *.PDF: Adobe Reader (Adobe Acrobat)

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На первом занятии по дисциплине группа студентов информируется о введении в действие практики оценки знаний по балльной системе. Студенты информируются о методике оценки усвоения материалов дисциплины в конце семестра, комментируются возможные варианты этой оценки (балльная система с учетом текущей аттестации и сдача экзамена по теоретическому материалу).

Студентам разъясняются принципы формирования системы знаний по дисциплине, поясняется влияние различных составляющих работы над материалами дисциплины (посещение лекций, ведение конспекта, выполнение лабораторных работ), обращается внимание студентов на регулярность работы и своевременность выполнения текущей работы.

Студентам на этом же занятии выдается в электронном виде экземпляр Методических указаний по выполнению лабораторных работ.

В течение семестра через каждые 4 недели производится подсчет итоговых показателей за период с использованием системы TANDEM, о

результатах которого ставится в известность группа, заведующий кафедрой и администратор образовательных программ.

На предпоследней неделе семестра группе сообщаются итоговые показатели по оценке работы в семестре и даются разъяснения по процедуре окончательной оценки знаний каждого студента.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Проведение лекционных занятий предусмотрено в мультимедийной аудитории. Лекции проводятся с использованием презентаций и видеоматериалов. Выполнение лабораторных работ проводится в лаборатории «Физики горных пород», оснащённой современным прессовым, камнерезным, полировальным и другим оборудованием, необходимым для выполнения работ.

Оформление отчётов по лабораторным работам предполагает использование прикладных компьютерных программ пакета Microsoft Office для выполнения математических расчетов и пояснительных записок, а также программ AutoCAD и Photoshop для разработки графических материалов. Эти работы проводятся в компьютерном классе кафедры ГДиКОГР, а также самостоятельно с использованием ноутбуков.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Физика горных пород»
Направление подготовки 21.05.04 «Горное дело»
специализация «Открытые горные работы»

Владивосток
2021

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Физика горных пород»

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	4 неделя семестра	Работа с учебной и нормативной литературой, необходимой для выполнения лабораторных работ № 1, 2 и оформление отчётов, подготовка рефератов.	24	Собеседование, защита лабораторных работ, рефератов
2	8 неделя семестра	Работа с литературой, необходимой для выполнения лабораторной работы № 3 и оформление отчёта, подготовка рефератов.	21	Собеседование, защита лабораторной работы, рефератов
3	12 неделя семестра	Работа с литературой, необходимой для выполнения лабораторной работы № 4 и оформление отчёта, подготовка рефератов.	21	Собеседование, защита лабораторной работы, рефератов
4	16 неделя семестра	Работа с литературой, необходимой для выполнения лабораторной работы № 5 и оформление отчёта, подготовка рефератов.	21	Собеседование, защита лабораторной работы, рефератов
5	18 неделя семестра	Работа с литературой, необходимой для выполнения лабораторной работы № 56 и оформление отчёта, подготовка рефератов.	21	Собеседование, защита лабораторной работы, рефератов
	Итого		108	
6	Экзаменационная сессия	Работа с учебной и нормативной литературой, конспектами лекций	27	Экзамен

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Основной целью самостоятельной работы студентов является улучшение профессиональной подготовки специалистов высшей квалификации, направленное на формирование у них системы профессиональных компетенций, необходимых в их будущей практической деятельности.

При изучении дисциплины предполагается выполнение следующих видов СРС:

1. Внеаудиторная самостоятельная работа.
2. Аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа предполагает подготовку к лабораторным занятиям, подготовку отчётов по лабораторным работам, работу с учебной, нормативной и научно-технической литературой с использованием электронных библиотечных ресурсов, подготовку рефератов по изучаемому материалу дисциплины.

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в разделе II «Структура и содержание практической части курса»

Критерии оценки при собеседовании:

– 100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

– 85-76 баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Допускается одна-две неточности в ответе.

– 75-61 балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

– 60-50 баллов - ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Вопросы для самоподготовки

1. Породообразующие минералы, горные породы. Структурные свойства горных пород.
2. Основные понятия механики горных пород.
3. Прочность горных пород при одноосном напряженном состоянии. Теории прочности.

4. Деформации горных пород. Упругость и пластичность.
5. Реологические свойства горных пород. Ползучесть и релаксация.
6. Механика разрушения горных пород, теория трещин.
7. Методы определения механических свойств горных пород при одноосном напряженном состоянии. Прочностные и деформационные характеристики.
8. Прочность горных пород при объемном напряженном состоянии. Параметры объемной прочности, паспорт прочности.
9. Методы испытаний при объемном напряженном состоянии.
10. Методы исследования реологических свойств горных пород.
11. Упругие колебания и акустические параметры пород.
12. Упругие колебания в массивах горных пород.
13. Тепловые свойства горных пород: теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, тепловое расширение.
14. Термические напряжения в горных породах.
15. Тепловые свойства массивов горных пород.
16. Электромагнитные свойства горных пород. Поляризация, диэлектрическая проницаемость.
17. Электропроводность горных пород, диэлектрические потери. Зависимость электрических свойств от состава строения и внешних условий.
18. Магнитные свойства горных пород. Распространение электромагнитных волн в породах.
19. Электромагнитные процессы в горных породах. Зависимость от состава, строения, внешних условий.
20. Естественные электрические и магнитные поля.
21. Использование электрических и магнитных свойств в процессах горного производства.
22. Радиоактивность горных пород и минералов. Воздействие излучений.
23. Использование радиационных свойств горных пород в процессах добычи полезных ископаемых и обогащения.
24. Воздействие внешних физических полей на горные породы. Влияние влаги, давления, теплового поля на механические свойства горных пород.
25. Воздействие упругих колебаний на свойства пород.
26. Воздействие электрического и магнитного полей на свойства горных пород.
27. Взаимосвязь свойств горных пород.
28. Горнотехнологические свойства горных пород, их классификация.
29. Твердость, вязкость, дробимость, буримость, взрываемость и абразивность горных пород.
30. Крепость горных пород. Классификация проф. М.М. Протодяконова.
31. Технологические показатели разрыхленных пород.
32. Горное давление и структурно-механические свойства нетронутого массиве.

33. Проявление горного давления в рыхлых, осадочных, магматических и метаморфических горных породах.

34. Влияние способа разрушения горных пород на проявления горного давления.

35. Управление состоянием массива горных пород.

Методические рекомендации по оформлению отчётов по лабораторным работам

Отчёты оформляются в виде отдельных пояснительных записок.

Текстовая часть практических заданий выполняется на компьютере. Параметры страницы формата А4: левое поле –2,5 см, правое –1,0 см, верхнее и нижнее –2,0 см.

Шрифт основного текста – Times New Roman, размер шрифта – 14, выравнивание текста – «по ширине страницы», начертание шрифта – обычное. Для выделения основных слов и простановки акцента в выражениях можно применять начертание «полужирный» (Bold) или «курсив» (Italic).

Форматирование абзацев: текст без левого отступа от границы поля, абзацный отступ – 1 см или по умолчанию, междустрочный интервал одинарный, автоматический перенос слов.

Листы (страницы) пояснительной записки нумеруют арабскими цифрами. Титульный лист и задание включают в общую нумерацию страниц пояснительной записки.

На титульном листе и задании номер страницы не выводится, на последующих листах (страницах) номер проставляется в правом верхнем углу листа (страницы).

Построение пояснительной записки, порядок нумерации разделов и подразделов, оформление рисунков, таблиц, списков, формул и других элементов текста принимается в соответствии с требованиями ЕСКД.

В пояснительной записке приводится список использованных источников, оформляемый в соответствии с требованиями ЕСКД.

В конце пояснительной записки располагается содержание, оформляемое по рекомендациям того же источника.

Образец титульного листа



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

**Отделение горного дела и нефтегазового дела
специальность 21.05.04 «Горное дело»
специализация «Открытые горные работы»**

**ДИСЦИПЛИНА «ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД»
Направление подготовки 21.05.04 «Горное дело»
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № ____**

Выполнил:
Студент группы С33046

Принял:

Оценка:

**Владивосток
202__**

Тематика и перечень рефератов

1. Минералы и горные породы. Их строение и состав.
2. Механические свойства горных пород. Методы их определения.
3. Структурные свойства горных пород.
4. Упругие колебания и акустические параметры пород.
5. Тепловые свойства горных пород.
6. Электромагнитные свойства горных пород.
7. Естественные электрические и магнитные поля. Магнитное поле Земли.
8. Магнитные свойства горных пород.
9. Распространение электромагнитных волн в горных породах.
10. Радиоактивность горных пород. Воздействие излучений.
11. Воздействие внешних физических полей на горные породы.
12. Горно-технологические характеристики пород.
13. Напряжение и деформации в горных породах. Объемная прочность горных пород.
14. Реологические свойства горных пород.
15. Технологические параметры каменных углей.
16. Прочностные и деформационные характеристики горных пород. Методы их определения.
17. Воздействие электрических и магнитных полей на горные породы.
18. Механика разрушения горных пород. Теории прочности.
19. Свойства массивов горных пород.
20. Методы исследования свойств горных пород в натуральных условиях.

Основные требования к содержанию реферата

Студент должен использовать только те материалы (научные статьи, монографии, пособия), которые имеют прямое отношение к избранной им теме. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с

анализируемой проблемой. Содержание реферата должно быть конкретным, исследоваться должна только одна проблема (допускается несколько, только если они взаимосвязаны). Студенту необходимо строго придерживаться логики изложения (начать с определения и анализа понятий, перейти к постановке проблемы, проанализировать пути ее решения и сделать соответствующие выводы). Реферат должен заканчиваться выведением выводов по теме.

По своей *структуре* реферат состоит из:

- 1.Титульного листа;
- 2.Введения, где студент формулирует проблему, подлежащую анализу и исследованию;
- 3.Основного текста, в котором последовательно раскрывается избранная тема. В отличие от курсовой работы, основной текст реферата предполагает деление на 2-3 параграфа без выделения глав. При необходимости текст реферата может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст;
- 4.Заключения, где студент формулирует выводы, сделанные на основе основного текста.
- 5.Списка использованной литературы. В данном списке указываются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке реферата, так и иные, которые были изучены им при подготовке реферата.

Объем реферата составляет 10-15 страниц машинописного текста, но в любом случае не должен превышать 15 страниц.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Физика горных пород»
Направление подготовки 21.05.04 «Горное дело»
специализация «Открытые горные работы»
Форма подготовки очная

Владивосток
2021

**Паспорт Фонда оценочных средств
дисциплины «Физика горных пород»**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-4 – Готовность с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твёрдых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр.	Знает	Строение, химический и минеральный состав земной коры, физико-химические, петрографические и генетические классификации горных пород.
	Умеет	Определять физико-технические параметры горных пород.
	Владеет	Общими принципами влияния минерального состава и строения на свойства горных пород и основными правилами изучения физико-технических свойств.
ОПК-9 – Владение методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твёрдых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений.	Знает	Воздействие внешних физических полей на свойства горных пород и методы управления свойствами и состоянием массива.
	Умеет	Оценить механическое состояние массива горных пород, выбрать методы управления этим состоянием.
	Владеет	Методами воздействия на свойства горных пород и управления состоянием массива.

№ п/п	Контролируемые разделы/темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Минералы и горные породы. Общие сведения о физико-технических параметрах горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 1, 2, 3)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1	
			Умеет	УО-1	
2	Основные понятия механики горных пород. Методы определения механических свойств горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1, ПР-4	
			Умеет	УО-1, ПР-4	
3	Тепловые свойства горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 20, 21, 22, 23)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1	
			Умеет	УО-1	
4	Электромагнитные свойства горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1, ПР-4	
			Умеет	УО-1, ПР-4	
5	Воздействие внешних физических полей на горные породы	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1, ПР-4	
			Умеет	УО-1, ПР-4	
			Владеет	УО-1, ПР-4	

6	Горнотехнические параметры горных пород	ОПК 4	Знает	УО-1	Экзамен (вопросы 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53)
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	
		ОПК 9	Знает	УО-1	
			Умеет	УО-1	
			Владеет	УО-1	

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-4 – Готовность с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твёрдых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр.	знает (пороговый уровень)	Строение, химический и минеральный состав земной коры, физико-химические, петрографические и генетические классификации горных пород.	Знание по строению, химическому и минеральному составу земной коры, физико-химическим, петрографическим и генетическим классификациям горных пород	Способность использовать знания по строению, химическому и минеральному составу земной коры, физико-химическим, петрографическим и генетическим классификациям при разработке месторождений полезных ископаемых
	умеет (продвинутый)	Определять физико-технические параметры горных пород.	Умение определять физико-технические параметры горных пород, необходимые для решения конкретных задач по рациональному и комплексному освоению месторождений	Способность определять физико-технические параметры горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых
	владеет (высокий)	Общими принципами влияния минерального состава и строения на свойства горных пород и основными правилами изучения физико-технических свойств.	Владение методиками исследования влияния минерального состава и строения горных пород на их свойства, основными методами изучения физико-технических параметров	Способность выполнять исследования по свойствам горных пород в лабораторных и научных условиях при разработке месторождений полезных ископаемых
ОПК-9 – Владение методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твёрдых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений.	знает (пороговый уровень)	Воздействие внешних физических полей на свойства горных пород и методы управления свойствами и состоянием массива.	Знание закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессе добычи и переработки твёрдых полезных ископаемых	Способность использовать закономерности поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива при разработке месторождений полезных ископаемых
	умеет (продвинутый)	Оценить механическое состояние массива горных пород, выбрать методы управления этим состоянием.	Умение выполнять исследования по управлению свойствами горных пород и состоянием массива в натуральных условиях	Способность выбрать методы управления свойствами горных пород и состоянием массива при разработке месторождений полезных ископаемых
	владеет (высокий)	Методами воздействия на свойства горных пород и управления состоянием массива.	Владение методами управления свойствами горных пород и состоянием массива	Способность использовать различные методы управления свойствами горных пород и управления состоянием массива при разработке месторождений полезных ископаемых.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Физика горных пород» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий защиты лабораторных работ и промежуточного тестирования по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине).

Осуществляется путем контроля посещаемости, проверки конспектов и отчётов по лабораторным работам;

- степень усвоения теоретических знаний.

Выборочный опрос по темам лекционных и лабораторных занятий;

- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

Собеседование при приеме выполненных лабораторных работ;

- результаты самостоятельной работы.

Тестирование по основным разделам дисциплины, проверка рефератов.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Шахтное и подземное строительство» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

В качестве промежуточного контроля по дисциплине предусмотрен экзамен, который проводится в устной форме (устный опрос в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов).

Оценка	Критерий	Описание критерия
Отлично	100-85 баллов	Ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.
Хорошо	85-76 баллов	Ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и

		последовательность ответа. Допускается одна - две неточности в ответе.
Удовлетворительно	75-61 балл	Оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.
Неудовлетворительно	60-50 баллов	Ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена.

Вопросы к экзамену

1. Породообразующие минералы, горные породы.
2. Структурные свойства горных пород.
3. Классификация физико-технических параметров пород. Базовые физико-технические свойства и параметры пород.
4. Основные понятия механики горных пород. Напряжения, деформации, упругость, пластичность, модуль упругости, модуль деформации, коэффициент Пуассона.
5. Ползучесть и релаксация горных пород.
6. Прочность горных пород. Пределы прочности на сжатие, растяжение, сдвиг.
7. Коэффициент крепости горных пород по Протоdjяконову. Классификация горных пород по крепости.
8. Теории прочности. Теория прочности Кулона-Мора. Паспорт прочности горных пород.

9. Механические свойства массива пород.
10. Упругие колебания и акустические параметры пород.
11. Методы определения прочностных и деформационных характеристик горных пород при одноосном напряжённом состоянии.
12. Экспериментальные методы определения предела прочности на одноосное сжатие.
13. Определение предела прочности при одноосном растяжении.
14. Методы определения деформационных характеристик горных пород.
15. Прочность горных пород при объёмном напряжённом состоянии.
Паспорт прочности горной породы.
16. Методы определения паспортов прочности горных пород.
17. Реологические свойства горных пород. Ползучесть и релаксация. Метод и оборудование для испытаний на одноосную ползучесть.
18. Метод и оборудование для испытаний на объёмную ползучесть.
19. Методика и оборудование для испытаний горных пород на боковой распор.
20. Тепловые свойства горных пород. Фононный тип теплопроводности горных пород.
21. Удельная теплоёмкость, коэффициент теплопроводности горных пород, температуропроводность, теплопередача, коэффициенты линейного и объёмного теплового расширения.
22. Тепловые свойства массивов горных пород.
23. Тепловое расширение горных пород.
24. Поляризация горных пород, виды, особенности.
25. Диэлектрическая проницаемость горных пород.
26. Особые случаи поляризации минералов и пород.
27. Электропроводность горных пород. Проводники, полупроводники, диэлектрики, основные различия.
28. Диэлектрические потери.

29. Естественные электрические и магнитные поля. Магнитное поле Земли.
30. Радиоактивность горных пород, воздействие излучений.
31. Магнитные свойства горных пород. Напряжённость и индукция магнитного поля. Диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные горные породы.
32. Распространение электромагнитных волн. Уравнения Максвелла, скорость распространения в различных средах, волновое сопротивление, коэффициент отражения и преломления.
33. Воздействие внешних физических полей на горные породы. Влияние влаги на механические, тепловые, электрические и другие свойства горных пород.
34. Влияние внешних физических полей на горные породы. Влияние давления на механические, тепловые, электрические свойства, на скорость распространения упругих волн.
35. Термические напряжения в породах.
36. Воздействие электрического и магнитного полей на горные породы. Нагрев пород, изменение прочности, тепловой и электрической пробой.
37. Влияние теплового поля на механические свойства горных пород. Термохимические и физические превращения в горных породах.
38. Влияние теплового поля на тепловые свойства горных пород.
39. Воздействие упругих колебаний на горные породы. Кавитация, диспергация, дегазация, тиксотропия.
40. Влияние теплового поля на электромагнитные свойства пород.
41. Классификация горнотехнологических параметров пород.
42. Твёрдость, вязкость, дробимость и абразивность пород.
43. Горнотехнологические параметры рыхлых и связанных пород.
44. Технологические параметры каменных и бурых углей.
45. Классификация технологических видов разрушенных и раздробленных пород.

46. Классификация скальных и полускальных пород по степени трещиноватости.
47. Крепость пород и показатель трудности их разрушения
48. Механическое бурение пород. Классификация пород по буримости.
49. Бурение пород термическим методом.
50. Электротермические и электрические способы разрушения горных пород.
51. Комбинированные методы разрушения горных пород.
52. Классификация горных пород по взрываемости.
53. Дробление и измельчение полезного ископаемого после извлечения.

Образец экзаменационного билета по дисциплине



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
**«Дальневосточный федеральный
университет»**
Отделение горного и нефтегазового дела

2020/2021 учебный год

осенний семестр

Экзаменационный билет № 1
по Физика горных пород

1. Основные понятия механики горных пород.
2. Прочность горных пород при объёмном напряжённом состоянии. Паспорт прочности горной породы.

Зав. кафедрой _____

Экзаменатор _____

Оценочные средства для текущей аттестации

По результатам изучения разделов дисциплины проводится, тестирование, представляющее собой систему стандартизированных заданий, позволяющую автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Критерий	Описание критерия
100-86 баллов	Ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой.
85-76 баллов	Знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; использование научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы.
75-61 балл	Фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий.
60-50 баллов	Незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат.

Тестовые вопросы по дисциплине «Физика горных пород»

Программа состоит из набора вопросов и ответов к ним. Из предлагаемых ответов только один является верным, отметьте его каким-либо знаком (+, v, x, o)

1. Какие из перечисленных веществ относятся к полезным ископаемым?

- Природные неорганические вещества, используемые в народном хозяйстве;
- Минеральное сырьё в естественном виде или после соответствующей обработки;

– Природные неорганические и органические вещества, добываемые для их использования в сфере материального производства в естественном виде или после соответствующей обработки.

2. Что понимается под структурой и текстурой горных пород?

- Минеральный состав;
- Химический состав;
- Степень связи между частицами породы, их размерами, форму и взаимным расположением;
- Пространственную кристаллическую решетку.

3. Какие из дефектов кристаллической структуры относятся к объемным?

- Тепловые колебания;
- Вакансии, атомы внедрения, атомы примеси;
- Дислокации;
- Наружная поверхность кристалла, внутренние поверхности трещин и пор;
- Поры, пустоты, трещины.

4. Горная порода плотностью $2,8 \text{ г/см}^3$ имеет общую пористость 5 %.

Определить удельный вес.

- 2,66;
- 27,94;
- 0,56.

5. Какая вода, находящаяся в горных породах, называется химически связанной?

- Вода тесно соединена молекулярными силами притяжения с твердыми частицами породы, обволакивая их в виде пленки;
- Вода, которая наряду с другими молекулами и ионами входит в состав кристаллической решетки минералов;
- Вода, которая в породах удерживается в мелких порах и: заполняющая крупные поры, способная передвигаться в породах под действием сил тяжести или давления.

6. Нормальные напряжения это:

- Напряжения, действующие касательно к площадке S .
- Напряжения, направленные перпендикулярно к рассматриваемой площадке S .

7. Коэффициент пропорциональности между действующим нормальным напряжением σ (сжимающим и растягивающим) и

соответствующей ему относительной продольной упругой деформацией называется:

- Модулем сдвига;
- Коэффициентом Пуассона;
- Модулем Юнга;
- Модулем одностороннего сжатия;
- Модулем объемного сжатия.

8. Продольные волны распространяются:

- В твердых телах;
- В газах;
- В жидких средах;
- В любой среде.

9. Крепость горных пород - это:

- Сопротивляемость горной породы внедрению в нее инструмента;
- Сопротивляемость пород добычанию;
- Способность горной породы сопротивляться ударной нагрузке.

10. Камуфлетное взрывание:

- Способ отбойки отбойки пород во время добычи;
- Взрывание заряда без выброса породы для снятия напряжения при борьбе с горными ударами и выбросами;
- Взрывание накладных зарядов для разрушения негабаритов.

11. Какая из указанных пород имеет наибольшую крепость из перечисленных (по шкале М.М. Протоdjяконова)?

- Мрамор;
- Базальт;
- Гранит;
- Конгломерат.

12. Как называется свойство горных пород восстанавливать исходную форму и размеры после снятия механической нагрузки?

- Крепость;
- Упругость;
- Пластичность;
- Текучесть.

13. Как называется коэффициент пропорциональности между касательными напряжениями и упругой деформации сдвига?

- Модуль деформации;
- Модуль Юнга;
- Коэффициент Пуассона;

– Модуль сдвига.

14. Какую способность горных пород характеризуют упругие свойства?

- Восстанавливать исходную форму и размеры;
- Разрушаться;
- Частично восстанавливать исходную форму и размеры;
- Частично разрушаться.

15. Как называются минералы, атомы которых обладают магнитным моментом при отсутствии магнитного поля (однако, в целом, их образцы в отсутствие поля не намагничены)?

- Ферромагнитные;
- Диамагнитные;
- Нет правильного ответа;
- Парамагнитные.

16. Удельная теплоемкость горных пород зависит от:

- Плотности;
- Текстуры;
- Минерального состава;
- Структуры.

17. Чем в значительной мере определяется способность минералов к электрической поляризации?

- Пористостью;
- Симметрией кристаллической структуры;
- Удельным электрическим сопротивлением;
- Водосодержанием.

18. К какому из типов воды относится следующая формулировка: "...удерживается в капиллярах, а также содержится в виде гравитационной воды, заполняющей крупные поры и передвигающейся в породе под действием силы тяжести или давления?"

- Физически связанная вода и свободная вода;
- Свободная вода;
- Физически связанная вода;
- Химически связанная вода.

19. Какие из указанных минералов относятся к ферромагнетикам?

- Апатит, плагиоклаз;
- Магнетит, пирротин;
- Кальцит, кварц;
- Доломит, хромит.

20. В какой среде могут распространяться поперечные волны?

- В жидкой;
- В жидкой и твердой;
- В газообразной;
- В твердой.

21. Какие из указанных минералов обладают активной растворимостью?

- Корунд, хромит;
- Кварц, топаз;
- Оливин, магнетит;
- Галит, сильвин.

22. Какие из указанных минералов относятся к диамагнетикам?

- Доломит, хромит;
- Лимонит, пироксен;
- Кальцит, кварц;
- Магнетит, пирротин.

23. Какие из указанных минералов являются пьезоэлектриками?

- Роговая обманка, сильвин;
- Галенит, гипс;
- Кварц, турмалин;
- Оливин, барит.

24. Что происходит со скоростью распространения упругих колебаний, с ростом давлений на горные породы?

- Уменьшение скоростей;
- Нет зависимости;
- Нет правильного ответа;
- Увеличение скоростей.

25. Как называются минералы, в которых целые объемы (домены) обладают магнитными моментами при отсутствии внешнего поля? Намагниченность таких минералов достигается не только действием внешнего поля, но и намагничивающим действием дополнительного внутреннего молекулярного поля...?

- Нет правильного ответа;
- Диамагнитные;
- Парамагнитные;
- Ферромагнитные.

26. Акустические свойства характеризуют закономерности распространения в горной породе знакопеременных деформаций (упругих

колебаний). Какие волны характеризуются распространением деформаций попеременного объемного сжатия и растяжения (волны данного типа могут распространяться в любой среде (твердой, жидкой и газообразной)?

- Поперечные;
- Нет правильного ответа;
- Продольные;
- Продольные и поперечные.

27. Основное свойство упругой деформации:

- Возникает в теле при действии на тело силой и исчезает после снятия силы;
- Возникает в теле при достижении предела упругости;
- Необратимость.

28. Основное свойство пластической деформации:

- Возникает в теле при действии на него силой, отличной от нуля;
- Пластическая деформация является необратимой деформацией;
- Возникает в теле при ползучести.

29. Охарактеризуйте понятие «абразивность горных пород»:

- Характеризует величину зерен минералов, входящих в состав горной породы: большеразмер зерен - больше абразивность;
- Характеризует способность горных пород;
- Пропускать через себя жидкость;
- Способность горных пород изнашивать контактирующие с ней тела;
- Характеризует анизотропию горных пород.

30. Физический смысл коэффициента бокового распора:

- Соотношение между горным давлением на глубине H и давлением бурового раствора на этой же глубине H в скважине,
- Соотношение между величиной давлений, действующих на глубине H в горизонтальной плоскости, и величиной горного давления на этой же глубине;
- Соотношение между поперечной и продольной деформациями, возникающими при одноосном сжатии образца горной породы.

31. Величина коэффициента Пуассона большинства горных пород находится в следующем диапазоне:

- $0,50 \div 0,75$;
- $0,30 \div 0,60$;
- $0,05 \div 0,48$;
- $0,05 \div 1,0$.

32. Модуль Юнга определяет связь между:

- Напряжением и деформацией в упругой области деформирования;
- Нормальным напряжением и продольной деформацией в упругой области;
- Напряжением и деформацией в «пластической» области деформирования;
- Величиной упругой и пластической деформацией.

33. Механический процесс, называемый ползучестью, - это:

- Рост сдвиговой деформации во времени при постоянном сдвиговом напряжении;
- Уменьшение механических напряжений с течением времени при фиксированном значении сдвиговой деформации;
- Рост сдвиговой деформации во времени при постоянном нормальном напряжении.

34. Механический процесс, называемый релаксацией напряжений, - это:

- Уменьшение напряжений в теле при фиксируемой величине сдвиговой деформации;
- Уменьшение напряжений в теле при росте сдвиговой деформации;
- Уменьшение напряжений в теле при снижении сдвиговой деформации.

35. Прочность образцов горной породы при одноосном сжатии:

- Превосходит их прочность при одноосном растяжении в среднем в 8-10 раз;
- Равна их прочности при одноосном растяжении;
- Меньше их прочности при одноосном растяжении в среднем в 8-10 раз,

36. При механическом нагружении образца горной породы изменение его объема зависит от:

- Величины действующих касательных напряжений;
- Величины среднего нормального напряжения;
- Значения модуля Юнга горной породы;
- Величины времени релаксации горной породы.

37. При механическом нагружении образца горной породы изменение его формы зависит от:

- Действующих касательных напряжений;
- Величины среднего нормального напряжения;
- Значения модуля Юнга горной породы;
- Величины времени релаксации горной породы.

38. Деформационная кривая – это график, показывающий изменение:

- Величины напряжений во времени;
- Величины напряжений от относительной деформации;
- Величины сдвиговой деформации во времени;
- Относительной деформации от абсолютной.