

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 04 » апреля 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ **Физика горных пород**  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ **очная**  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ **специалитет**  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ **324 (9)**  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ **21.05.05 Физические процессы горного или  
нефтегазового производства**  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ **Физические процессы горного или нефтегазового  
производства (СУОС)**  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний о физических свойствах и процессах в горных породах, физической сущности, механизмах и процессах разрушения в горных породах, закономерностей формирования и изменения свойств и принципов их использования при решении задач горного производства.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний основных понятий и определений физики горных пород; физических свойства горных пород и массивов, методов и средств их определения; механических, реологических и акустических свойств горных пород; влияния физических полей на свойства горных пород и породных массивов; физических явлений и процессов в породных массивах; физических процессов контроля состояния массива горных пород и технологических параметров при ведении горных работ; основных понятий и определений разрушения горных пород; критериев прочности; физической сущности процессов разрушения горных пород.

- формирование умений проводить испытания горных пород и строительных материалов при исследовании их физико-механических свойств; осуществлять направленное изменение свойств и состояние горных пород и массивов; определять прочностные, деформационные, энергоемкостные показатели и показатели трудности разрушения горных пород; определять условия неконтролируемого разрушения горных пород

- формирование навыков использования основных методик определения свойств горных пород и породного массива, предела прочности, вязкости разрушения и показателей механического дробления и измельчения горных пород в лабораторных и натуральных условиях, обработки полученных экспериментальных данных.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты: минералы, горные породы, массив горных пород, многофазные среды, углеводороды, месторождения нефти и газа; физические и вещественные поля; свойства горных пород; физические процессы, влияющие на изменение свойств и состояния горных пород; методы изучения свойств горных пород; процессы разрушения; показатели разрушения горных пород; процессы неконтролируемого разрушения горных пород; особенности разрушения горных пород при геотехнологических процессах.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает методы изучения состава и строения пород; знает свойства и классификации горных пород; параметры состояния породных массивов; знает механические, реологические и акустические свойства горных пород; знает физические явления и процессы в породных массивах; знает сущность и особенность процессов разрушения горных пород при добыче полезных ископаемых; знает критерии прочности горных пород; знает физическую сущность процессов разрушения горных пород; знает сущность и особенность процессов разрушения горных пород при добыче, выемке и обогащении полезных ископаемых применительно к различным геотехнологиям.	Знает горно-геологические условия залегания полезных ископаемых, объекты профессиональной деятельности, принципы рационального и комплексного освоения месторождений полезных ископаемых, основные принципы строительства и эксплуатации подземных объектов, IT-технологии	Экзамен
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет оценивать влияние свойств горных пород и состояния породного массива при обосновании решений по рациональному и комплексному освоению месторождений полезных ископаемых; умеет определять прочностные, деформационные, энергоемкостные показатели и показатели трудности разрушения горных пород; умеет определять влияние режимов нагружения на параметры деформирования горных пород.	Умеет анализировать горно-геологические условия, проводить контроль состояния, обрабатывать и интерпретировать результаты наблюдений при обосновании решений по рациональному и комплексному освоению месторождений полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов, в том числе с использованием IT-технологии	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками определения прочностных, деформационных, электрических, горно-технологических, реологических, термо-механических свойств горных пород и породных массивов.	Владеет навыками проводить контроль состояния объектов профессиональной деятельности, обосновывать решения по рациональному и комплексному освоению месторождений полезных ископаемых	Защита лабораторной работы
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает основные методы определения свойств горных пород и породных массивов в лабораторных и натуральных условиях; знает методы геостатистического анализа; знает закономерности изменения свойств горных пород и породных массивов под воздействием физических полей; знает влияние физических полей на свойства горных пород и породных массивов; знает физические процессы контроля состояния массива горных пород и технологических параметров при ведении горных работ.	Знает нормативно правовые акты в области обеспечения безопасности ведения работ при добыче, переработке полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений, включая обязательные требования охраны труда и безопасности производства, промышленной и экологической безопасности	Зачет
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет использовать знания методологии исследований физико-механических свойств при испытаниях горных пород и строительных материалов; умеет определять условия неконтролируемого разрушения горных пород при мягком режиме нагружения.	Умеет использовать знания нормативно правовых актов в области обеспечения безопасности ведения работ при добыче, переработке полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений, включая обязательные требования охраны труда и безопасности производства, промышленной и экологической безопасности	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет основными современными методиками определения свойств горных пород и породных массивов в лабораторных условиях и обработки полученных экспериментальных данных.	Владеет навыками разрабатывать необходимую техническую и нормативную документацию, регламентирующую порядок, качество и безопасность выполнения работ и охрану труда, занятого на этих работах персонала	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах		
		Номер семестра		
		6	7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	130	48	46	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:				
- лекции (Л)	42	12	18	12
- лабораторные работы (ЛР)	28	12	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	52	20	10	22
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	2	2
- контрольная работа				
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	158	60	62	36
2. Промежуточная аттестация				
Экзамен	36	36		
Дифференцированный зачет				
Зачет	18		9	9
Курсовой проект (КП)				
Курсовая работа (КР)				
Общая трудоемкость дисциплины	324	144	108	72

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Раздел 1. Основные понятия и определения физики горных пород.	4	4	6	20
<p>Введение. Предмет физики горных пород. Связь курса с общеинженерными и специальными дисциплинами горного профиля. Краткий исторический очерк развития физики горных пород. Научные и практические задачи, решаемые физикой горных пород. Разделы физики горных пород.</p> <p>Тема 1. Минералы и горные породы. Классификации горных пород. Способы воздействия на горные породы. Понятие о минералах и горных породах как объектах горного производства. Минералы, их многообразие. Горная порода. Физико-химические, петрографические, и генетические классификации горных пород. Физические явления в горных породах. Физические и вещественные поля. Основные способы воздействия на горные породы. Общие понятия о свойствах горных пород. Физико-технические параметры горных пород.</p> <p>Тема 2. Особенности строения горных пород. Содержание воды в породе. Методы изучения состава и строения пород. Структура горных пород. Текстура горных пород. Зависимость строения горных пород от условий образования. Строение, состав и состояние горных пород и массивов. Пористость горных пород. Плотность горных пород. Трещиноватость пород. Содержание воды в породе, влагоемкость. Методы изучения состава и строения пород. Влияние минерального состава и строения пород на их свойства. Анизотропия горных пород, коэффициент анизотропии. Статистическая обработка определяемых характеристик горных пород. Классификация и паспортизация горных пород по физическим свойствам.</p>				
Раздел 2. Механические свойства горных пород.	4	4	8	20
<p>Тема 3. Общие понятия механики горных пород. Диаграмма деформирования горных пород. Механические свойства горных пород и массивов. Напряжения в горных породах. Вектор напряжений. Виды напряженного состояния. Тензор напряжений, парность касательных напряжений. Определение напряжений на наклонной площадке методом Мора. Нормальные и сдвиговые деформации в горных породах, тензор деформаций. Деформационные свойства горных пород. Понятие о диаграмме деформирования,</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
параметры диаграммы деформирования.  Тема 4. Упругость, пластичность и прочность горных пород. Упругие свойства горных пород. Влияние минерального состава, слоистости пород и пористости на модуль упругости. Влияние внешних полей на модуль упругости. Обобщенный закон Гука. Пластические свойства горных пород. Прочность горных пород, основные понятия. Теории прочности. Паспорт прочности. Влияние строения пород на их прочность. Влияние внешних факторов на прочность тел.				
Раздел 3. Реологические и акустические свойства горных пород.	4	4	6	20
Тема 5. Реологические свойства горных пород. Структурные реологические модели горных пород. Ползучесть, кривые ползучести. Релаксация. Длительная прочность, предел длительной прочности. Упругий, вязкий, пластический элементы. Понятие о структурной реологической модели.  Тема 6. Законы распространения упругих колебаний в породах. Волновое уравнение. Продольные и поперечные волны. Акустические характеристики пород. Влияние состава и строения на акустические свойства пород.				
ИТОГО по 6-му семестру	12	12	20	60
7-й семестр				
Раздел 4. Влияние физических полей на свойства горных пород и породных массивов.	6	6	4	20
Тема 7. Законы распространения и накопление тепла в горной породе. Теплоемкость и теплопроводность горных пород. Температуропроводность пород. Тепловое расширение. Термические напряжения в горной породе. Влияние минерального состава и пористости на теплофизические свойства горных пород.  Тема 8. Поведение пород при действии электрических и магнитных полей. Виды электрической поляризации горных пород. Особые случаи поляризации пород и минералов. Электрические свойства горных пород и массивов. Диэлектрическая проницаемость горных пород. Влияние частоты электрического поля на поляризуемость и значение диэлектрической проницаемости. Влияние состава и строения на диэлектрическую проницаемость. Электрическая				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
проводимость горных пород. Зависимость от состава и строения породы. Поведение горных пород в магнитном поле. Магнитные свойства горных пород и массивов. Оптические свойства пород. Влияние рентгеновского излучения на свойства горных пород. Радиоактивность пород.				
Раздел 5. Физические явления и процессы в породных массивах.	6	10	6	21
Тема 9. Горно-технологические свойства горных пород. Приемы расчета технологических процессов. Крепость, хрупкость, пластичность, твердость, вязкость, дробимость и абразивность горных пород. Методы определения. Взаимосвязь с физическими свойствами. Физико-техническое обеспечение горного производства. Понятие о приемах расчета технологических процессов по свойствам пород.  Тема 10. Поведение горных пород в процессах горной технологии. Процессы подготовки массива к выемке, управления горным давлением и тепловым режимом. Технология разработки месторождений полезных ископаемых. Сущность и особенность процессов разрушения горных пород при добыче, выемке и обогащении полезных ископаемых применительно к различным геотехнологиям. Технологические принципы совместной отработки нефтяных и калийных месторождений. Учет горно-технологических свойств горных пород при комплексном извлечении калийных руд и нефти. Осушение массивов. Разупрочнение пород. Упрочнение пород. Поддержание подземных горных выработок. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. Борьба с проявлением внезапных выбросов угля и газа. Тепловой режим шахт и рудников.				
Раздел 6. Физические процессы контроля состояния массива горных пород и технологических параметров при ведении горных работ.	6	0	0	21
Тема 11. Физические процессы контроля состояния массива горных пород при ведении горных работ. Свойства пород как источники информации. Контроль напряженного состояния, устойчивости и нарушенности массивов и выработок. Обнаружение включений и опасных зон в массивах пород. Прогноз опасных динамических явлений в массивах горных пород.				
Тема 12. Физические процессы контроля				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
технологических параметров при ведении горных работ. Основные положения при создании малоэнергоёмкой и ресурсосберегающей горной технологии. Качество полезного ископаемого и его контроль. Определение и контроль состава полезных ископаемых. Контроль влажности. Процессы контроля за отдельными технологическими операциями. Роль физики горных пород в создании малоэнергоёмкой и ресурсосберегающей горной технологии.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	16	10	62
8-й семестр				
Раздел 7. Основные понятия и определения разрушения горных пород. Критерии прочности.	4	0	10	12
Тема 13. Общие сведения о разрушении горных пород. Связь петрографических и прочностных характеристик горных пород. Классификация типов и режимов разрушения твердых тел. Особенности деформирования горных пород. Теоретическая прочность идеального кристалла. Основные принципы построения критериев прочности и пластичности.  Тема 14. Классические критерии прочности. Критерии прочности для материалов, неодинаково сопротивляющихся растяжению и сжатию. Критерий наибольших нормальных напряжений. Критерий наибольших линейных деформаций. Критерий наибольших касательных напряжений. Критерий максимальной удельной энергии формоизменения. Критерий прочности Кулона-Навье. Критерий прочности Мора. Стандартная огибающая кругов Мора для горных пород. Критерий Баландина. Критерий Шлейхера-Надаи. Достоинства и недостатки критериев прочности и пластичности. Основные эффекты процессов разрушения.				
Раздел 8. Физическая сущность процессов разрушения горных пород.	4	0	8	12
Тема 15. Механика рассеянных повреждений. Общие представления о построении критериев длительной прочности. Принцип линейного суммирования повреждений. Кинетическое уравнение поврежденности. Кинетическая теория прочности. Критерий Журкова. Обоснование величины эквивалентного напряжения в уравнении долговечности. Определение термокинетических параметров горных пород на основе базовых прочностных свойств. Критерий механики рассеянных повреждений Качанова.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 16. Линейная механика разрушения. Концентрация напряжений. Условие хрупкого разрушения и распространения трещин по Гриффитсу. Напряженно-деформированное состояние в вершине трещины. Критерий Ирвина. Модель хрупкой трещины с зоной ослабленных связей в вершине трещины. Механизм вязкого разрушения. Пластичность тел с трещинами.				
Раздел 9. Сущность и особенность процессов разрушения горных пород при добыче, выемке и обогащении полезных ископаемых применительно к различным геотехнологиям.	4	0	4	12
Тема 17. Механическое разрушение, дробление и перемещение горных пород. Работа разрушения горных пород. Показатель трудности разрушения горных пород. Механическое бурение пород и их буримость. Взрывание горных пород, взрываемость. Выемка, механическое отделение пород от массива, эскавируемость. Процессы вторичного механического дробления пород в забое. Процессы дробления и измельчения полезного ископаемого в дробилках и мельницах. Процессы перемещения горных пород.				
Тема 18. Немеханические и комбинированные способы разрушения горных пород. Термические способы бурения горных пород. Термические способы разрушения негабарита. Комбинированное термомеханическое бурение пород. Электромагнитные способы разрушения горных пород. Комбинированные электротермохимические способы разрушения пород.				
ИТОГО по 8-му семестру	12	0	22	36
ИТОГО по дисциплине	42	28	52	158

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение напряжений методом Мора.
2	Определение деформаций в горных породах при одноосном сжатии.
3	Определение упругих характеристик горных пород.
4	Определение деформаций образца горной породы при объемном нагружении.

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
5	Определение деформаций ползучести горных пород, подчиняющихся законам геосреды максвелловского типа.
6	Определение напряжений в стержне скальной породы при воздействии гармонических колебаний.
7	Определение удельной теплоемкости горных пород методом остывания.
8	Определение абразивности горных пород.
9	Определение удароопасности пород по результатам эксперимента на одноосное сжатие.
10	Определение прочностных, деформационных и энергоемкостных показателей разрушения горных пород.
11	Определение критериальных показателей классических теорий прочности по результатам эксперимента на сжатие образца горной породы.
12	Построение стандартной огибающей кругов Мора для горных пород.
13	Определение условий неконтролируемого разрушения образца горной породы при сжатии на прессе в условиях мягкого режима нагружения.
14	Определение влияния скорости деформирования и жесткости нагружающей системы на параметры кусочно-линейной аппроксимации диаграммы деформирования горных пород.
15	Определение показателя трудности разрушения горных пород.

#### Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Экспериментальное определение плотности и объемной массы горных пород.
2	Экспериментальное определение пористости горных пород экспресс-методом.
3	Экспериментальное определение влажности горных пород.
4	Построение полной диаграммы деформирования горной породы при одноосном сжатии в режиме заданных деформаций.
5	Экспериментальное определение прочностных параметров и построение паспорта прочности горных пород.
6	Построение кривых ползучести горных пород.
7	Экспериментальное определение упругих характеристик горных пород динамическим методом.
8	Экспериментальное определение коэффициента теплового линейного расширения горных пород.
9	Экспериментальное определение электрических свойств горных пород в переменном электрическом поле.
10	Экспериментальное определение коэффициента крепости пород методом толчения.
11	Экспериментальное определение коэффициентов хрупкости и пластичности по результатам эксперимента на одноосное сжатие.
12	Экспериментальное определение твердости горных пород инденторным методом по Шрейнеру.
13	Экспериментальное определение фильтрационных свойств горных пород.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Барях А. А., Асанов В. А., Паньков И. Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения : учебное пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 198 с.	34

2	Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Недра, 1978. 390 с.	9
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Каркашадзе Г.Г. Задачник по разрушению горных пород : учебное пособие для вузов. М. : Изд-во МГГУ, 2008. 165 с.	3
2	Каркашадзе Г.Г. Механическое разрушение горных пород : учебное пособие для вузов. М. : Изд-во МГГУ, 2004. 222 с.	4
3	Латышев О. Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании : учебное пособие для вузов. Екатеринбург : Изд-во УГТГА, 2004. 200 с.	2
4	Новик Г.Я., Зильбершмидт М.Г. Управление свойствами пород в процессах горного производства. М. : Недра, 1994. 224 с.	1
5	Ставрогин А. Н., Тарасов Б. Г. Экспериментальная физика и механика горных пород. СПб : Наука, 2001. 343 с.	6
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Горный журнал : научно-технический и производственный журнал. Москва : Руда и металлы, 1825 - .	
2	Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. Москва : Мир горн. кн. : Изд-во МГГУ : Горн. кн., 1992 - .	
3	Известия высших учебных заведений. Горный журнал. Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 1958 - .	
4	Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых : научный журнал. Новосибирск : Ин-т горн. дел СО РАН, 1965 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	База знаний горняка	<a href="https://basemine.ru">https://basemine.ru</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Каркашадзе Г.Г. Механическое разрушение горных пород : учебное пособие для вузов. М. : Изд-во МГГУ, 2004. 222 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lan3284">https://elib.pstu.ru/Record/lan3284</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Барях А. А., Асанов В. А., Паньков И. Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения : учебное пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160886">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160886</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород : учебник. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Недра, 1984. 359 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6747">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6747</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	<a href="https://dvs.rsl.ru/">https://dvs.rsl.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Акустический прибор для измерения скорости продольных волн	1
Лабораторная работа	Прибор для измерения пористости	1
Лабораторная работа	Прибор для измерения электросопротивления	1
Лабораторная работа	Универсальная электромеханическая испытательная машина	1
Лабораторная работа	Электронные весы	1
Лекция	Интерактивная доска	1
Лекция	Персональный компьютер (ноут бук)	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Интерактивная доска	1
Практическое занятие	Компьютер (ноутбук)	1
Практическое занятие	Проектор	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Физика горных пород»**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства
<b>Направленность образовательной программы:</b>	Физические процессы горного или нефтегазового производства
<b>Квалификация выпускника:</b>	Горный инженер (специалист)
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Разработка месторождений полезных ископаемых
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс: 3** **Семестр: 6**

**Трудоёмкость:**

Кредитов по базовому учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по базовому учебному плану: 144 ч.

**Виды промежуточной аттестации:**

Экзамен: 6 семестр

**Курс: 4** **Семестр: 7**

**Трудоёмкость:**

Кредитов по базовому учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по базовому учебному плану: 108 ч.

**Виды промежуточной аттестации:**

Зачет: 7 семестр

**Курс: 4** **Семестр: 8**

**Трудоёмкость:**

Кредитов по базовому учебному плану: 2,5 ЗЕ

Часов по базовому учебному плану: 90 ч.

**Виды промежуточной аттестации:**

Зачет: 8 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение трех семестров (6-го, 7-го и 8-го семестров учебного плана) и разбито на 9 учебных модулей. В учебных модулях предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, лабораторные работы а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении заданий практических и лабораторных работ. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий	Рубежный			Итоговый
	ТО	КР	ОЛР	ОПЗ	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>					
3.1. знает методы геостатистического анализа	ТО1	КР1			ТВ
3.2. знает методы изучения состава и строения пород	ТО1, ТО2	КР1			ТВ
3.3. знает свойства и классификации горных пород	ТО1, ТО2	КР1			ТВ
3.4. знает параметры состояния породных массивов	ТО1, ТО2	КР1			ТВ
3.5. знает механические, реологические и акустические свойства горных пород	ТО3 – ТО6	КР2, КР3			ТВ
3.6. знает влияние физических полей на свойства горных пород и породных массивов	ТО7, ТО8	КР4			ТВ
3.7. знает физические явления и процессы в породных массивах	ТО9, ТО10	КР5			ТВ
3.8. знает физические процессы контроля состояния массива горных пород и технологических параметров при ведении горных работ	ТО11, ТО12	КР6			ТВ
3.9. знает сущность и особенность процессов	ТО13-ТО14	КР7			ТВ

разрушения горных пород при добыче полезных ископаемых					
<b>3.10.</b> знает критерии прочности горных пород	ТО14	КР7			ТВ
<b>3.11.</b> знает физическую сущность процессов разрушения горных пород	ТО15-ТО16	КР8			ТВ
<b>3.12.</b> знает сущность и особенность процессов разрушения горных пород при добыче, выемке и обогащении полезных ископаемых применительно к различным геотехнологиям	ТО17-ТО18	КР9			ТВ
<b>3.13.</b> знает основные методы определения свойств горных пород и породных массивов в лабораторных и натуральных условиях	ТО1-ТО18	КР1-КР9			ТВ
<b>3.14.</b> знает закономерности изменения свойств горных пород и породных массивов под воздействием физических полей	ТО1-ТО18	КР1-КР9			ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1</b> умеет оценивать влияние свойств горных пород и состояния породного массива при обосновании решений по рациональному и комплексному освоению месторождений полезных ископаемых.				ОП31-ОП39	ПЗ
<b>У.2.</b> умеет использовать знания методологии исследований физико-механических свойств при испытаниях горных пород и строительных материалов.				ОП31-ОП9	ПЗ
<b>У.3.</b> умеет определять прочностные, деформационные, энергоемкостные показатели и показатели трудности разрушения горных пород				ОП310-ОП312	ПЗ
<b>У.4.</b> умеет определять условия неконтролируемого разрушения горных пород при мягком режиме нагружения				ОП313	ПЗ
<b>У.5.</b> умеет определять влияние режимов нагружения на параметры деформирования горных пород				ОП314, ОП315	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>					

<b>В.1</b> владеет навыками определения прочностных, деформационных, электрических, горно-технологических, реологических, термомеханических свойств горных пород и породных массивов				ОЛР1- ОЛР13		ПЗ
<b>В.2</b> владеет основными современными методиками определения свойств горных пород и породных массивов в лабораторных условиях и обработки полученных экспериментальных данных				ОЛР1- ОЛР13		ПЗ

*ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; ОПЗ – отчет по практической работе; КР – рубежная контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме (ТО1-ТО18). Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ (ОЛР), защиты практических заданий (ОПЗ) и рубежных контрольных работ (КР) (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 13 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД. Каждый студент на основе предложенной методики проводит измерение физических показателей. В результате выполнения лабораторных работ, самостоятельного анализа и обобщения полученных результатов студент определяет свойства горных пород.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Защита практических заданий**

Всего запланировано 15 практических работы. Типовые темы практических работ приведены в РПД. В результате выполнения типовых работ практических занятий и самостоятельного анализа и обобщения полученных результатов студент определяет свойства горных пород.

Защита практического задания проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.3. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 9 рубежных контрольных работы (КР1- КР9) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

*Типовые вопросы первой рубежной контрольной работы К1 по модулю 1 «Основные понятия и определения физики горных пород»:*

1. Дайте определение минералу?
2. Что такое горные породы?
3. Приведите классификацию горных пород
4. Какие методы определения структурно-текстурных особенностей строения горных пород существуют?

*Типовые вопросы второй рубежной контрольной работы К2 по модулю 2 «Механические свойства горных пород»:*

1. Опишите порядок определения напряжений на наклонной площадке методом Мора.
2. Опишите порядок определения параметров диаграммы деформирования.
3. Сформулируйте теории прочности и укажите области их применения.

*Типовые вопросы третьей рубежной контрольной работы К3 по модулю 3 «Реологические и акустические горных пород»:*

1. Опишите вывод волнового уравнения.
2. Опишите отличия продольных и поперечных волн.
3. Опишите вывод уравнения теплопроводности.
4. Как произвести расчет термических напряжений в горной породе?
5. Укажите особые случаи поляризации пород и минералов.

*Типовые вопросы четвертой рубежной контрольной работы К4 по модулю 4 «Влияние физических полей на свойства горных пород и породных массивов»:*

1. Теплоемкость и теплопроводность горных пород
2. Влияние минерального состава и пористости на теплофизические свойства горных пород.
3. Влияние частоты электрического поля на поляризуемость и значение диэлектрической проницаемости.

*Типовые вопросы пятой рубежной контрольной работы К5 по модулю 5 «Физические явления и процессы в породных массивах»:*

1. Дайте определение крепости горных пород, опишите метод определения.

2. Дайте определение твёрдости горных пород, опишите метод определения.
3. Опишите процесс осушения массивов.

*Типовые вопросы шестой рубежной контрольной работы К6 по модулю 6 «Физические процессы контроля состояния массива горных пород и технологических параметров при ведении горных работ»:*

1. Контроль напряженного состояния массивов и выработок.
2. Контроль устойчивости выработок.
3. Прогноз опасных динамических явлений в массивах горных пород.
4. Определение и контроль состава полезных ископаемых.
5. Контроль влажности.

*Типовые вопросы седьмой рубежной контрольной работы К7 по модулю 7 «Основные понятия и определения разрушения горных пород. Критерии прочности»:*

1. Опишите связь петрографических и прочностных характеристик горных пород.
2. Какие основные принципы построения критериев прочности и пластичности Вы знаете.
3. Какие критерии прочности Вы знаете?
4. Критерий прочности Мора.

*Типовые вопросы восьмой рубежной контрольной работы К8 по модулю 8 «Физическая сущность процессов разрушения горных пород»:*

1. В чем заключается суть кинетическая теория прочности?
2. Что такое критерий механики рассеянных повреждений.
3. Что такое критерий Ирвина?

*Типовые вопросы девятой рубежной контрольной работы К9 по модулю 9 «Сущность и особенность процессов разрушения горных пород при добыче, выемке и обогащении полезных ископаемых применительно к различным геотехнологиям»:*

1. Показатель трудности разрушения горных пород.
2. Опишите процесс вторичного механического отделения пород от массива.
3. Какие термические способы разрушения горных пород Вы знаете?
4. Какие электромагнитные способы разрушения горных пород Вы знаете?

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной (промежуточной) контрольной работы приведены в общей части ФОС программы специалитета.

### **2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль) в 6-ом семестре**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, в 6-ом семестре проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.4.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

**Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Предмет физики горных пород. Связь курса с общеинженерными и специальными дисциплинами горного профиля.
2. Краткий исторический очерк развития физики горных пород. Разделы физики горных пород.
3. Научные и практические задачи, решаемые физикой горных пород.
4. Минералы и горные породы.
5. Структура и текстура горных пород.
6. Пористость горных пород.
7. Плотность горных пород.
8. Трещиноватость горных пород.
9. Содержание воды в породах.
10. Статистическая обработка определяемых характеристик горных пород.
11. Напряжения в горных породах. Тензор напряжений.
12. Нормальные и сдвиговые деформации в горных породах. Тензор деформации.
13. Понятие о диаграмме деформирования. Характеристики диаграммы деформирования.
14. Упругие свойства горных пород. Обобщенный закон Гука.
15. Влияние слоистости пород на модуль упругости.
16. Прочность горных пород, основные понятия.
17. Теоретическая прочность идеального кристалла (формула Орована).
18. Влияние дефектов на прочность твердых тел, теория Гриффитса.
19. Классические критерии прочности и пластичности.
20. Теория прочности Кулона-Мора.
21. Реологические свойства горных пород. Ползучесть, релаксация, предел длительной прочности.
22. Упругий, вязкий и пластический элементы. Структурные реологические модели.
23. Упруго-вязкая модель Максвелла.
24. Распространение упругих колебаний в горных породах. Волновое уравнение (одномерная запись).
25. Типы акустических волн. Скорости распространения акустических волн.
26. Затухание акустических волн. Коэффициенты затухания.
27. Отраженные, проходящие и обменные волны. Закон Снеллиуса.

**Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений и владений:**

1. Опишите процесс определения деформаций в горных породах при одноосном сжатии.
2. Опишите процесс определения упругих характеристик горных пород.
3. Определить скорости прохождения упругой волны в образце скальной породы.
4. Найти распределение модуля деформации по длине цилиндрического образца, изготовленного из соляной крошки методом прессования в жесткой матрице имеющей форму толстостенной трубы, если для определения деформационных характеристик проводился эксперимент на одноосное сжатие цилиндрического образца с измерением перемещений видеокстензометром пяти равноотстоящих друг от друга и торцов образца линий, нанесенных на боковой поверхности образца от их первоначального положения.
5. При сжатии прессом в режиме одноосного сжатия кубического образца горной породы, подчиняющейся упруго-линейному закону Гука, усилием линейный размеры образца изменяются. После этого производилась разгрузка образца и его повторное нагружение в сдвиговом приборе. Найти деформацию сдвига и касательное напряжение, действующее на грань образца, если известно смещение верхней кромки образца относительно нижней.

**2.4.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.5. Промежуточная аттестация (итоговый контроль) в 7-ом и 8-ом семестрах**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических и лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### **2.5.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета (7-ой и 8-ой семестры). Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.5.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

##### **2.5.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

###### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Теплообмен. Виды теплообмена (теплопроводность, конвективный теплообмен, лучистый теплообмен).
2. Уравнение теплопроводности. Коэффициенты теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности.
3. Тепловое расширение пород. Термические напряжения в горных породах.
4. Поляризация пород. Особые случаи поляризации минералов и пород.
5. Электропроводность пород. Ионная и электронная проводимость.
6. Магнитные свойства пород. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.
7. Рентгеновское излучение. Радиоактивность пород. Излучение  $\alpha$  и  $\beta$ -лучей,  $\gamma$ -лучей.
8. Скальные и полускальные породы. Классификация скальных и полускальных пород по степени трещиноватости.
9. Разрушенные и раздробленные породы. Виды разрушенных и раздробленных пород.
10. Характеристики разрыхленных пород. Воздействие воды на дисперсные породы.
11. Твердость, абразивность и дробимость пород.
12. Крепость пород. Буримость пород. Сопrotивляемость пород взрыву.
13. Механическое разрушение.
14. Немеханические и комбинированные способы разрушения горных пород.
15. Термические способы бурения горных пород.
16. Электромагнитные способы разрушения горных пород.
17. Комбинированные электротермохимические способы разрушения пород.
18. Классификация типов и режимов разрушения твердых тел.
19. Особенности деформирования горных пород.
20. Теоретическая прочность идеального кристалла.
21. Основные принципы построения критериев прочности и пластичности.
22. Критерий наибольших нормальных напряжений.

23. Критерий наибольших линейных деформаций.
24. Критерий наибольших касательных напряжений.
25. Критерий максимальной удельной энергии формоизменения.
26. Критерий прочности Мора.
27. Кинетическая теория прочности.
28. Критерий Журкова.
29. Критерий механики рассеянных повреждений Качанова.
30. Критерий Ирвина.
31. Модель хрупкой трещины с зоной ослабленных связей в вершине трещины.
32. Механизм вязкого разрушения.
33. Взрывание горных пород, взрываемость.
34. Выемка, механическое отделение пород от массива, эскавируемость.
35. Процессы вторичного механического дробления пород в забое.
36. Процессы дробления и измельчения полезного ископаемого в дробилках и мельницах.
37. Процессы перемещения горных пород.
38. Термические способы разрушения негабарита.
39. Комбинированное термомеханическое бурение пород.
40. Комбинированные электротермохимические способы разрушения пород.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Найти аналитическую зависимость изменения напряжения и деформации от времени для образца горной породы сжимаемого на электромеханическом прессе. Горная порода представляет собой геосреду максвелловского типа, состоящая из вязкого элемента и трехзвенной кусочно-линейной аппроксимации диаграммы деформирования. При этом, известна жесткость прессы и скорость перемещения нажимных плит.

2. Найти степень нагружения образца запредельного деформирования образца заданной высоты, диаметра, прочности, разрушающей деформацией, сжимаемом на мягком гидравлическом прессе заданной жесткости, при котором начнется его неконтролируемое разрушения, если уравнение диаграммы деформирования образца имеет заданный вид.

3. Из керна горной породы изготовлены стандартный образец для проведения испытаний на одноосное сжатие и плоская шайба заданной толщины для проведения испытаний одноосное растяжение методом раскалывания. При сжатии на прессе цилиндр разрушается усилием. Раскалывание шайбы соосными клиньями происходит при некотором усилии. По результатам испытаний строятся круги Мора. Вывести уравнение параболической огибающей к кругам Мора и определить ее параметры, если вершина параболы имеет координаты предела прочности на растяжение, при этом сама огибающая имеет одну точку соприкосновения с кругом Мора, построенным по результатам испытаний на одноосное сжатие.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Провести анализ результатов эксперимента по определению упругих характеристик горных пород.

2. Оценивать влияние свойств горных пород и состояния породного массива при обосновании решений по рациональному и комплексному освоению месторождений полезных ископаемых.

#### **2.5.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций в 6-ом семестре**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций в 6-ом семестре**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.3. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций в 7-ом и 8-ом семестрах**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.