



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГДиТ
И.А. Пыталев

07.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕОРИЯ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль/специализация) программы
Подземная разработка рудных месторождений

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Разработки месторождений полезных ископаемых
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 г. № 987)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых

04.02.2025, протокол № 4

Зав. кафедрой _____ С.Е. Гавришев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ

07.02.2025 г. протокол № 4

Председатель _____ И.А. Пыталев

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры РМПИ, канд. техн. наук _____ П.С. Симонов

Рецензент:

заведующий лабораторией обогащения ООО «УралГеоПроект» , канд. техн. наук

В.Ш. Галямов

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.Е. Гавришев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.Е. Гавришев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.Е. Гавришев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.Е. Гавришев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.Е. Гавришев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2031 - 2032 учебном году на заседании кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.Е. Гавришев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Теория разрушения горных пород» являются: подготовка специалиста, обладающего системой знаний в области разрушения горных пород; развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело.

Задачи дисциплины – усвоение студентами:

- методов разрушения горных пород и связанных с этим процессом общих физических, химических и других закономерностей разрушения;
- принципов выбора рациональных способов разрушения горных пород в зависимости от их физико-механических свойств;
- технических и технологических средств разрушения горных пород.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория разрушения горных пород входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Геология

Физика

Химия

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Технология и безопасность взрывных работ

Процессы подземной разработки рудных месторождений

Проектирование рудников

Строительство и реконструкция горных предприятий

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория разрушения горных пород» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-10	Способен применять основные принципы технологий эксплуатационной разведки, добычи, переработки твердых полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных объектов
ОПК-10.1	Выбирает основные принципы расчета параметров технологии открытой и подземной добычи полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных объектов
ОПК-10.2	Использует основные принципы расчета параметров технологии переработки твердых полезных ископаемых

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 73,9 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 70,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Общие вопросы разрушения горных пород								
1.1 Свойства и строение горных пород, влияющие на эффективность их разрушения. Строение горных пород: микроскопическое, макроскопическое и супермакроскопическое. Понятие о породном массиве и масштабном эффекте. Влияние физико-технических свойств горных пород на эффективность их разрушения. Буримость и взрываемость горных пород.	3	2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №1.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
1.2 Внутренняя структура и прочность горных пород. Понятие о породах как о средах квазинепрерывных, квазиоднородных и квазиизотропных. Силы связи и внутренняя структура горных пород. Работа деформации горной породы. Теоретическая прочность твердых тел (физическая природа прочности). Дефекты кристаллической структуры.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №1.	ОПК-10.1, ОПК-10.2

1.3 Теории прочности. Основные технические критерии прочности твердых тел. Теория прочности Мора. Паспорт прочности горных пород. Теория хрупкого разрушения (теория трещин Гриффитса). Кинетическая (термофлуктуационная) теория прочности. Статическая и динамическая прочность.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №1.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
1.4 Механическое дробление и измельчение горных пород. Механизм дробления. Законы дробления тел. Энергоемкость дробления. Дробление свободным ударом. Анализ качества дробления горных пород.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №1.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
Итого по разделу		8		8	14			
2. Теория разрушения горных пород при бурении								
2.1 Классификация и общая характеристика способов бурения. Основные сведения о бурении шпуров и скважин. Бурение нефтяных и газовых скважин. Краткая история развития буровых работ. Бурение в космосе. Научное бурение сверхглубоких скважин. Производительность буровой машины. Механическая скорость бурения. Классификация способов бурения. Характер нагружения и разрушения горных пород зубьями буровых инструментов. Закономерности удаления шлама из шпуров и скважин различными способами. Технологии ведения буровых работ. Техничко-экономические параметры буровых работ.	3	2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №2.	ОПК-10.1, ОПК-10.2

2.2 Механизм разрушения породы при ударном бурении. Ударные способы бурения шпуров. Ударно-канатное бурение скважин. Механизм и закономерности разрушения породы при ударном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород при ударном бурении пневматическими перфораторами. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №2.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
2.3 Механизм разрушения породы при вращательном бурении. Вращательное бурение шпуров и скважин. Механизм и основные закономерности разрушения породы при вращательном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород при вращательном бурении. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №2.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
2.4 Механизм разрушения породы при ударно-вращательном бурении. Разрушение горных пород при ударно-вращательном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород при ударно-вращательном бурении погружными пневмоударниками. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №2.	ОПК-10.1, ОПК-10.2

2.5 Механизм разрушения породы при вращательно-ударном бурении. Механизм разрушения породы при вращательно-ударном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород при вращательно-ударном бурении. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №2.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
2.6 Механизм разрушения породы при шарошечном бурении. Шарошечное бурение скважин. Механизм разрушения пород при шарошечном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения пород при шарошечном бурении. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №2.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
Итого по разделу		12		12	21			
3. Теория разрушения горных пород при взрывании								
3.1 Процесс разрушающего действия взрыва зарядов взрывчатых веществ. Классификации зарядов: по положению; по форме; по конструкции; по характеру действия. Элементы воронки взрыва. Зоны действия взрыва. Факторы, вызывающие разрушение горных пород при взрыве.	3	2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №3.	ОПК-10.1, ОПК-10.2

3.2 Процесс разрушения пород взрывом одиночного заряда. Формирование зон мелкодисперсного дробления, радиального трещинообразования и выделение сейсмической волны. Основные параметры волны напряжения в твердых породах. Закономерности распространения волны напряжения в твердых породах. Напряжения в безграничном массиве. Напряжения у обнаженной поверхности. Напряжения в районе образования откольной и взрывной воронки. Зоны дробления взрывом трещиноватого массива. Закономерности разрушения горных пород взрывом в зоне нерегулируемого дробления.		2	2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №3.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
3.3 Процесс разрушения пород при одновременном взрывании нескольких зарядов. Напряжения при одновременном взрывании зарядов. Особенности разрушения горных пород при одновременном взрывании нескольких удлинённых зарядов. Явление формирования одной генеральной трещины по плоскости расположения зарядов, параметры волны напряжений при добыче блочного камня и контурном взрывании.		2	2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №3.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
3.4 Процесс разрушения пород при короткозамедленном взрывании зарядов (КЗВ). Сущность КЗВ; факторы, определяющие эффективность КЗВ: интерференция волн напряжений, образование дополнительных открытых поверхностей, соударение перемещающихся от взрыва зарядов кусков породы. Особенности разрушения горных пород при последовательном взрывании нескольких удлинённых зарядов.		2	2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №3.	ОПК-10.1, ОПК-10.2

3.5 Процесс разрушения пород взрывом наружного заряда. Действие взрыва наружного заряда. Направленное действие взрыва. Процесс разрушения пород кумулятивными зарядами.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №3.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
3.6 Общие принципы расчета разрушающего действия сосредоточенных зарядов. Процессы формирования поля напряжений при взрыве сосредоточенного заряда. Сосредоточенные заряды рыхления (дробления). Сосредоточенные заряды выброса. Процесс разрушения при отбойке камерными зарядами.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №3.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
3.7 Общие принципы расчета разрушающего действия удлиненных зарядов. Процессы формирования поля напряжений при взрыве удлиненного заряда. Процесс разрушения при отбойке скважинными зарядами.		2		2	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №3.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
Итого по разделу		14		14	24,5			
4. Физико-механические способы разрушения горных пород								

4.1 Механизм разрушения породы при термическом воздействии. Недостатки механических способов бурения. Механика термической отбойки. Объемное термическое разрушение. Объемная термическая отбойка. Поверхностное термическое разрушение. Термическое разрушение горных пород высокотемпературными газовыми и плазменными струями. Комбинированные способы разрушения при бурении. Расширение скважин. Проходка восстающих. Генераторы энергии для термического разрушения. Отбойка трещиноватых пород. Добыча руды. Поверхностная обработка камня. Объемное разрушение при поверхностном нагревании массива. Влияние горного давления на отбойку. Разрушение плавлением, испарением.	3	0,5		0,5	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №4.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
4.2 Механизм разрушения породы при электроразрядной отбойке. Механизм разрушения при электрическом разряде в породе. Пробой жидкости. Пробой газа. Идеальная электрическая прочность воздуха. Лавинный механизм пробоя газа. Стримерный механизм пробоя газа. Поверхностный разряд. Пробой твердых горных пород. Тепловой пробой горных пород. Разрушение породы тепловым пробоем. Электрический пробой горных пород. Генераторы импульсов электрической энергии. Электроимпульсные технологии разрушения горных пород. Расчет импульсного разрушения.		0,5		0,5	3,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №4.	ОПК-10.1, ОПК-10.2

4.3 Другие способы разрушения горных пород. Взрывное бурение: ампульное и струйное. Бурение электромагнитным излучением. Способ гидравлического отделения породы от массива. Механизм разрушения породы при отбойке невзрывными расширяющимися средствами.		1		1	3,6	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Защита практической работы. Контрольная работа №4.	ОПК-10.1, ОПК-10.2
Итого по разделу	2			2	10,6			
Итого за семестр	36			36	70,1		зачёт	
Итого по дисциплине	36			36	70,1		зачет	

5 Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Теория разрушения горных пород» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Теория разрушения горных пород» происходит с использованием мультимедийного оборудования (проектор, интерактивная доска).

Лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия.

При проведении практических занятий используются традиционный семинар, семинар-обсуждение докладов, семинар-дискуссия.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: контрольные работы студентов, выступление на семинаре, творческие задания (написание рефератов по заранее обозначенным темам).

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Взрывное разрушение горных пород. Расчет параметров буровзрывных работ на открытых горных разработках [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Белин, М.Г. Горбонос, Р.Л. Коротков, И.Т. Ким. – Москва : МИСИС, 2019. – 97 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/116910>. – Загл. с экрана ISBN 978-5-907061-09-5.

2. Каркашадзе, Г.Г. Задачник по разрушению горных пород [Текст] / Г.Г. Каркашадзе. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2012. – 165 с. ISBN 978-5-98672-294-8.

б) Дополнительная литература:

1. Угольников, В.К. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании [Текст]: учебное пособие / В.К. Угольников, П.С. Симонов, Н.В. Угольников. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2005. – 114 с. ISBN 5-89514-643-0.

2. Латышев, О.Г. Разрушение горных пород [Текст] / О.Г. Латышев. – М.: Теплотехник, 2007. – 672 с. ISBN 5-98457-048-3.

3. Крюков, Г.М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании [Текст]: учебник для вузов / Г.М. Крюков. – М.: Горная книга, 2006. – Т.1. – 330 с.: ил. ISBN 5-98672-024-5 (в пер.).

4. Каркашадзе, Г.Г. Механическое разрушение горных пород [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов / Г.Г. Каркашадзе. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – 222 с.: ил. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/3284>. – Заглавие с экрана. ISBN 5-7418-0301-6 (в пер.).

5. Крюков, Г.М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании. Ч.II. Разрушение горных пород при бурении. Раздел 1. Внедрение зубьев в разрушаемую породу. Ударно-вращательный способ бурения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.М. Крюков. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2007. – 106 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/3285>. – Заглавие с экрана. ISBN 5-7418-0313-X.

6. Кутузов, Б.Н. Методы ведения взрывных работ. – Ч.2. Взрывные работы в горном деле и промышленности [Электронный ресурс]: учеб. для вузов / Б.Н. Кутузов – М.: Издательство «Горная книга», «Мир горной книги», Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 512 с.: ил. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/1518>. – Заглавие с экрана ISBN 978-5-98672-197-2 (в пер).

7. Комащенко, В.И. Взрывные работы [Текст]: учеб. для вузов / В.И. Комащенко, В.Ф. Носков, Т.Т. Исмаилов – М.: Высшая школа, 2007. – 439 с.: ил. ISBN 978-5-06-004821-6.

8. Дмитриев, А.П. Разрушение горных пород: Научные школы Московского горного [Текст] / А.П. Дмитриев. – М.: МГГУ, 2012. – 80 с. ISBN 5-7418-0319-9.

9. Кутузов, Б.Н. Методы ведения взрывных работ. – Ч.1. Разрушение горных пород взрывом. [Текст]: учеб. для вузов / Б.Н. Кутузов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательство «Горная книга», «Мир горной книги», Издательство Московского государственного горного университета, 2009. – 471 с.: ил. ISBN 978-5-98672-145-3 (в пер.), 978-5-7418-0590-9.

10. Кутузов, Б.Н. Методы ведения взрывных работ. – Ч.2. Взрывные работы в горном деле и промышленности [Текст]: учеб. для вузов / Б.Н. Кутузов – М.: Издательство «Горная книга», «Мир горной книги», Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 512 с.: ил. ISBN 978-5-98672-070-8, 978-5-91003-023-1, 978-5-7418-0488-9.

11. Протасов, Ю.И. Разрушение горных пород [Текст] / Ю.И. Протасов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2009. – 453 с. ISBN 978-5-98672-150-7, 978-5-7418-0596-1.

12. Гончаров, С.А. Термическое расширение взрывных скважин на карьерах [Текст] / С.А. Гончаров. – М.: МГГУ, 2002. – 89 с. ISBN 5-7418-0196-X.

в) Методические указания:

1. Угольников, В.К. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании [Текст]: лабораторный практикум / В.К. Угольников, П.С. Симонов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2005. – 38 с.

2. Угольников, В.К. Определение взрываемости горных пород [Текст]: методические указания к лабораторной работе / В.К. Угольников, П.С. Симонов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 10 с.

3. Симонов, П.С. Разрушение горных пород при ударе [Текст]: методические указания к лабораторной работе / П.С. Симонов, В.К. Угольников. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 15 с.

4. Симонов, П.С. Определение показателя простреливаемости горных пород. [Текст]: методические указания к лабораторной работе / П.С. Симонов, В.К. Угольников. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – 10 с.

5. Симонов, П.С. Влияние числа открытых поверхностей на эффективность действия взрыва [Текст]: методические указания к лабораторной работе / П.С. Симонов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 12 с.

6. Симонов, П.С. Изучение действия зарядов выброса [Текст]: методические указания к лабораторной работе / П.С. Симонов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 15 с.

7. Симонов, П.С. Взрывание трещиноватых и нарушенных массивов горных пород [Текст]: методические указания к лабораторной работе / П.С. Симонов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – 20 с.

8. Маляров, И.П. Изучение классификаций горных пород [Текст]: методические указания к лабораторной работе / И.П. Маляров, В.К. Угольников, П.С. Симонов. – Магнитогорск: МГТУ, 1998. – 21 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно	бессрочно
MathCAD v.15 Education	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
Autodesk AutoCad 2011	К-526-11 от 22.11.2011	бессрочно
АСКОН Компас 3D	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система –	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google)	URL: https://scholar.google.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение	URL: http://www1.fips.ru/
Российская Государственная	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им.	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Федеральный образовательный портал –	http://ecsocman.hse.ru/
Международная база полнотекстовых	http://link.springer.com/
Международная реферативная и полнотекстовая	https://www.nature.com/siteindex
Архив научных журналов «Национальный электронно-информацион	https://arch.neicon.ru/xmlui/
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы.	https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-tzi?ysclid=lujknksfy724757053
Информационная система - Банк данных угроз	https://bdu.fstec.ru/?ysclid=lujkqy7cnw630508962

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:
 - Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации/
2. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:
 - Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
 - Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся: компьютерные классы; читальные залы библиотеки:
 - Персональные компьютеры с пакетом MS Office, Mathcad, Autodesk Autocad, Компас, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:
 - Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов в ходе аудиторных занятий осуществляется под контролем преподавателя в виде экспресс-опроса, обсуждения докладов и дискуссий.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала и подготовки к защите практических и лабораторных работ.

Перечень тем для подготовки к практическим занятиям

На практических (семинарских) занятиях студенты должны быть готовы делать короткие сообщения по теме семинара и участвовать в обсуждениях, решают задачи, предложенные преподавателем, и представляют результаты расчетов на проверку.

План практических занятий и список необходимой литературы выдается студентам заранее – на первом занятии.

Практическая работа (семинар) №1. Свойства и строение горных пород, влияющие на эффективность их разрушения.

План:

Строение горных пород: микроскопическое, макроскопическое и супермакроскопическое. Понятие о породном массиве и масштабном эффекте. Влияние физико-технических свойств горных пород на эффективность их разрушения. Буримость и взрываемость горных пород.

Практическая работа (семинар) №2. Внутренняя структура и прочность горных пород.

План:

Понятие о породах как о средах квазинепрерывных, квазиоднородных и квазиизотропных. Силы связи и внутренняя структура горных пород. Работа деформации горной породы. Теоретическая прочность твердых тел (физическая природа прочности). Дефекты кристаллической структуры.

Практическая работа (семинар) №3. Теории прочности.

План:

Основные технические критерии прочности твердых тел. Теория прочности Мора. Паспорт прочности горных пород. Теория хрупкого разрушения (теория трещин Гриффитса). Кинетическая (термофлуктуационная) теория прочности. Статическая и динамическая прочность.

Практическая работа (семинар) №4. Механическое дробление и измельчение горных пород.

План:

Механизм дробления. Законы дробления тел. Энергоемкость дробления. Дробление свободным ударом. Анализ качества дробления горных пород.

Практическая работа (семинар) №5. Классификация и общая характеристика способов бурения.

План:

Основные сведения о бурении шпуров и скважин. Бурение нефтяных и газовых скважин. Краткая история развития буровых работ. Бурение в космосе. Научное бурение сверхглубоких скважин. Производительность буровой машины. Механическая скорость бурения. Классификация способов бурения. Характер нагружения и разрушения горных пород зубьями буровых инструментов. Закономерности удаления шлама из шпуров и скважин различными способами. Технологии ведения буровых работ. Техничко-экономические параметры буровых работ.

Практическая работа (семинар) №6. Механизм разрушения породы при ударном бурении.

План:

Ударные способы бурения шпуров. Ударно-канатное бурение скважин. Механизм и закономерности разрушения породы при ударном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород при ударном бурении пневматическими перфораторами. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.

Практическая работа (семинар) №7. Механизм разрушения породы при вращательном бурении.

План:

Вращательное бурение шпуров и скважин. Механизм и основные закономерности разрушения породы при вращательном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород при вращательном бурении. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.

Практическая работа (семинар) №8. Механизм разрушения породы при ударно-вращательном бурении.

План:

Разрушение горных пород при ударно-вращательном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород при ударно-вращательном бурении погружными пневмоударниками. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.

Практическая работа (семинар) №9. Механизм разрушения породы при вращательно-ударном бурении.

План:

Механизм разрушения породы при вращательно-ударном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород при вращательно-ударном бурении. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.

Практическая работа (семинар) №10. Механизм разрушения породы при шарошечном бурении.

План:

Шарошечное бурение скважин. Механизм разрушения пород при шарошечном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения пород при шарошечном бурении. Оптимальные режимы бурения. Зависимость скорости бурения от свойств пород, режимных параметров и геометрических параметров оборудования.

Практическая работа (семинар) №11. Процесс разрушающего действия взрыва зарядов взрывчатых веществ.

План:

Классификации зарядов: по положению; по форме; по конструкции; по характеру действия. Элементы воронки взрыва. Зоны действия взрыва. Факторы, вызывающие разрушение горных пород при взрыве.

Практическая работа (семинар) №12. Процесс разрушения пород взрывом одиночного заряда.

План:

Формирование зон мелкодисперсного дробления, радиального трещинообразования и выделение сейсмической волны. Основные параметры волны напряжения в твердых породах. Закономерности распространения волны напряжения в твердых породах. Напряжения в безграничном массиве. Напряжения у обнаженной поверхности. Напряжения в районе образования откольной и взрывной воронки. Зоны дробления взрывом трещиноватого массива. Закономерности разрушения горных пород взрывом в зоне нерегулируемого дробления.

Практическая работа (семинар) №13. Процесс разрушения пород при одновременном взрывании нескольких зарядов.

План:

Напряжения при одновременном взрывании зарядов. Особенности разрушения горных пород при одновременном взрывании нескольких удлиненных зарядов. Явление формирования одной генеральной трещины по плоскости расположения зарядов, параметры волны напряжений при добыче блочного камня и контурном взрывании.

Практическая работа (семинар) №14. Процесс разрушения пород при короткозамедленном взрывании зарядов (КЗВ).

План:

Сущность КЗВ; факторы, определяющие эффективность КЗВ: интерференция волн напряжений, образование дополнительных открытых поверхностей, соударение перемещающихся от взрыва зарядов кусков породы. Особенности разрушения горных пород при последовательном взрывании нескольких удлиненных зарядов.

Практическая работа (семинар) №15. Процесс разрушения пород взрывом наружного заряда.

План:

Действие взрыва наружного заряда. Направленное действие взрыва. Процесс разрушения пород кумулятивными зарядами.

Практическая работа (семинар) №16. Общие принципы расчета разрушающего действия сосредоточенных зарядов.

План:

Процессы формирования поля напряжений при взрыве сосредоточенного заряда. Сосредоточенные заряды рыхления (дробления). Сосредоточенные заряды выброса. Процесс разрушения при отбойке камерными зарядами.

Практическая работа (семинар) №17. Общие принципы расчета разрушающего действия удлиненных зарядов.

План:

Процессы формирования поля напряжений при взрыве удлиненного заряда. Процесс разрушения при отбойке скважинными зарядами.

Практическая работа (семинар) №18. Механизм разрушения породы при термическом воздействии.

План:

Недостатки механических способов бурения. Механика термической отбойки. Объемное термическое разрушение. Объемная термическая отбойка. Поверхностное термическое разрушение. Термическое разрушение горных пород высокотемпературными газовыми и плазменными струями. Комбинированные способы разрушения при бурении. Расширение скважин. Проходка восстающих. Генераторы энергии для термического разрушения. Отбойка трещиноватых пород. Добыча руды. Поверхностная обработка камня. Объемное разрушение при поверхностном нагревании массива. Влияние горного давления на отбойку. Разрушение плавлением, испарением

Приложение 2

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
Код и содержание компетенции ОПК-10: Способен применять основные принципы технологий эксплуатационной разведки, добычи, переработки твердых полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных объектов		
ОПК-1 0.1	Выбирает основные принципы расчета параметров технологии открытой и подземной добычи полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных объектов	Тест для подготовки к контрольной работе №1 <i>Задание с выбором ответа:</i> 1. Искусственное цилиндрическое углубление в горной породе диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м является: А). Шпуром. Б). Скважиной. В). Камерой. Г). Ни А, ни Б, ни В. Д). А и Б. 2. Что является основной причиной масштабного эффекта?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		А). Трещиноватость. Б). Пористость. В). Анизотропия. Г). Химический состав. Д). Б и Г. 3. Под влиянием масштабного эффекта скорость поперечных волн ... А). уменьшается. Б). увеличивается. В). не изменяется. Г). сначала увеличивается, а затем не изменяется. 4. Какое из приведенных свойств характеризует способность породы сопротивляться разрушению под действием внешних воздействий? А). Крепость. Б). Взрываемость. В). Буримость. Г). Твердость. Д). Абразивность. 5. Какое из приведенных свойств является горно-технологическим? А). Крепость. Б). Взрываемость. В). Буримость.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		Г). А, Б и В. 6. Каким показателем оценивается трещиноватость породного массива? А). Частотой трещин. Б). Шириной трещин. В). Длиной трещин. Г). Материалом заполнения трещин. Д). Б и В. 7. Какие свойства массива необходимо учитывать при выборе типа применяемого взрывчатого вещества? А). Устойчивость. Б). Водоносность. В). Твердость. Г). Абразивность. Д). А и Г. 8. С увеличением плотности пород затраты энергии идущие на дробление А). снижаются. Б). возрастают. В). не изменяются. Г). сначала возрастают, а затем снижаются. Д). сначала снижаются, а затем не изменяются. 9. Наиболее трудно поддаются разрушению породы

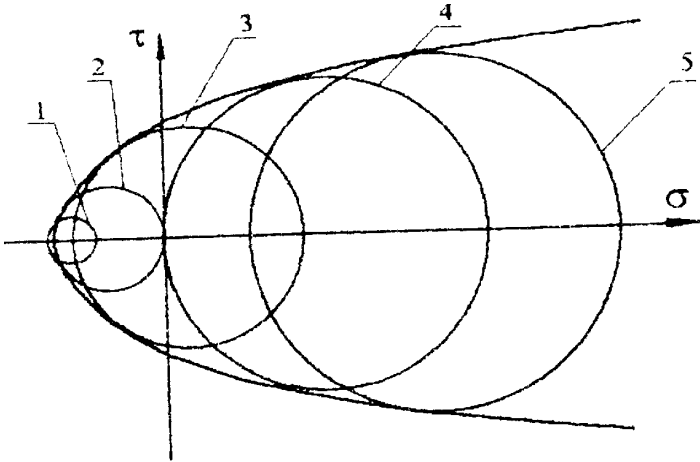
Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		имеющие ... А). Высокую прочность. Б). Большую зону пластической деформаций. В). А и Б. Г) Ни А, ни Б. 10. Все горные породы по степени трещиноватости массива условно разделены на ... А). пять категорий. Б). десять категорий. В). шестнадцать категорий. Г). двадцать категорий. 11. Какая кристаллическая решетка у хлорида натрия? А). Атомная. Б). Молекулярная. В). Металлическая. Г). Ионная. 12. Вакансии относятся к ... А). точечным дефектам. Б). дислокациям. В). поверхностным дефектам. Г). объемным дефектам. 13. Какое напряжение будет в кубическом блоке

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		горной породы, если сторона куба 2 м и действующая сила 40 МН? А). 10 МПа. Б). 20 МПа. В). 80 МПа. Г). 160 МПа. Д). 320 МПа. 14. Вычислить величину нормального напряжения, если общий вектор напряжений в 10 МПа направлен под углом 30° к горизонтальной плоскости. А). 5 МПа. Б). ≈ 8,66 МПа. В). 10 МПа. Г). 20 МПа. 15. Под действием горного давления поддерживающий кровлю выработки целик испытал относительную продольную деформацию 0,004. На сколько миллиметров опустилась кровля выработки если высота целика 2 м.? А). 1 мм. Б). 2 мм. В). 4 мм. Г). 8 мм. Д). 16 мм. 16. Определить коэффициент Пуассона, если при

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		упругом деформировании горной породы ее поперечная деформация в 4 раза меньше продольной и образец имеет форму куба. А). 0,125. Б). 0,25. В). 0,5. Г). 1. Д). 4. 17. Горная порода с модулем упругости 5000 МПа хрупко разрушилась при напряжении 200 МПа. Чему равна удельная работа разрушения данной породы. А). 1 МДж. Б). 4 МДж. В). 8 МДж. Г). 10 МДж. Д). 25 МДж 18. Оцените величину теоретической прочности горной породы, если ее модуль упругости составляет 5000 МПа. А). 5 МПа. Б). 50 МПа. В). 500 МПа. Г). 1000 МПа. Д). 25000 МПа 19. Под действием внешней механической нагрузки

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		концентрация точечных дефектов ... А). уменьшается. Б). увеличивается. В). не изменяется. Г). сначала увеличивается, а затем не изменяется. 20. При увеличении температуры количество дислокаций ... А). уменьшается. Б). увеличивается. В). не изменяется. Г). сначала увеличивается, а затем не изменяется. 21. Какой критерий дает удовлетворительные результаты при разрушении хрупких материалов в условиях одноосного напряженного состояния? А). Критерий наибольших нормальных напряжений. Б). Критерий наибольших удлинений. В). Критерий наибольших касательных напряжений. Г). Энергетический критерий. Д). Критерий Мора. 22. Какая теория прочности получила наибольшее распространение для практических расчетов в горной практике? А). Теория прочности Мора. Б). Теория Гриффитса.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		В). Кинетическая теория. Г). Энергетическая теория. 23. Какая теория прочности точно описывает процесс разрушения хрупких аморфных тел, например стекла? А). Теория прочности Мора. Б). Теория Гриффитса. В). Кинетическая теория. Г). Энергетическая теория. 24. Какая теория прочности учитывает фактор времени? А). Теория прочности Мора. Б). Теория Гриффитса. В). Кинетическая теория. Г). Энергетическая теория. 25. При увеличении скорости нагружения предел прочности тела А). уменьшается. Б). увеличивается. В). не изменяется. Г). сначала уменьшается, а затем не изменяется. 26. Какую предельную нагрузку может выдержать целик сечением 2х2 м, если предел прочности при сжатии горной породы 100 МПа?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		А). 10 МН. Б). 20 МН. В). 50 МН. Г). 200 МН. Д). 400 МН. 27. Сцепление горной породы составляет C МПа, угол внутреннего трения α. Определить предел прочности породы при одноосном растяжении, если огибающая кругов напряжений принята в виде прямой. А). $C \cdot \sin \alpha$. Б). $C \cdot \operatorname{tg} \alpha$. В). $\frac{C}{\sin \alpha}$. Г). $\frac{C}{\operatorname{tg} \alpha}$ Д). Ни А, ни Б, ни В, ни Г. 28. По концепции Гриффитса трещины длиной меньше критической для данного напряжения А). растут с постоянной скоростью 1 мм/сек. Б). растут со скоростью звука. В). растут с нарастающей скоростью. Г). растут с затухающей скоростью. Д). расти не могут.  29. Всестороннее неравномерное сжатие характеризует ... (см. рисунок).

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		А). круг 1. Б). круг 2. В). круг 3. Г). круг 4. Д). круг 5. 30. Объемное растяжение характеризует ... (см. рисунок). А). круг 1. Б). круг 2. В). круг 3. Г). круг 4. Д). круг 5 Вопросы для подготовки к контрольной работе №2 1. Дать краткую характеристику вращательного способа бурения взрывных шпуров и скважин и область его применения. 2. Дать краткую характеристику вращательно-ударного способа бурения взрывных шпуров и область его применения. 3. Дать краткую характеристику ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин и области его применения при разных схемах нагружения буровых инструментов. 4. Дать краткую характеристику шарошечного способа бурения взрывных скважин и области его применения. 5. Дать краткую характеристику огневого способа бурения. 6. Дать краткую характеристику взрывного бурения. 7. Как происходит разрушение хрупких пород резцами? 8. Почему после скола кусков породы резцами сила сопротивления пород не равна нулю? 9. Какова общая форма резцов в продольном сечении на коронках для вращательного бурения? 10. Что такое «рассечка» и для чего она применяется на

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		коронках для вращательного бурения? 11. На какой части цикла происходит основной процесс разрушения породы резцами при вращательном бурении? 12. Что такое винтовая линия для резца при вращательном бурении и как определяется ее угол наклона к горизонту? 13. Какой характер имеет зависимость вертикальной силы сопротивления породы вдавливанию в нее резца от глубины его внедрения при вращательном бурении? 14. Чему равна скорость вращательного бурения? 15. Чему пропорциональна величина удельного износа резцов при вращательном бурении? 16. Почему стойкость резцов не зависит ни от частоты, ни от осевой нагрузки на коронку? 17. Как зависит стойкость резцов от крепости пород? 18. От каких свойств горных пород и как зависит скорость вращательного бурения? 19. В какой последовательности и почему необходимо осуществлять нагружение коронок при начале или возобновлении вращательного бурения? 20. Как необходимо проходить твердые прослойки при вращательном бурении? 21. Почему на резцах необходимо делать рассечки и каковы их параметры? 22. Как разрушается порода в центре шпуров и скважин при вращательном бурении? 23. Почему происходит залипание шлама в шнеке и что надо делать, чтобы избавиться от этого явления? 24. Какова главная особенность сколов кусков породы резцами при вращательном бурении шпуров? 25. Почему при вращательном бурении с увеличением

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		и уменьшается проходка h, коронок за один оборот? 26. Почему при прочих равных условиях с увеличением крепости пород уменьшается необходимая величина крутящего момента для вращательного бурения шпуров? 27. Каково максимальное усилие подачи на 1 см лезвия резцов при вращательном бурении? 28. Как изменяется КПД использования энергии удара на разрушение породы при нагружении буровых инструментов погружными пневмо- и гидроударниками с увеличением глубины скважин? 29. Какова область применения погружных пневмо- и гидроударников при бурении взрывных скважин? 30. Как зависит глубина внедрения зубьев буровых инструментов в породу от физико-технических свойств последней при ударно-вращательном бурении? 31. Как зависит глубина внедрения зубьев буровых инструментов при ударно-вращательном бурении от геометрических параметров последних? 32. Как зависит глубина внедрения зубьев буровых инструментов при ударно-вращательном бурении от энергии единичного удара? 33. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от геометрических параметров зубьев и их размещении на наконечниках буровых инструментов? 34. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от схем нагружения буровых инструментов? 35. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от частоты вращения бурового инструмента? 36. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от энергии

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		удара? 37. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от частоты ударов? 38. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от ударной мощности? 39. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от физико-технических свойств горных пород? 40. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения от режимных параметров бурения? 41. Какие процессы разрушения породы происходят при вращательно-ударном бурении? 42. Почему вращательно-ударный способ бурения не применяется для бурения скважин и длинных шпуров? 43. Как происходит внедрение резцов коронок в породу под действием ударной нагрузки? 44. Чем определяется проходка за один оборот резца при нулевой осевой нагрузке на коронку? 45. Почему угол наклона зависимости для вращательно-ударного бурения больше, чем у соответствующей зависимости для вращательного бурения? 46. Почему стойкость резцов (и коронок в целом) при вращательно-ударном бурении больше, чем при вращательном? 47. Как изменяется скорость вращательно-ударного бурения шпуров с увеличением крепости пород? 48. По какому закону возрастает сила сопротивления породы по мере внедрения в нее зуба шарошечного долота? 49. Когда прекращается взаимодействие с породой зуба

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		шарошечных долот при его «обратном ходе»? 50. Почему при увеличении глубины внедрения зубьев шарошечного долота в породу сила их взаимодействия с последней растет быстрее, чем по линейному закону, хотя при внедрении одного зуба в породу эта сила взаимодействия с ней с увеличением глубины внедрения, возрастает по линейной зависимости? 51. Как зависит сила взаимодействия зубьев шарошечного долота с породой от ее физико-технических свойств? 52. Как зависит сила взаимодействия зубьев шарошечного долота с породой от геометрических параметров размещения зубьев на шарошках? 53. При каких значениях осевой нагрузки на шарошечное долото достигается максимальная проходка долот и почему? 54. Какой процесс является определяющим при очистке от шлама скважины продувкой ее сжатым воздухом? 55. Каковы минимальные значения скорости движения воздуха по затрубному пространству, обеспечивающие эффективный вынос из скважины продуктов разрушения размером до 20 мм? 56. Как зависит скорость шарошечного бурения скважин от частоты вращения долота? 57. При каких условиях скорость шарошечного бурения скважин пропорциональна частоте вращения долота? 58. Как зависит скорость шарошечного бурения от диаметра долота? 59. Как зависит скорость шарошечного бурения от геометрических параметров зубьев? 60. Как зависит скорость шарошечного бурения от шага между соседними зубьями на одном венце шарошек? 61. Какое соотношение для сил имеет место при

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		равномерном установившемся вращении шарошечного долота? 62. Как связаны крутящий момент, приложенный к шарошечному долоту, с моментом сопротивления перекачиванию шарошек с зуба на зуб на забое скважины? 63. Как зависит величина крутящего момента, приложенного к шарошечному долоту, от свойств разбуриваемых пород? 64. Как зависит величина крутящего момента от частоты вращения шарошечного долота? 65. Как зависит величина крутящего момента от осевой нагрузки на долото? 66. Как определяется энергоемкость шарошечного способа бурения взрывных скважин? 67. Как влияет на энергоемкость разрушения пород зубьями шарошечного долота крепость пород? 68. При каком значении осевого усилия имеет место минимум энергоемкости шарошечного способа бурения? Вопросы для подготовки к контрольной работе №3 1. Дайте определение понятия «заряд взрывчатого вещества». 2. Как классифицируются заряды ВВ по положению, форме, конструкции и характеру действия? 3. Охарактеризуйте сосредоточенный и удлиненный заряды ВВ. 4. Охарактеризуйте сплошной и рассредоточенный заряды ВВ. 5. В чем проявляется действие взрыва зарядов

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		камуфлета, откольного, дробления и выброса? 6. Как можно изменить характер действия заряда? 7. Что называется «воронкой взрыва», каковы ее параметры? 8. Дайте определение «линии наименьшего сопротивления». 9. Как определяется показатель действия взрыва? Приведите классификацию зарядов по показателю действия взрыва. 10. Какие зоны образуются при взрыве заряда ВВ в мягких пористых грунтах? 11. Какие зоны образуются при взрыве заряда ВВ в скальных породах? 12. Как можно охарактеризовать зону разрыхления (трещинообразования) при взрыве? От каких показателей зависит размер этой зоны? 13. Перечислите факторы, вызывающие разрушение горных пород при взрыве. 14. Какова зона действия ударной волны, волны напряжений и сейсмической волны? 15. Расскажите об основных гипотезах, объясняющих механизм действия взрыва. 16. От чего зависит степень влияния разрушающих факторов при взрыве? 17. Приведите классификацию горных пород А.Н. Ханукаева по акустической жесткости. Каково основное назначение этой классификации? 18. Охарактеризуйте процесс разрушения грунтовых массивов. 19. Охарактеризуйте процесс разрушения скальных монолитных массивов. 20. Как происходит разрушение горной породы в зоне

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		измельчения? Каковы размеры этой зоны? 21. Как происходит разрушение горной породы в зоне разрыхления (трещинообразования)? Каковы размеры этой зоны? 22. Объясните механизм образования радиальных и тангенциальных трещин. 23. Какие стадии действия камуфлетного взрыва на скальный массив выделил Г.И. Покровский? 24. Каков характер разрушения горной породы вблизи свободной (открытой) поверхности? 25. Вычертите схему образования у открытой поверхности отраженной волны. 26. Охарактеризуйте процесс разрушения скальных трещиноватых массивов. 27. Какие стадии действия взрыва на горную породу выделил Н.Н. Казаков? 28. Как влияет трещиноватость массива на характер его разрушения? 29. Охарактеризуйте зону регулируемого и практически нерегулируемого дробления. 30. Какими способами можно снизить (исключить) объем зон практически нерегулируемого дробления? 31. Охарактеризуйте процесс разрушения пород при одновременном взрывании нескольких зарядов ВВ. 32. В каких случаях применяется одновременное (мгновенное) взрывание нескольких зарядов ВВ? 33. Дайте определение понятия «короткозамедленное взрывание». Расскажите физический смысл короткозамедленного взрывания, его достоинства. 34. Какие условия должны быть выполнены для интерференции волн напряжений при

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		короткозамедленном взрывании зарядов ВВ? 35. При каких интервалах замедления происходит образование дополнительных свободных поверхностей при короткозамедленном взрывании зарядов ВВ? 36. Нарисуйте схемы взрывания, обеспечивающие образование дополнительных свободных поверхностей. Приведите назначение этих схем. 37. Какими способами можно обеспечить соударение разлетающихся кусков породы при взрыве и дополнительное их дробление? 38. Что называется камуфлетным взрывом и зарядом камуфлета? 39. Какие зоны образуются при взрыве в плотных породах? 40. Как определяется радиус зоны вытеснения при камуфлетном взрыве? 41. В чем различие котлов, образовавшихся при камуфлетном взрыве сосредоточенного и удлиненного зарядов? 42. Для каких целей производятся камуфлетные взрывы? 43. Что показывает показатель простреливаемости? Какова его единица измерения? 44. Укажите диапазон изменения показателя простреливаемости. 45. От чего зависит минимально допустимая глубина заложения камуфлетного заряда? 46. Как определяется масса заряда при образовании камуфлетных полостей и камуфлетных свай? 47. В чем заключается метод котловых зарядов? 48. Как определяется масса прострелочного заряда? 49. Охарактеризуйте процесс разрушения пород

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		взрывом наружного заряда 50. Как влияет форма заряда на движение газов образующихся при взрыве? 51. Что называется кумулятивным зарядом, что представляет собой кумулятивный эффект? 52. Расскажите о назначении кумулятивных зарядов их конструктивных особенностях. 53. Напишите формулу Вобана для расчета зарядов ВВ. Каков ее современный вид? 54. Дайте определение удельного расхода взрывчатого вещества, какова единица измерения удельного расхода? 55. По какой зависимости можно рассчитать массу сосредоточенного заряда рыхления? 56. Напишите формулы М.М. Фролова и М.М. Борескова для расчета сосредоточенных зарядов выброса. 57. Каковы условия применения формулы М.М. Борескова? 58. Приведите формулу Г.И. Покровского для расчета сосредоточенных зарядов расположенных на большой глубине. 59. Перечислите параметры скважинных зарядов. 60. Как используя формулу Вобана рассчитать массу скважинного заряда для первого и последующего рядов? 61. Приведите формулу С.А. Давыдова для расчета предельной линии сопротивления по подошве одиночного скважинного заряда ВВ. 62. Что называется вместимостью шпуров (скважин) и как она определяется? 63. Выведите формулу Союзвзрывпрома

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		обеспечивающее условие $\ell_{заб}=0,75 \text{ W}$. 64. Как определяется линия сопротивления по подошве, обеспечивающая условие безопасного бурения скважин? 65. Что такое сетка скважин, как определяется расстояние между скважинами в ряду и расстояние между рядами скважин? 66. Дайте рекомендации по определению величины перебура скважин. 67. Как устанавливаются длина заряда и длина забойки, как они связаны с удельным расходом ВВ?
ОПК-1 0.2	Использует основные принципы расчета параметров технологии переработки твердых полезных ископаемых	Вопросы для подготовки к контрольной работе №4 1. Недостатки механических способов бурения. 2. Механика термической отбойки. 3. Объемное термическое разрушение. 4. Объемная термическая отбойка. 5. Поверхностное термическое разрушение. 6. Термическое разрушение горных пород высокотемпературными газовыми и плазменными струями. 7. Комбинированные способы разрушения при бурении. 8. Расширение скважин. 9. Проходка восстающих. 10. Генераторы энергии для термического разрушения. 11. Отбойка трещиноватых пород. 12. Добыча руды. 13. Поверхностная обработка камня. 14. Объемное разрушение при поверхностном нагревании массива. 15. Влияние горного давления на отбойку. 16. Разрушение плавлением, испарением. 17. Механизм разрушения при электрическом разряде в породе. 18. Пробой жидкости. 19. Пробой газа. 20. Идеальная электрическая прочность воздуха. 21. Лавинный механизм пробоя газа. 22. Стримерный механизм пробоя газа.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		23. Поверхностный разряд. 24. Пробой твердых горных пород. 25. Тепловой пробой горных пород. 26. Разрушение породы тепловым пробоем. 27. Электрический пробой горных пород. 28. Генераторы импульсов электрической энергии. 29. Электроимпульсные технологии разрушения горных пород. 30. Расчет импульсного разрушения. 31. Взрывное бурение: ампульное и струйное. 32. Бурение электромагнитным излучением. 33. Способ гидравлического отделения породы от массива. 34. Механизм разрушения породы при отбойке невзрывными расширяющимися средствами. Перечень тем и заданий для подготовки к зачету 1. Понятие о породном массиве и масштабном эффекте. 2. Свойства и строение горных пород, влияющие на эффективность их разрушения. 3. Буримость и взрываемость горных пород. Критерии и методы оценки. 4. Силы связи и внутренняя структура горных пород. 5. Работа деформации горной породы. 6. Теоретическая прочность твердых тел (физическая природа прочности). 7. Дефекты кристаллической структуры. 8. Критерии прочности твердых тел. 9. Теория прочности Мора. 10. Паспорт прочности горных пород. 11. Теория хрупкого разрушения (теория трещин Гриффитса). 12. Кинетическая (термофлуктуационная) теория прочности. 13. Статическая и динамическая прочность. 14. История развития буровых работ. 15. Бурение нефтяных и газовых скважин. 16. Производительность буровой машины. Механическая скорость бурения. 17. Характер нагружения и разрушения горных пород зубьями буровых инструментов. 18. Классификация и общая характеристика способов бурения скважин. 19. Механизм разрушения породы при ударном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород. 20. Механизм разрушения породы при вращательном

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород. 21. Механизм разрушения породы при ударно-вращательном бурении. Бурение скважин на карьерах погружными пневмоударниками. 22. Механизм разрушения породы при вращательно-ударном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород. 23. Бурение взрывных скважин на карьерах шарошечными долотами. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород. 24. Огневое бурение скважин на карьерах. 25. Взрывное бурение скважин. 26. Классификация зарядов взрывчатых веществ. 27. Воронка взрыва. Элементы воронки взрыва. Показатель действия взрыва. 28. Зоны действия взрыва в горных породах. 29. Камуфлетный взрыв. Показатель простреливаемости. 30. Основные разрушающие факторы при взрывном нагружении массива. 31. Физика процесса разрушения массива горных пород взрывом одиночного заряда (грунтовые, пористые массивы). 32. Физика процесса разрушения массива горных пород взрывом одиночного заряда (скальные монолитные массивы горных пород). 33. Физика процесса разрушения массива горных пород взрывом одиночного заряда ВВ (скальные трещиноватые массивы). 34. Зоны регулируемого и практически нерегулируемого дробления. 35. Закономерности разрушения горных пород взрывом в зоне нерегулируемого дробления. 36. Процесс разрушения пород при мгновенном взрывании нескольких зарядов. 37. Процесс разрушения горных пород при короткозамедленном взрывании (КЗВ). Физический смысл КЗВ. Основные гипотезы. 38. Взрывание при проведении траншей на земной поверхности. 39. Взрывание при проходке подземных горных выработок. 40. Взрывание на подпорную стенку. Баланс энергии при взрыве. 41. Процесс разрушения пород взрывом наружного заряда. Кумулятивное действие взрыва.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		42. Общие принципы расчета сосредоточенных зарядов рыхления. 43. Общие принципы расчета разрушительного действия сосредоточенных зарядов выброса. Общие принципы расчета разрушительного действия удлиненных зарядов. Примерные практические задания для зачета 1. Определить силу удара при бурении перфоратором крепкого гранита имеющего средний приведенный предел прочности породы при механическом способе бурения $\sigma_{м.б}=150$ МПа, диаметр долота – 60 мм; угол заострения лезвия долота – 110 градусов; глубина внедрения лезвия долота – 2 мм; коэффициент трения бурового инструмента о породу – 0,6; коэффициент, учитывающий затупление лезвия бурового инструмента – 1,2. 2. Определить теоретическую скорость бурения перфоратором горных пород с $\sigma_{м.б}=55$ МПа, четырехперым долотом $n=4$, с углом заострения лезвия $\alpha=90^\circ$, диаметром $d=36$ мм и средним затуплением лезвий $K_3=1,2$, глубина погружения лезвия $h=2$ мм, частота ударов пневмоударника $n_{уд}=20$ с⁻¹, коэффициент трения бурового инструмента о породу $\mu=1$. 3. Пусть имеется перфоратор со следующими характеристиками: диаметр поршня-ударника $D=85$ мм; ход поршня-ударника $L=45$ мм, частота ударов $n_{уд}=40$ с⁻¹. Определить кинетическую энергию поршня-ударника и скорость бурения по формуле Ю.Г. Коняшина при изменении рабочего давления в цилиндре перфоратора от 2 до 10 атмосфер, диаметр шпура $d=40$ мм, предел прочности буримых пород на сжатие $\sigma_{сж}=100$ МПа. Считать что частота ударов при увеличении давления не изменится. Построить зависимость скорости бурения от рабочего давления сжатого воздуха в цилиндре перфоратора. 4. Определить механическую скорость бурения перфоратором ПП63В в породах имеющих временное

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		сопротивление пород раздавливанию $\sigma = 20, 60, 100, 140, 180$ МПа. Построить зависимость скорости бурения от временного сопротивления пород раздавливанию. Характеристики перфоратора ПП63В: - масса 33 кг; длина 920 мм; диаметр поршня 75 мм; ход поршня 71 мм; расход воздуха 3,85 м³/мин; частота ударов 30 с⁻¹; энергия удара 64,74 Дж; мощность 2,2 кВт; крутящий момент 26,93 м/мин; диаметр коронки 40-46 мм; максимальная глубина бурения 5 м; диаметр воздушного шланга 25 мм; диаметр водяного шланга 12 мм; осевое усилие 910 Н.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Методические рекомендации для подготовки к зачету

Изучение дисциплины «Теория разрушения горных пород» завершается сдачей зачета. Зачет является формой итогового контроля знаний и умений, полученных на лекциях, семинарских, практических занятиях и в процессе самостоятельной работы.

В период подготовки к зачету студенты вновь обращаются к пройденному учебному материалу. При этом они не только скрепляют полученные знания, но и получают новые. Подготовка студента к зачету включает в себя три этапа: самостоятельная работа в течение семестра; непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену по темам курса; подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах.

Литература для подготовки к зачету рекомендуется преподавателем либо указана в учебно-методическом комплексе. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух учебников. Студент вправе сам придерживаться любой из представленных в учебниках точек зрения по спорной проблеме (в том числе отличной от преподавателя), но при условии достаточной научной аргументации.

Основным источником подготовки к зачету является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники. В ходе подготовки к зачету студентам необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем.

Критерии оценки

Ответ студента на зачете оценивается одной из следующих оценок: «зачтено» и «незачтено», которые выставляются по следующим критериям.

Оценки «зачтено» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной кафедрой. Также оценка «зачтено» выставляется студентам, обнаружившим полное знание учебного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную кафедрой, демонстрирующие систематический характер знаний по дисциплине и способные к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Кроме того, оценкой «зачтено» оцениваются ответы студентов, показавших знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и в предстоящей работе по профессии, справляющихся с выполнением заданий, предусмотренных программой, но допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении контрольных заданий, не носящие принципиального характера, когда установлено, что студент обладает необходимыми знаниями для последующего устранения указанных погрешностей под руководством преподавателя.

Оценка «незачтено» выставляется студентам, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Такой оценки заслуживают ответы студентов, носящие несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер, когда студент не понимает существа излагаемых им вопросов, что свидетельствует о том, что студент не может дальше продолжать обучение или приступать к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

