

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

С.Е. Гавришев

« 31 » января 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (специализация) программы
Взрывное дело

Уровень высшего образования – специалитет

Форма обучения
Очная

Институт Горного дела и транспорта
Кафедра Разработки месторождений полезных ископаемых
Курс 4, 5
Семестр 8, 9, А

Магнитогорск
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело, утвержденного приказом МОиН РФ от 17.10.2016 г. № 1298.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры разработки месторождений полезных ископаемых «20» января 2017 г., протокол № 5.

Зав. кафедрой  / С.Е. Гавришев /

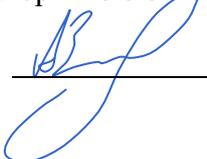
Рабочая программа одобрена методической комиссией института горного дела и транспорта «31» января 2017 г., протокол № 7.

Председатель  / С.Е. Гавришев /

Рабочая программа составлена: доцент кафедры РМПИ, к.т.н., доцент

 / П.С. Симонов /

Рецензент: заведующий лабораторией ООО «УралГеоПроект»

 / Ар.А. Зубков /

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» являются: изучение теории и практики в области физики процесса разрушения горных пород при бурении и взрывании, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело.

Задачи изучения дисциплины:

- познакомить студентов с физикой разрушения горных пород и других твердых сред при бурении и взрывании; методами анализа, закономерностями поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений;

- научить студентов обосновывать технологию, рассчитывать основные параметры взрывной отбойки шпуровыми, скважинными и камерными зарядами при взрывании на карьерах и на других горных и промышленных объектах на земной поверхности, при подземной добыче руды и угля, при проходке подземных выработок, при производстве специальных взрывных работ;

- развить у студентов готовность к разработке проектных инновационных решений по эксплуатационной разведке, добыче, переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов;

- выработать у студентов способность к анализу закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки специалиста

Дисциплина «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения таких дисциплин как «Физика», «Геология», «Физика горных пород», «Физические основы процессов добычи и переработки полезных ископаемых».

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при освоении дисциплин: «Технология взрывных работ при ОГР», «Технология взрывных работ при подземной разработке», «Проектирование и организация взрывных работ», «Управление качеством взрывных работ».

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

В результате освоения дисциплины «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-1	владением навыками анализа горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Знать	<ul style="list-style-type: none"> - физику разрушения горных пород и других твердых сред при бурении и взрывании; - технику и технологию безопасного ведения всех видов буровзрывных работ в промышленности, строительстве и при ликвидации чрезвычайных ситуаций; - способы повышения энергетической эффективности буровых и взрывных работ для создания ресурсосберегающих технологий в горном деле.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать параметры зон действия взрыва при отбойке шпуровыми, скважинными и камерными зарядами при взрывании на карьерах и на других горных и промышленных объектах на земной поверхности, при подземной добыче руды и угля, при проходке подземных выработок, при производстве специальных взрывных работ; - выбирать наиболее рациональные ресурсосберегающие технологии разрушения массивов горных пород при различных горно-геологических условиях их разработки; - анализировать полученные результаты механического или взрывного разрушения горных пород, предлагать способы повышения энергетической эффективности процессов разрушения.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - современными методиками и приборами для исследований процессов взрывного разрушения горных пород и воздействия на различные материалы; - научной терминологией в области разрушения горных пород и других материалов при бурении и взрывании; - навыками расчета и математического моделирования процессов разрушения горных пород на ЭВМ.

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц 360 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 205,9 акад. часов:
 - аудиторная – 198 акад. часов;
 - внеаудиторная – 7,9 акад. часов
- самостоятельная работа – 118,4 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа.

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Общие вопросы разрушения горных пород.	8							
1.1. Свойства и строение горных пород, влияющие на эффективность их разрушения при бурении и взрывании. Строение горных пород: микроскопическое, макроскопическое и супермакроскопическое. Понятие о породном массиве и масштабном эффекте. Влияние физико-технических свойств горных пород на процессы бурения и взрывания. Буримость и взрываемость горных пород.	8	4		4/4И	13	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №1	ПК-1
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.	8	6		6/2И	13	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №2	ПК-1

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
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.	8	6		6/2И	13,1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №3	ПК-1
Итого по разделу		16		16/8И	39,1		Зачет	
2. Физика разрушения горных пород при бурении.	9							
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.	9	6		2/1И	2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №4	ПК-1

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>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.</p>	9	4		2/ИИ	2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №4	ПК-1
<p>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.</p>	9	6		2/ИИ	2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №4	ПК-1

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>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.</p>	9	6		4/2И	2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №4	ПК-1
<p>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.</p>	9	4		2/1И	2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №4	ПК-1

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
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.	9	6		4/2И	2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №5	ПК-1
2.7. Механизм разрушения породы при термическом и взрывном бурении. Недостатки механических способов бурения. Термическое разрушение горных пород высокотемпературными газовыми и плазменными струями. Комбинированные способы разрушения при бурении. Взрывное бурение: ампульное и струйное. Бурение электромагнитным излучением. Способ гидравлического отделения породы от массива.	9	4		2	2,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Практическая работа. Контрольная работа №5	ПК-1
Итого по разделу		36		18/8И	14,2		Экзамен	
3. Физика разрушения горных пород при взрывании.								

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>3.1. Процессы разрушающего, сейсмического и воздушного действия взрыва зарядов взрывчатого вещества.</p> <p>Классификации зарядов: по положению; по форме; по конструкции; по характеру действия. Элементы воронки взрыва. Зоны действия взрыва. Факторы, вызывающие разрушение горных пород при взрыве.</p>	А	8		8/4И	7,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа. Контрольная работа №6	ПК-1
<p>3.2. Процесс разрушения пород взрывом одиночного заряда.</p> <p>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.</p>	А	6		6/4И	7,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа. Контрольная работа №6	ПК-1

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>3.3. Процесс разрушения пород при одновременном взрывании нескольких зарядов. 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.</p>	А	6		6/4И	7,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа. Контрольная работа №6	ПК-1
<p>3.4. Процесс разрушения пород при короткозамедленном взрывании зарядов. 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.</p>	А	6		6/4И	7,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа. Контрольная работа №6	ПК-1

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
3.5. Процесс разрушения пород взрывом наружного заряда. Действие взрыва наружного заряда. Направленное действие взрыва. Процесс разрушения пород кумулятивными зарядами.	А	6		6/2И	7,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа. Контрольная работа №7	ПК-1
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.	А	6		6/2И	7,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа. Контрольная работа №7	ПК-1
3.7. Общие принципы расчета разрушающего действия удлиненных зарядов. Процессы формирования поля напряжений при взрыве удлиненного заряда. Процесс разрушения при отбойке скважинными зарядами.	А	6		6/2И	7,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа. Контрольная работа №7	ПК-1

Раздел / тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
3.8. Параметры волны напряжений (сейсмозрывных колебаний) в дальней зоне взрыва. Сейсмическое действие взрыва. Скорости продольных, поперечных и поверхностных волн. Шкала интенсивности сейсмических колебаний. Предельно допустимые скорости колебаний грунта. Управление сейсмическим действием взрыва.	А	6		6/2И	7,2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа. Контрольная работа №7	ПК-1
3.9. Действие ударных воздушных волн взрывов на окружающие сооружения. Ударная воздушная волна. Избыточное давление на фронте ударной волны для тротилового заряда. Разрушающее действие ударных воздушных волн. Безопасные расстояния по действию ударной воздушной волны при взрыве на земной поверхности для зданий и сооружений. Определение расстояний, безопасных по действию ударных воздушных волн на застекление при взрывании наружных зарядов и скважинных (шпуровых) зарядов рыхления. Определение безопасного расстояния по действию ударной воздушной волны на человека.	А	6		6/2И	7,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Выполнение практических работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа. Контрольная работа №7	ПК-1
Итого по разделу		56		56/26И	65,1		Зачет	
Итого по курсу		108		90/42И	118,4			

5 Образовательные и информационные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» 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

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 семинарским 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 семинаров и список необходимой литературы выдается студентам заранее – на первом занятии.

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

План:

Строение горных пород: микроскопическое, макроскопическое и супермакроскопическое. Понятие о породном массиве и масштабном эффекте. Влияние физико-технических свойств горных пород на процессы бурения и взрывания. 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. 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) №5. 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) №6. 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) №7. 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) №8. 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) №9. 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) №10. Механизм разрушения породы при термическом и взрывном бурении.

План:

Недостатки механических способов бурения. Термическое разрушение горных пород высокотемпературными газовыми и плазменными струями. Комбинированные способы разрушения при бурении. Взрывное бурение: ампульное и струйное. Бурение электромагнитным излучением. Способ гидравлического отделения породы от массива.

Лабораторные работы выполняются бригадой в составе 2-4 студента. Отчет по лабораторной работе оформляется каждым студентом индивидуально в отдельной тетрадке.

Для допуска к лабораторной работе студенты должны оформить конспект содержащий: полное наименование работы, цель работы, теоретическую часть, включающую определения, сущность и схему эксперимента, основные расчетные формулы.

Результаты измерений, оформляются в виде таблицы, строятся необходимые графики и делается вывод с указанием окончательного результата и точности его определения.

По завершении экспериментальной части один экземпляр (на бригаду) лабораторного листка, содержащего сведения о группе, исполнителях, названии работы и таблицу с опытными данными, сдается преподавателю.

На последующих лабораторных занятиях по первому требованию преподавателя лабораторная работа должна быть защищена.

Лабораторная работа №1. Определение взрываемости горных пород.

Цель работы – изучение критериев и методов определения взрываемости горных пород.

Перечень рекомендуемой литературы:

1. Угольников В.К., Симонов П.С. Определение взрываемости горных пород: Методические указания. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2008. – 12 с.

2. 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.

Лабораторная работа №2. Разрушение горных пород при ударе.

Цель работы – изучение характеристик разрушаемости горных пород динамическими нагрузками и методов их определения.

Перечень рекомендуемой литературы:

1. Симонов П.С., Симонов П.С. Разрушение горных пород при ударе. Методические указания – Магнитогорск: МГТУ, 2010. – 16 с.

2. Латышев О.Г. Физика процессов разрушения горных пород. Часть 1. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000. – 82 с.

Лабораторная работа №3. Изучение действия взрыва в массиве.

Цель работы – изучение действия взрыва заряда взрывчатых веществ при изменении глубины заложения заряда постоянной массы или при изменении массы заряда при изменении глубины заложения.

Перечень рекомендуемой литературы:

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.

Лабораторная работа №4. Влияние числа открытых поверхностей на эффективность действия взрыва

Цель работы – изучение влияния числа открытых поверхностей на эффективность действия взрыва.

Перечень рекомендуемой литературы:

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.

Лабораторная работа №5. Изучение взаимодействия зарядов

Цель работы – изучение влияния совместного действия зарядов на объем взрываемой породы, в зависимости от расстояния между ними.

Перечень рекомендуемой литературы:

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.

Лабораторная работа №6. Изучение конструкции заряда (зоны дробления при взрыве)

Цель работы – изучение методов регулирования дробления горных пород взрывом, конструкции заряда и влияния рассредоточения зарядов на степень дробления.

Перечень рекомендуемой литературы:

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.

Лабораторная работа №7. Определение показателя простреливаемости горных пород

Цель работы – изучение механизма действия взрыва в плотных горных породах, определение показателя простреливаемости и области его применения.

Перечень рекомендуемой литературы:

Угольников В.К., Симонов П.С. Определение показателя простреливаемости горных пород. Методические указания – Магнитогорск: МГТУ, 2011. – 10 с.

Лабораторная работа №8. Изучение действия зарядов выброса

Цель работы – изучение законов распределения гранулометрического состава разрушенных пород.

Перечень рекомендуемой литературы:

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.

Лабораторная работа №9. Взрывание трещиноватых и нарушенных горных пород

Цель работы – изучение механизма действия взрыва зарядов взрывчатых веществ в трещиноватом массиве и методов управления энергией взрыва используемых при взрывании в трещиноватых массивах.

Перечень рекомендуемой литературы:

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.

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-1 владением навыками анализа горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.		
Знать	- физику разрушения горных пород и других твердых сред при бурении и взрывании; - технику и технологию безопасного ведения всех видов буровзрывных работ в промышленности, строительстве и при ликвидации чрезвычайных ситуаций; - способы повышения энергетической эффективности буровых и взрывных работ для создания ресурсосберегающих технологий в горном деле.	Перечень тем и заданий для подготовки к зачету (8 семестр) <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие о породном массиве и масштабном эффекте. 2. Свойства и строение горных пород, влияющие на эффективность их разрушения при бурении и взрывании. 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. Перечень тем и заданий для подготовки к экзамену (9 семестр) <ol style="list-style-type: none"> 1. История развития буровых работ. 2. Бурение нефтяных и газовых скважин. 3. Производительность буровой машины. Механическая скорость бурения. 4. Характер нагружения и разрушения горных пород зубьями буровых инструментов. 5. Классификация и общая характеристика способов бурения скважин. 6. Механизм разрушения породы при ударном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород. 7. Механизм разрушения породы при вращательном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород. 8. Механизм разрушения породы при ударно-вращательном бурении. Бурение скважин на карьерах погружными пневмоударниками. 9. Механизм разрушения породы при вращательно-ударном бурении. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>10. Бурение взрывных скважин на карьерах шарошечными долотами. Режимные параметры и их влияние на процесс разрушения горных пород.</p> <p>11. Огневое бурение скважин на карьерах.</p> <p>12. Взрывное бурение скважин.</p> <p>Перечень тем и заданий для подготовки к зачету (А семестр)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация зарядов взрывчатых веществ. 2. Воронка взрыва. Элементы воронки взрыва. Показатель действия взрыва. 3. Зоны действия взрыва в горных породах. 4. Камуфлетный взрыв. Показатель простреливаемости. 5. Основные разрушающие факторы при взрывном нагружении массива. 6. Физика процесса разрушения массива горных пород взрывом одиночного заряда (грунтовые, пористые массивы). 7. Физика процесса разрушения массива горных пород взрывом одиночного заряда (скальные монолитные массивы горных пород). 8. Физика процесса разрушения массива горных пород взрывом одиночного заряда ВВ (скальные трещиноватые массивы). 9. Зоны регулируемого и практически нерегулируемого дробления. 10. Закономерности разрушения горных пород взрывом в зоне нерегулируемого дробления. 11. Процесс разрушения пород при мгновенном взрывании нескольких зарядов. 12. Процесс разрушения горных пород при короткозамедленном взрывании (КЗВ). Физический смысл КЗВ. Основные гипотезы. 13. Взрывание при проведении траншей на земной поверхности. 14. Взрывание при проходке подземных горных выработок. 15. Взрывание на подпорную стенку. Баланс энергии при взрыве. 16. Процесс разрушения пород взрывом наружного заряда. Кумулятивное действие взрыва. 17. Общие принципы расчета сосредоточенных зарядов рыхления. 18. Общие принципы расчета разрушительного действия сосредоточенных зарядов выброса. 19. Общие принципы расчета разрушительного действия удлиненных зарядов. 20. Сейсмическое действие взрыва. 21. Шкала интенсивности сейсмических колебаний. 22. Предельно допустимые скорости колебаний грунта. 23. Управление сейсмическим действием взрыва. 24. Действие ударных воздушных волн взрывов на окружающие сооружения.

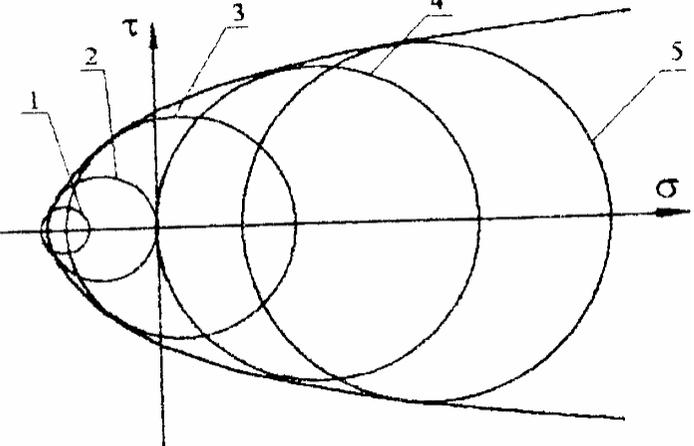
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать параметры зон действия взрыва при отбойке шпуровыми, скважинными и камерными зарядами при взрывании на карьерах и на других горных и промышленных объектах на земной поверхности, при подземной добыче руды и угля, при проходке подземных выработок, при производстве специальных взрывных работ; - выбирать наиболее рациональные ресурсосберегающие технологии разрушения массивов горных пород при различных горно-геологических условиях их разработки; - анализировать полученные результаты механического или взрывного разрушения горных пород, предлагать способы повышения энергетической эффективности процессов разрушения. 	<p>Тест для подготовки к контрольной работе №1 <i>Задание с выбором ответа:</i></p> <p>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.</p> <p>2. Что является основной причиной масштабного эффекта? А). Трещиноватость. Б). Пористость. В). Анизотропия. Г). Химический состав. Д). Б и Г.</p> <p>3. Под влиянием масштабного эффекта скорость поперечных волн ... А). уменьшается. Б). увеличивается. В). не изменяется. Г). сначала увеличивается, а затем не изменяется.</p> <p>4. Какое из приведенных свойств характеризует способность породы сопротивляться разрушению под действием внешних воздействий? А). Крепость. Б). Взрываемость. В). Буримость. Г). Твердость. Д). Абразивность.</p> <p>5. Какое из приведенных свойств является горно-технологическим? А). Крепость. Б). Взрываемость. В). Буримость. Г). А, Б и В.</p> <p>6. Каким показателем оценивается трещиноватость породного массива? А). Частотой трещин. Б). Шириной трещин.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>В). Длиной трещин. Г). Материалом заполнения трещин. Д). Б и В.</p> <p>7. Какие свойства массива необходимо учитывать при выборе типа применяемого взрывчатого вещества? А). Устойчивость. Б). Водоносность. В). Твердость. Г). Абразивность. Д). А и Г.</p> <p>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.</p> <p>9. Наиболее трудно поддаются разрушению породы имеющие ... А). Высокую прочность. Б). Большую зону пластической деформаций. В). А и Б. Г) Ни А, ни Б.</p> <p>10. Все горные породы по степени трещиноватости массива условно разделены на ... А). пять категорий. Б). десять категорий. В). шестнадцать категорий. Г). двадцать категорий.</p> <p>Тест для подготовки к контрольной работе №2 <i>Задание с выбором ответа:</i> 1. Какая кристаллическая решетка у хлорида натрия? А). Атомная. Б). Молекулярная. В). Металлическая. Г). Ионная.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>2. Вакансии относятся к ... А). точечным дефектам. Б). дислокациям. В). поверхностным дефектам. Г). объемным дефектам.</p> <p>3. Какое напряжение будет в кубическом блоке 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.</p> <p>4. 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.</p> <p>5. 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.</p> <p>6. Определить коэффициент Пуассона, если при 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.</p> <p>7. Горная порода с модулем упругости 5000 МПа хрупко разрушилась при напряжении 200 МПа. Чему равна удельная работа разрушения данной породы.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>А). 1 МДж. Б). 4 МДж. В). 8 МДж. Г). 10 МДж. Д). 25 МДж</p> <p>8. 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</p> <p>9. Под действием внешней механической нагрузки концентрация точечных дефектов ... А). уменьшается. Б). увеличивается. В). не изменяется. Г). сначала увеличивается, а затем не изменяется.</p> <p>10. При увеличении температуры количество дислокаций ... А). уменьшается. Б). увеличивается. В). не изменяется. Г). сначала увеличивается, а затем не изменяется.</p> <p>Тест для подготовки к контрольной работе №3 <i>Задание с выбором ответа:</i></p> <p>1. 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.</p> <p>2. Какая теория прочности получила наибольшее распространение для практических расчетов в горной практике? А). Теория прочности Мора. Б). Теория Гриффитса.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>В). Кинетическая теория. Г). Энергетическая теория.</p> <p>3. Какая теория прочности точно описывает процесс разрушения хрупких аморфных тел, например стекла?</p> <p>А). Теория прочности Мора. Б). Теория Гриффитса. В). Кинетическая теория. Г). Энергетическая теория.</p> <p>4. Какая теория прочности учитывает фактор времени?</p> <p>А). Теория прочности Мора. Б). Теория Гриффитса. В). Кинетическая теория. Г). Энергетическая теория.</p> <p>5. При увеличении скорости нагружения предел прочности тела</p> <p>А). уменьшается. Б). увеличивается. В). не изменяется. Г). сначала уменьшается, а затем не изменяется.</p> <p>6. Какую предельную нагрузку может выдержать цилиндр сечением 2х2 м, если предел прочности при сжатии горной породы 100 МПа?</p> <p>А). 10 МН. Б). 20 МН. В). 50 МН. Г). 200 МН. Д). 400 МН.</p> <p>7. Сцепление горной породы составляет С МПа, угол внутреннего трения α. Определить предел прочности породы при одноосном растяжении, если огибающая кругов напряжений принята в виде прямой.</p> <p>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.</p> <p>8. По концепции Гриффитса трещины длиной меньше критической для данного напряжения</p> <p>А). растут с постоянной скоростью 1 мм/сек. Б). растут со скоростью звука. В). растут с нарастающей скоростью. Г). растут с затухающей скоростью.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Д). расти не могут.</p>  <p>9. Всестороннее неравномерное сжатие характеризует ... (см. рисунок). А). круг 1. Б). круг 2. В). круг 3. Г). круг 4. Д). круг 5.</p> <p>10. Объемное растяжение характеризует ... (см. рисунок). А). круг 1. Б). круг 2. В). круг 3. Г). круг 4. Д). круг 5</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - современными методиками и приборами для исследований процессов взрывного разрушения горных пород и воздействия на различные материалы; - научной терминологией в области разрушения горных пород и других материалов при бурении и взрывании; - навыками расчета и математического моделирования процессов разрушения горных пород на ЭВМ. 	<p>Вопросы для подготовки к контрольной работе №4</p> <ol style="list-style-type: none"> 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?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>8. Почему после скола кусков породы резцами сила сопротивления пород не равна нулю?</p> <p>9. Какова общая форма резцов в продольном сечении на коронках для вращательного бурения?</p> <p>10. Что такое «рассечка» и для чего она применяется на коронках для вращательного бурения?</p> <p>11. На какой части цикла происходит основной процесс разрушения породы резцами при вращательном бурении?</p> <p>12. Что такое винтовая линия для резца при вращательном бурении и как определяется ее угол наклона к горизонту?</p> <p>13. Какой характер имеет зависимость вертикальной силы сопротивления породы вдавлению в нее резца от глубины его внедрения при вращательном бурении?</p> <p>14. Чему равна скорость вращательного бурения?</p> <p>15. Чему пропорциональна величина удельного износа резцов при вращательном бурении?</p> <p>16. Почему стойкость резцов не зависит ни от частоты, ни от осевой нагрузки на коронку?</p> <p>17. Как зависит стойкость резцов от крепости пород?</p> <p>18. От каких свойств горных пород и как зависит скорость вращательного бурения?</p> <p>19. В какой последовательности и почему необходимо осуществлять нагружение коронок при начале или возобновлении вращательного бурения?</p> <p>20. Как необходимо проходить твердые прослойки при вращательном бурении?</p> <p>21. Почему на резцах необходимо делать рассечки и каковы их параметры?</p> <p>22. Как разрушается порода в центре шпуров и скважин при вращательном бурении?</p> <p>23. Почему происходит залипание шлама в шнеке и что надо делать, чтобы избавиться от этого явления?</p> <p>24. Какова главная особенность сколов кусков породы резцами при вращательном бурении шпуров?</p> <p>25. Почему при вращательном бурении с увеличением и уменьшается проходка h, коронок за один оборот?</p> <p>26. Почему при прочих равных условиях с увеличением крепости пород уменьшается необходимая величина крутящего момента для вращательного бурения шпуров?</p> <p>27. Каково максимальное усилие подачи на 1 см лезвия резцов при вращательном бурении?</p> <p>28. Как изменяется КПД использования энергии удара на разрушение породы при нагружении буровых инструментов погружными пневмо- и гидроударниками с увеличением глубины скважин?</p> <p>29. Какова область применения погружных пневмо- и гидроударников при бурении взрывных скважин?</p> <p>30. Как зависит глубина внедрения зубьев буровых инструментов в породу от физико-технических свойств последней при ударно-вращательном бурении?</p> <p>31. Как зависит глубина внедрения зубьев буровых инструментов при ударно-вращательном бурении от геометрических параметров последних?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>32. Как зависит глубина внедрения зубьев буровых инструментов при ударно-вращательном бурении от энергии единичного удара?</p> <p>33. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от геометрических параметров зубьев и их размещения на наконечниках буровых инструментов?</p> <p>34. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от схем нагружения буровых инструментов?</p> <p>35. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от частоты вращения бурового инструмента?</p> <p>36. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от энергии удара?</p> <p>37. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от частоты ударов?</p> <p>38. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от ударной мощности?</p> <p>39. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения взрывных шпуров и скважин от физико-технических свойств горных пород?</p> <p>40. Как зависит скорость ударно-вращательного бурения от режимных параметров бурения?</p> <p>41. Какие процессы разрушения породы происходят при вращательно-ударном бурении?</p> <p>42. Почему вращательно-ударный способ бурения не применяется для бурения скважин и длинных шпуров?</p> <p>43. Как происходит внедрение резцов коронок в породу под действием ударной нагрузки?</p> <p>44. Чем определяется проходка за один оборот резца при нулевой осевой нагрузке на коронку?</p> <p>45. Почему угол наклона зависимости для вращательно-ударного бурения больше, чем у соответствующей зависимости для вращательного бурения?</p> <p>46. Почему стойкость резцов (и коронок в целом) при вращательно-ударном бурении больше, чем при вращательном?</p> <p>47. Как изменяется скорость вращательно-ударного бурения шпуров с увеличением крепости пород?</p> <p>Вопросы для подготовки к контрольной работе №5</p> <p>1. По какому закону возрастает сила сопротивления породы по мере внедрения в нее зуба шарошечного долота?</p> <p>2. Когда прекращается взаимодействие с породой зуба шарошечных долот при его «обратном ходе»?</p> <p>3. 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 зави-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>симости?</p> <p>4. Как зависит сила взаимодействия зубьев шарошечного долота с породой от ее физико-технических свойств?</p> <p>5. Как зависит сила взаимодействия зубьев шарошечного долота с породой от геометрических параметров размещения зубьев на шарошках?</p> <p>6. При каких значениях осевой нагрузки на шарошечное долото достигается максимальная проходка долот и почему?</p> <p>7. Какой процесс является определяющим при очистке от шлама скважины продувкой ее сжатым воздухом?</p> <p>8. Каковы минимальные значения скорости движения воздуха по затрубному пространству, обеспечивающие эффективный вынос из скважины продуктов разрушения размером до 20 мм?</p> <p>9. Как зависит скорость шарошечного бурения скважин от частоты вращения долота?</p> <p>10. При каких условиях скорость шарошечного бурения скважин пропорциональна частоте вращения долота?</p> <p>11. Как зависит скорость шарошечного бурения от диаметра долота?</p> <p>12. Как зависит скорость шарошечного бурения от геометрических параметров зубьев?</p> <p>13. Как зависит скорость шарошечного бурения от шага между соседними зубьями на одном венце шарошек?</p> <p>14. Какое соотношение для сил имеет место при равномерном установившемся вращении шарошечного долота?</p> <p>15. Как связаны крутящий момент, приложенный к шарошечному долоту, с моментом сопротивления перекачиванию шарошек с зуба на зуб на забое скважины?</p> <p>16. Как зависит величина крутящего момента, приложенного к шарошечному долоту, от свойств разрушаемых пород?</p> <p>17. Как зависит величина крутящего момента от частоты вращения шарошечного долота?</p> <p>18. Как зависит величина крутящего момента от осевой нагрузки на долото?</p> <p>19. Как определяется энергоемкость шарошечного способа бурения взрывных скважин?</p> <p>20. Как влияет на энергоемкость разрушения пород зубьями шарошечного долота крепость пород?</p> <p>21. При каком значении осевого усилия имеет место минимум энергоемкости шарошечного способа бурения?</p> <p>Вопросы для подготовки к контрольной работе №6</p> <p>1. Дайте определение понятия «заряд взрывчатого вещества».</p> <p>2. Как классифицируются заряды ВВ по положению, форме, конструкции и характеру действия?</p> <p>3. Охарактеризуйте сосредоточенный и удлиненный заряды ВВ.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>4. Охарактеризуйте сплошной и рассредоточенный заряды ВВ.</p> <p>5. В чем проявляется действие взрыва зарядов камуфлета, откольного, дробления и выброса?</p> <p>6. Как можно изменить характер действия заряда?</p> <p>7. Что называется «воронкой взрыва», каковы ее параметры?</p> <p>8. Дайте определение «линии наименьшего сопротивления».</p> <p>9. Как определяется показатель действия взрыва? Приведите классификацию зарядов по показателю действия взрыва.</p> <p>10. Какие зоны образуются при взрыве заряда ВВ в мягких пористых грунтах?</p> <p>11. Какие зоны образуются при взрыве заряда ВВ в скальных породах?</p> <p>12. Как можно охарактеризовать зону разрыхления (трещинообразования) при взрыве? От каких показателей зависит размер этой зоны?</p> <p>13. Перечислите факторы, вызывающие разрушение горных пород при взрыве.</p> <p>14. Какова зона действия ударной волны, волны напряжений и сейсмической волны?</p> <p>15. Расскажите об основных гипотезах, объясняющих механизм действия взрыва.</p> <p>16. От чего зависит степень влияния разрушающих факторов при взрыве?</p> <p>17. Приведите классификацию горных пород А.Н. Ханукаева по акустической жесткости. Каково основное назначение этой классификации?</p> <p>18. Охарактеризуйте процесс разрушения грунтовых массивов.</p> <p>19. Охарактеризуйте процесс разрушения скальных монолитных массивов.</p> <p>20. Как происходит разрушение горной породы в зоне измельчения? Каковы размеры этой зоны?</p> <p>21. Как происходит разрушение горной породы в зоне разрыхления (трещинообразования)? Каковы размеры этой зоны?</p> <p>22. Объясните механизм образования радиальных и тангенциальных трещин.</p> <p>23. Какие стадии действия камуфлетного взрыва на скальный массив выделил Г.И. Покровский?</p> <p>24. Каков характер разрушения горной породы вблизи свободной (открытой) поверхности?</p> <p>25. Вычертите схему образования у открытой поверхности отраженной волны.</p> <p>26. Охарактеризуйте процесс разрушения скальных трещиноватых массивов.</p> <p>27. Какие стадии действия взрыва на горную породу выделил Н.Н. Казаков?</p> <p>28. Как влияет трещиноватость массива на характер его разрушения?</p> <p>29. Охарактеризуйте зону регулируемого и практически нерегулируемого дробления.</p> <p>30. Какими способами можно снизить (исключить) объем зон практически нерегулируемого дробления?</p> <p>31. Охарактеризуйте процесс разрушения пород при одновременном взрывании нескольких зарядов ВВ.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>32. В каких случаях применяется одновременное (мгновенное) взрывание нескольких зарядов ВВ?</p> <p>33. Дайте определение понятия «короткозамедленное взрывание». Расскажите физический смысл короткозамедленного взрывания, его достоинства.</p> <p>34. Какие условия должны быть выполнены для интерференции волн напряжений при короткозамедленном взрывании зарядов ВВ?</p> <p>35. При каких интервалах замедления происходит образование дополнительных свободных поверхностей при короткозамедленном взрывании зарядов ВВ?</p> <p>36. Нарисуйте схемы взрывания, обеспечивающие образование дополнительных свободных поверхностей. Приведите назначение этих схем.</p> <p>37. Какими способами можно обеспечить соударение разлетающихся кусков породы при взрыве и дополнительное их дробление?</p> <p>Вопросы для подготовки к контрольной работе №7</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется камуфлетным взрывом и зарядом камуфлета? 2. Какие зоны образуются при взрыве в плотных породах? 3. Как определяется радиус зоны вытеснения при камуфлетном взрыве? 4. В чем различие котлов, образовавшихся при камуфлетном взрыве сосредоточенного и удлиненного зарядов? 5. Для каких целей производятся камуфлетные взрывы? 6. Что показывает показатель простреливаемости? Какова его единица измерения? 7. Укажите диапазон изменения показателя простреливаемости. 8. От чего зависит минимально допустимая глубина заложения камуфлетного заряда? 9. Как определяется масса заряда при образовании камуфлетных полостей и камуфлетных свай? 10. В чем заключается метод котловых зарядов? 11. Как определяется масса прострелочного заряда? 12. Охарактеризуйте процесс разрушения пород взрывом наружного заряда 13. Как влияет форма заряда на движение газов образующихся при взрыве? 14. Что называется кумулятивным зарядом, что представляет собой кумулятивный эффект? 15. Расскажите о назначении кумулятивных зарядов их конструктивных особенностях. 16. Напишите формулу Вобана для расчета зарядов ВВ. Каков ее современный вид? 17. Дайте определение удельного расхода взрывчатого вещества, какова единица измерения удельного расхода? 18. По какой зависимости можно рассчитать массу сосредоточенного заряда рыхления? 19. Напишите формулы М.М. Фролова и М.М. Борескова для расчета сосредоточенных зарядов выброса.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		20. Каковы условия применения формулы М.М. Борескова? 22. Приведите формулу Г.И. Покровского для расчета сосредоточенных зарядов расположенных на большой глубине. 22. Перечислите параметры скважинных зарядов. 23. Как используя формулу Вобана рассчитать массу скважинного заряда для первого и последующего рядов? 24. Приведите формулу С.А. Давыдова для расчета предельной линии сопротивления по подошве одиночного скважинного заряда ВВ. 25. Что называется вместимостью шпуров (скважин) и как она определяется? 26. Выведите формулу Союзвзрывпрома обеспечивающее условие $\mathbf{I}_{заб} = 0,75 W$. 27. Как определяется линия сопротивления по подошве, обеспечивающая условие безопасного бурения скважин? 28. Что такое сетка скважин, как определяется расстояние между скважинами в ряду и расстояние между рядами скважин? 29. Дайте рекомендации по определению величины перебура скважин. 30. Как устанавливаются длина заряда и длина забойки, как они связаны с удельным расходом ВВ?

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

Методические рекомендации для подготовки к зачету

Изучение дисциплины «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» в 8 и А семестрах 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 приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Методические рекомендации для подготовки к экзамену

Изучение дисциплины «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» в 9 семестре завершается сдачей экзамена. Экзамен является формой итогового контроля знаний и умений, полученных на лекциях, семинарских, практических занятиях и в процессе самостоятельной работы.

В период подготовки к экзамену студенты вновь обращаются к пройденному учебному материалу. При этом они не только скрепляют полученные знания, но и получают новые. Подготовка студента к экзамену 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 экзамену 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 представ-

ленных в учебниках точек зрения по спорной проблеме (в том числе отличной от преподавателя), но при условии достаточной научной аргументации.

Основным источником подготовки к экзамену 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 экзамену студентам необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем.

Экзамен проводится по билетам, охватывающим весь пройденный материал. По окончании ответа экзаменатор может задать студенту дополнительные и уточняющие вопросы. На подготовку к ответу по вопросам билета студенту дается 30 минут с момента получения им билета. Положительным также будет стремление студента изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам взрывного дела.

Критерии оценки:

– на оценку «отлично» – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е. студент, представляет всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка "отлично" выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.;

– на оценку «хорошо» – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е. студент представляет полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка "хорошо" выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;

– на оценку «удовлетворительно» – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. студент, представляет знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка "удовлетворительно" выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

– на оценку «неудовлетворительно» – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, т.е. у студента, обнаруживаются пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, достигнуты принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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. 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/element.php?pl1_id=3284. – Заглавие с экрана ISBN 5-7418-0301-6 (в пер.).

2. 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/element.php?pl1_id=3285. – Заглавие с экрана ISBN 5-7418-0313-X.

3. 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.

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

5. 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.).

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

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. 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/element.php?pl1_id=1518. – Заглавие с экрана ISBN 978-5-98672-197-2 (в пер.).

12. 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.

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:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017 Д-593-16 от 20.05.2016 Д-1421-15 от 13.07.2015	11.10.2021 27.07.2018 20.05.2017 13.07.2016
Microsoft Windows 10	Д-1227 от 8.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017 Д-593-16 от 20.05.2016 Д-1421-15 от 13.07.2015	11.10.2021 27.07.2018 20.05.2017 13.07.2016
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	Бессрочно
Mathcad Education - University Edition (200 pack)	Д-1662-13 от 22.11.2013	Бессрочно
КОМПАС 3D V16 на (100 одновременно работающих мест)	Д-261-17 от 16.03.2017	Бессрочно
Autodesk AcademicEdition Master Suite Autocad 2011	К-526-11 от 22.11.2011	Бессрочно

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
KasperskyEndpointSecurityдля бизнеса-Стандартный	Д-300-18 от 21.03.2018 Д-1347-17 от 20.12.2017 Д-1481-16 от 25.11.2016 Д-2026-15 от 11.12.2015	28.01.2020 21.03.2018 25.12.2017 11.12.2016
7Zip	Свободно распространяемое	Бессрочно

1. Российская Государственная библиотека URL: <http://www.rsl.ru/>.
2. Российская национальная библиотека URL: <http://www.nlr.ru/>.
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека России URL: <http://www.gpntb.ru/>.
4. Public.Ru - публичная интернет-библиотека URL: <http://www.public.ru/>.
5. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» URL: <http://e.lanbook.com/>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru URL: <http://elibrary.ru/>.
7. Межведомственная комиссия по взрывному делу при Академии горных наук URL: <http://mvkmine.ru/>.
8. "Взрывное дело" – научно-технический сборник URL: <http://sbornikvd.ru/>.
9. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) ГИАБ URL: <http://www.giab-online.ru/>.
10. Журнал «Физика горения и взрыва» URL: <http://www.sibran.ru/journals/FGV/>.
11. Журнал «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых» URL: <http://www.misd.ru/publishing/jms/>.
12. Научно-технический журнал «Известия высших учебных заведений. Горный журнал» URL: <http://mj.ursmu.ru/>.
13. Горный журнал. Издательский дом «Руда и Металлы» URL: <http://www.rudmet.ru/catalog/journals/1/>.
14. Поисковая система Академия Google (Google Scholar). - URL: <https://scholar.google.ru/>.
15. Информационная система – Единое окно доступа к информационным ресурсам. - URL: <http://window.edu.ru/>.

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ	<p>Электроимпульсная станция. Взрывная камера. Копер с падающим грузом массой 10 и 2 кг. Оборудование для сушки. Виброанализатор портативный «Вибран-3.0». Ультразвуковой прибор «Пульсар-1.2». Весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г Наборы сит. Измерительный инструмент. Макеты средств инициирования. Фото- видеоаппаратура.</p>

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
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.
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
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.