

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО  
доцент О.И. Казанин**

---

**Проректор по образовательной  
деятельности  
Д.Г. Петраков**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# **ФИЗИКА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ И ВЗРЫВАНИИ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Специалитет
<b>Специальность:</b>	21.05.04 Горное дело
<b>Направленность (профиль):</b>	Взрывное дело
<b>Квалификация выпускника:</b>	горный инженер (специалист)
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доц. Чернобай В.И.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» составлена:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО - специалитет по специальности «21.05.04 Горное дело», утвержденного приказом Минобрнауки России № 987 от 12.08.2020 г.;
- на основании учебного плана специалитета по специальности 21.05.04 «Горное дело» направленность (профиль) «Взрывное дело».

Составитель \_\_\_\_\_ доц. Чернобай В.И.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры «Взрывное дело» от 31.01.2021г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н. Казанин О.И.

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** преподавания дисциплины – обучение студентов современным представлениям об особенностях физики разрушения горных пород при разных способах бурения взрывных шпуров и скважин и при взрывании зарядов промышленных ВВ с различными параметрами; а также подготовка теоретической базы студентов для последующего изучения волновых процессов в массиве горных пород при динамическом нагружении, основ и методов производства взрывных работ; формирование у студентов научного стиля мышления, умения ориентироваться в потоке научной и технической информации и применять в будущей научно-исследовательской и проектно-производственной деятельности полученные знания. А именно:

- подготовка выпускника, владеющего классическими и современными методами представления (моделирования) разных физических процессов, протекающих в горных породах при буровзрывных работах, как при открытой, так и при подземной разработке месторождений;
- обучение теоретическим основам и практическим методам исследования различных технологических воздействий на горные породы при буровзрывных работах с учетом изменяющихся условий залегания горных пород;
- получение навыков правильного выбора способов бурения, параметров взрывных работ и схем взрывания зарядов промышленных ВВ для разных горно-геологических и горно-технологических условий.

Цель изучения дисциплины «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» достигается посредством включения в лекционный материал и содержание лабораторных и практических работ основных положений науки и современных технологических разработок, задействованных в области взрывного дела, в том числе параллельное ознакомление с нормативной и инструктивной базой, определяющей и регламентирующей безопасный уровень производства взрывных работ.

**Основные задачи дисциплины** «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» состоят в том, чтобы на основании полученных знаний студенты могли свободно разбираться в сложных процессах воздействия на горные породы при буровзрывных работах; знать закономерности влияния воздействия механических и взрывных нагрузок на горные породы; как в феноменологических приближениях, так и на фундаментальном уровне получить навыки к самостоятельному изучению процессов разрушения горных пород при бурении и взрывании. Такой объем знаний необходим для оценки эффективности существующих и новых технологий разрушения горных пород при ведении буровзрывных работ. Используя эти знания, студенты впоследствии должны уметь правильно выбирать способы бурения, параметры взрывных работ и схемы взрывания зарядов промышленных ВВ для разных горно-геологических и горно-технологических условий. Поэтому, к основным задачам относятся:

- овладение фундаментальными принципами и методами научных физических исследований разрушения горных пород при буровзрывных работах, формирование умения выделить конкретное физическое содержание в проектных и производственных задачах будущей деятельности, освоение приемов и методов решения конкретных задач из различных областей буровзрывного воздействия на горные породы, в том числе при создании или использовании новой техники и новых технологий;
- изучение основных методов оценки эффективности разрушения горных пород при разных способах бурения;
- изучение способов расчета технико-экономических показателей буровых работ в зависимости от режимных параметров, типа буровых станков и инструментов;
- изучение методов оценки эффективности взрывного разрушения горных пород в зависимости от условий взрывания, параметров зарядов промышленных ВВ и свойств пород;
- ознакомление и овладение современной научной аппаратурой и методами исследований, формирование навыков проведения физического эксперимента и умения оценить степень

достоверности результатов, полученных в процессе экспериментального и теоретического исследований буровзрывных процессов в горных породах;

– приобретение способностей для самостоятельной работы и развитие мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области технологии и техники разработки месторождений полезных ископаемых с применением полученных знаний;

– формирование у студентов основ естественнонаучной картины своей будущей специализации.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы по специальности «21.05.04 Горное дело» и изучается в 7-8 семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании», являются «Высшая математика», «Физика», «Геология», «Прикладная механика», «Сопrotивление материалов», «Материаловедение», «Физика горных пород», «Технология и безопасность взрывных работ», «Геомеханика», «Методы и средства изучения быстропротекающих процессов» и др.

Дисциплина «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Прострелочно-взрывные работы в нефтяной и газовой промышленности», «Волновые процессы в массиве горных пород при динамическом нагружении», «Экономика и менеджмент горного производства», «Техника и технология отбойки и подготовки блочного камня», «Методы исследования гранулометрического состава взорванной горной массы», «Технология взрывных работ в нефтяных, угольных и сланцевых шахтах», «Специальные взрывные технологии» и др.

Особенностью дисциплины является изучение научно обоснованных принципов, методов, средств практического достижения возможного и желаемого уровня результативности научных исследований с целью создания высоко безопасных и инновационных технологий разработки полезных ископаемых буровзрывным способом.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способность обосновывать технологию, рассчитывать основные технологические параметры и составлять проектно-сметную документацию для эффективного и безопасного производства буровых и взрывных работ на горных	ПКС-5	<b>ПКС-5.1 Знать:</b> основные понятия о взрывчатых веществах, химических реакциях, протекающих при взрыве; закономерности изменения свойств горных пород и породных массивов под воздействием физических полей; технологию ведения горных работ; методы проведения технических расчетов, анализа состояния производственного потенциала предприятия, материальных и других ресурсов, требуемых для его поддержания на надлежащем уровне;
		<b>ПКС-5.2 Уметь:</b> оценивать влияние свойств горных пород и состояние породного массива на выбор технологии и механизации буровзрывных работ; разрабатывать, реализовывать и контролировать качество и полноту выполнения проектов буровзрывных работ при производстве горных, специальных работ в нефте- и

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
предприятиях, при выполнении специальных взрывных работ на объектах строительства и реконструкции, при сейсморазведке и нефте- и газодобыче		газодобыче, при выполнении сейсморазведочных работ; анализировать ежедневный учет выполнения сменного, недельно-суточного, месячного и годового плана ведения буровзрывных работ; составлять отчеты о производственной деятельности по буровзрывным работам;
		<b>ПКС-5.3 Владеть:</b> основными методиками определения свойств горных пород и породных массивов в лабораторных и натуральных условиях; способностью выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологического производства буровзрывных работ; способностью составлять проектно-сметную документацию для эффективного и безопасного производства буровых и взрывных работ на горных предприятиях, специальных взрывных работ на объектах строительства и реконструкции, при сейсморазведке и нефте- газодобыче.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	
		7	8
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>164</b>	<b>68</b>	<b>96</b>
Лекции (Л)	66	34	32
Практические занятия (ПЗ)	98	34	64
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>88</b>	<b>40</b>	<b>48</b>
Подготовка к практическим занятиям	34	34	-
Выполнение курсового проекта	36	-	36
Аналитический информационный поиск	18	6	12
<b>Промежуточная аттестация -зачет (З), экзамен (Э), курсовой проект (КП)</b>	<b>36</b>	<b>Э(36)</b>	<b>З, КП</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>			
	<b>ак. час.</b>	<b>288</b>	<b>144</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>8</b>	<b>4</b>

##### 4.2 Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

#### 4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Всего ак. часов	Виды занятий			
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
1.	Введение. Способы бурения.	4	2		-	2
2.	Особенности способов бурения	16	6	4	-	6
3.	Закономерности внедрения зубьев бурового инструмента в породу	22	8	6	-	8
4.	Физические процессы при ударно-вращательном способе бурения	22	6	8	-	8
5.	Физические процессы при шарошечном способе бурения	22	6	8	-	8
6.	Физические процессы при вращательном способе бурения	22	6	8	-	8
7.	Разрушение горных пород при камуфлетном взрыве сосредоточенного и удлиненного зарядов в малотрециноватой породе	36	8	16	-	12
8.	Разрушение горных пород при одновременном взрыве нескольких удлиненных зарядов в малотрециноватой породе	36	8	16	-	12
9.	Влияние трещиноватости на эффективность разрушения породы взрывом удлиненного заряда	36	8	16	-	12
10.	Процессы разрушения пород при короткозамедленном взрывании удлиненных зарядов	36	8	16	-	12
<b>ИТОГО:</b>		<b>252</b>	<b>66</b>	<b>98</b>	<b>-</b>	<b>88</b>

#### 4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Введение. Способы бурения.	Классификация способов бурения шпуров и скважин.	2
2.	Особенности способов бурения	Вращательный способ бурения. Вращательно-ударный способ бурения. Ударно-вращательный способ бурения. Шарошечный способ бурения. Огневое бурение. Взрывобурение. Комбинированные способы бурения.	6
3.	Закономерности внедрения зубьев бурового инструмента в породу	Закономерности разрушения горных пород зубьями буровых инструментов. Физика разрушения пород при внедрении в них зубьев буровых инструментов. Сопротивление пород внедрению зубьев.	8
4.	Физические процессы при ударно-вращательном способе бурения	Глубина внедрения зубьев инструмента в породу при ударно-вращательном способе бурения. Скорость ударно-вращательного способа бурения. Буримость горных пород при ударно-вращательном способе бурения. Рекомендации по	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		области применения разных схем нагружения буровых инструментов при ударно-вращательном способе бурения.	
5.	Физические процессы при шарошечном способе бурения	Взаимодействие с породой зубьев шарошечного долота при шарошечном способе бурения. Скорость бурения шарошечными долотами. Энергоемкость шарошечного бурения. Рекомендации по оптимизации применения шарошечного бурения.	6
6.	Физические процессы при вращательном способе бурения	Физика разрушения породы резцами при вращательном способе бурения. Силовое взаимодействие резцов коронок с породой при вращательном способе бурения. Скорость вращательного бурения и особенности разрушения пород. Рекомендации по оптимизации применения вращательного бурения.	6
<b>Итого за 7 семестр:</b>			<b>34</b>
7.	Разрушение горных пород при камуфлетном взрыве сосредоточенного и удлиненного зарядов в малотрещиноватой породе	<p>Основные этапы действия камуфлетного взрыва сосредоточенного заряда ВВ на горную породу. Явления сублимации горных пород. Процесс мелкодисперсного дробления горной породы в период ее динамического нагружения продуктами детонации. Явление дилатансии мелкодробленой породы. Закономерности распределения напряжений и скоростей частиц в зоне мелкодисперсного дробления.</p> <p>Характер распределения напряжений в породе около заряда в период динамического нагружения и формирование квазистатических полей напряжений. Процессы развития зоны радиального трещинообразования. Процесс формирования кольцевых трещин около заряда. Процессы формирования, выделения упругой сейсмической волны и ее распространения по массиву горных пород. Процессы разрушения отдельностей под действием сейсмических взрывных волн. Оценка времени деформирования, движения и вылета забойки из шпуров и скважин при взрыве удлиненных зарядов. Оценка времени истечения продуктов детонации из шпуров и скважин на процесс снижения давления во взрывных полостях.</p>	8
8.	Разрушение горных пород при одновременном взрыве нескольких удлиненных зарядов в малотрещиноватой породе	Характерные параметры скорости детонации промышленных ВВ, скорости распространения упругих волн и расстояния между двумя соседними зарядами. Относительная доля влияния суперпозиции взрывных волн при одновременном взрыве нескольких удлиненных зарядов на процесс разрушения горных пород. Изменения поля квазистатического напряжения около одного заряда за счет влияния соответствующих полей направлений, возникающих при одновременном взрыве соседних зарядов. Критическое расстояние между зарядами и формирование общей трещины по плоскости расположения зарядов при их одновременном взрыве. Явление снижения длин трещин около данного заряда за счет действия взрывных волн от соседних зарядов.	8
9.	Влияние трещиноватости на эффективность разрушения породы взрывом удлиненного заряда	Взрыв удлиненного заряда вблизи открытой поверхности. Явления откола, прорастания трещины по ЛНС, выброса и величины глубин заложения зарядов, соответствующих моменту формирования этих явлений. Закономерности формирования и изменения взрывных волн по мере их распределения по массиву. Характер контакта отдельностей между собой в трещиноватом массиве. Процессы сближения отдельностей между собой под действием взрывных волн, преломление этих волн и локализация энергии взрыва вблизи заряда. Процессы разрушения отдельностей под действием взрывных волн. Формирование нарушенности в блоках пород под действием взрывных волн.	8

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
10.	Процессы разрушения пород при короткозамедленном взрывании удлиненных зарядов	Влияние суперпозиции взрывных волн соседних зарядов на процесс разрушения ими породы. Взрывное разрушение пород зарядом, расположенным около двух дополнительных свободных поверхностей (поверхностей обнажения). Разрушение отдельностей при соударении.	8
<b>Итого за 8 семестр:</b>			<b>32</b>
<b>Итого:</b>			<b>66</b>

#### 4.2.3 Практические (семинарские) занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (ак. час.)
1.	2	Просмотр видеоматериалов по способам бурения.	2
2.	4	Глубина внедрения зубьев инструмента в породу при его безударном нагружении	2
3.	4	Глубина внедрения зубьев инструмента в породу при его нагружении выносными пневмо- и гидроударниками	4
4.	4	Глубина внедрения зубьев инструмента в породу при его нагружении погружными пневмо- и гидроударниками	4
5.	4	Скорость ударно вращательного способа бурения шпуров и скважин	4
6.	5	Скорость бурения шарошечными долотами	6
7.	6	Силовое взаимодействие резцов коронок с породой при вращательном бурении	6
8.	6	Технико-экономические показатели буровых работ	6
<b>Итого за 7 семестр:</b>			<b>34</b>
9.	7	Анализ напряженного состояния полупространства. Напряженное состояние полупространства под действием нагрузки, распределенной на свободной поверхности (объемная задача).	6
10.	7	Методика расчета лунки разрушения.	8
11.	7	Тепловые и термомеханические процессы разрушения.	6
12.	8	Суперпозиция напряжений от двух цилиндрических зарядов (плоская задача).	8
13.	8	Камуфлетный взрыв. Оценка размеров разных зон разрушения при взрыве зарядов с разной теплотой взрывчатого превращения ВВ в разных породах	8
14.	8	Оценка взаимного влияния двух одновременно взрывааемых одинаковых удлиненных зарядов на процесс разрушения ими горных пород.	6
15.	9	Камуфлетный взрыв удлиненного заряда. Оценка размеров зон и объемов разрушения разных пород при использовании ВВ с разными параметрами	8
16.	9	Оценка влияния глубины заложения удлиненного заряда на процесс взрывного разрушения им разных горных пород при различных термодинамических характеристиках ВВ.	6
17.	9	Влияние ширины взрываемого уступа на показатели буровзрывных работ. Дробление и измельчение горных пород.	8
<b>Итого за 8 семестр:</b>			<b>64</b>
<b>Итого:</b>			<b>98</b>

#### 4.2.4 Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

#### 4.2.5 Курсовые работы (проекты)

№ п/п	Тематика курсовых работ (проектов)
1.	Теоретическая оценка КПД использования энергии удара на разрушение породы при ударно-вращательном способе бурения шпуров и скважин в крепких породах (на примерах станков УКБ, с погружными пневмоударниками и выносными перфораторами при глубинах скважин от 0 до 20 м).
2.	Теоретическая оценка формирования пылевидных фракций при бурении взрывных скважин в крепких горных породах шарошечными станками СБШ-250, СБШ-200, СБШ-160.
3.	Установление закономерностей степени разрушения горных пород взрывом зарядов ВВ разной массы и различной энергии.
4.	Установление закономерностей формирования мелкодисперсных фракций при разрушении блоков взрывом удлиненных зарядов.
5.	Теоретическая оценка процесса разрушения горных пород при их рыхлении взрывом скважинных зарядов на карьерах.
6.	Оценка влияния параметров зарядов ВВ на степень дробления горных пород взрывом.
7.	Расчет параметров поля напряжений в поперечной плоскости к заряду ВВ (системе зарядов) при его инициировании в образце ГП или твердого тела.
8.	Процессы формирования поля напряжений при взрыве сосредоточенного заряда.
9.	Процессы формирования поля напряжений при взрыве удлиненного заряда.
10.	Формирование зон мелкодисперсного дробления.
11.	Радиальное трещинообразование и выделение сейсмической волны.
12.	Особенности разрушения горных пород при одновременном взрывании нескольких удлиненных зарядов.
13.	Особенности разрушения горных пород при последовательном взрывании нескольких удлиненных зарядов.
14.	Явление формирования одной генеральной трещины по плоскости расположения зарядов.
15.	Контурное взрывание.
16.	Закономерности разрушения горных пород взрывом в зоне нерегулируемого дробления.
17.	Процесс разрушения горных пород кумулятивными зарядами.
18.	Формирование одной общей полости при последовательном взрывании нескольких удлиненных зарядов.
19.	Моделирование взаимодействия сферических источников напряжений.

### 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущие консультации накануне защиты зачета, экзамена) являются одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении

материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

**Курсовое проектирование** формирует навыки самостоятельного профессионального творчества.

## **6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Введение. Способы бурения**

1. Основные понятия и теории в вопросах прочности ГП.
2. Горно-технологические параметры ГП и выбор бурового оборудования.
3. Способы бурения шпуров и скважин. Классификация.
4. Современное буровое оборудование, области применения.
5. Основные особенности влияния выбора бурового оборудования на последующие производственные процессы.

#### **Раздел 2. Особенности способов бурения**

1. Отличительные особенности различных способов бурения.
2. Принципы выбора того или иного способа бурения под горно-геологические и прочие условия.
3. Основные технические параметры, характеризующие отдельные способы бурения.
4. Положительные и отрицательные особенности каждого способа бурения.
5. Энергоемкость различных способов бурения.

#### **Раздел 3. Закономерности внедрения зубьев бурового инструмента в породу**

1. Механика развития напряжений в ГП при внедрении зубьев бурового инструмента.
2. Известные модели, описывающие процесс внедрения зубьев бурового инструмента в ГП.
3. Критерии прочности ГП и их связь с параметрами внедрения зубьев бурового инструмента.
4. Виды разрушения ГП при внедрении зубьев бурового инструмента.
5. Пути оптимизации разрушения ГП при внедрении зубьев бурового инструмента.

#### **Раздел 4. Физические процессы при ударно-вращательном способе бурения**

1. Разрушение ГП при ударно-вращательном способе бурения.
2. Технологическая характеристика ударно-вращательного способа бурения.
3. Типы станков для ударно-вращательного способа бурения; области их применения.
4. Типы применяемых долот.
5. Влияние типа долот и скорости бурения на буримость ГП и производительность.

#### **Раздел 5. Физические процессы при шарошечном способе бурения**

1. Схемы расположения шарошек в долоте и их влияние на бурение.
2. Способы оптимизации скорости шарошечного бурения.
3. Механизмы потери прочности ГП при шарошечном способе бурения.
4. Энергоемкость разрушения ГП при шарошечном способе бурения.
5. Рекомендации по выбору шарошек.

#### **Раздел 6. Физические процессы при вращательном способе бурения**

1. Технологические характеристики вращательного способа бурения.
2. Способы оптимизации скорости вращательного способа бурения и производительности.
3. Механизмы потери прочности ГП при вращательном способе бурения.

4. Энергоемкость разрушения ГП при вращательном способе бурения.
5. Рекомендации по выбору разрушающего инструмента при вращательном способе бурения и различных горно-геологических условиях.

#### **Раздел 7. Разрушение горных пород при камуфлетном взрыве сосредоточенного и удлиненного зарядов в малотрещиноватой породе**

1. Закономерности механизма действия камуфлетного взрыва сосредоточенного заряда ВВ на ГП.
2. Дробление ГП в ближней зоне действия взрыва.
3. Распределение напряжений и скоростей частиц ГП в бризантной зоне. Влияние трещиноватости.
4. Квазистатическая стадия действия взрыва заряда ВВ на ГП.
5. Формирование волновых процессов в ГП при камуфлетном взрыве сосредоточенного и удлиненного зарядов.

#### **Раздел 8. Разрушение горных пород при одновременном взрыве нескольких удлиненных зарядов в малотрещиноватой породе**

1. Суперпозиция взрывных волн в ГП при одновременном взрыве нескольких удлиненных зарядов ВВ.
2. Процессы разрушения горных пород при одновременном взрывании нескольких промышленных зарядов ВВ.
3. Механизмы трещинообразования и типы трещин.
4. Динамика взрывного нагружения и энергонасыщение разрушаемого массива ГП.
5. Предразрушение вблизи свободных поверхностей.

#### **Раздел 9. Влияние трещиноватости на эффективность разрушения породы взрывом удлиненного заряда**

1. Откольные явления при взрыве удлиненного заряда ВВ и взаимосвязь с ЛНС.
2. Стадии распространения взрывных волн в различных зонах трещинообразования при взрыве удлиненного заряда ВВ.
3. Механизм взаимодействия кусков ГП в трещиноватом массиве при взрыве удлиненного заряда ВВ.
4. Локализация энергии взрыва вблизи сдетонированного удлиненного заряда ВВ в трещиноватом массиве ГП.
5. Предпосылки к закономерному формированию грансостава разрушенной горной массы.

#### **Раздел 10. Процессы разрушения пород при короткозамедленном взрывании удлиненных зарядов**

1. Формирование поля напряжений при КЗВ удлиненных зарядов.
2. Влияние свободных поверхностей на процесс взрывного дробления ГП.
3. Механизмы и закономерности формирования грансостава разрушенной горной массы при КЗВ удлиненных зарядов.
4. Методы влияния на параметры грансостава.
5. Рекомендации по оптимизации взрывного дробления массива ГП.

##### ***6.1.1 Перечень оцениваемых этапов по курсовой работе (по дисциплине):***

1. Реферат (описание темы работы, общие вопросы, термины, закономерности).
2. РГЗ (построение математической модели рассматриваемых процессов).
3. Промежуточный отчет (предварительные расчеты по реализуемой модели/алгоритму).
4. Пояснительная записка/отчет. Доклад. Презентация (показ работы модели/алгоритма).

## **6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

### **6.2.1 Примерный перечень вопросов/заданий к зачету, экзамену (по дисциплине):**

1. Перечислите способы бурения.
2. За счет каких режимных параметров происходит разрушение породы зубьями бурового инструмента при вращательном способе бурения?
3. Достоинства и недостатки вращательного способа бурения.
4. За счет каких режимных параметров происходит разрушение породы зубьями бурового инструмента при вращательно-ударном способе бурения?
5. Какие конструкции буровых машин и станков ударно-вращательного способа бурения существуют в данный момент?
  6. Область применения ударно-вращательного способа бурения в выносим ППУ.
  7. Достоинства и недостатки ударно-вращательного способа бурения.
  8. Область применения шарошечного способа бурения.
  9. Сущность огневого бурения
  10. Сущность взрывобурения.
  11. Сущность электроимпульсного бурения.
  12. За счет каких режимных параметров происходит разрушение породы зубьями бурового инструмента при ударно-шарошечном способе бурения?
  13. Примеры буровых станков ударно-шарошечного способа бурения.
  14. Сущность режуще-шарошечного способа бурения.
  15. Область применения режуще-шарошечного способа бурения.
  16. Процессы внедрения зубьев буровых инструментов на различных стадиях.
  17. Что такое «ядро» при внедрении зубьев буровых инструментов?
  18. Процесс внедрения зубьев буровых инструментов в пластичные породы.
  19. Особенности процесса разрушения пород сколом или срезом.
  20. Какова скорость внедрения зубьев буровых инструментов при ударно-вращательном способе бурения?
  21. Схема внедрения зуба в породу.
  22. Коэффициент квазистатичности – это.
  23. Схема распределения напряжений при внедрении зуба.
  24. Возможная траектория трещины – это.
  25. Чему в общем случае равна сила сопротивления породы внедрению в нее зуба бурового инструмента?
  26. Под действием какой энергии происходит внедрение зубьев бурового инструмента в породу при его безударном нагружении?
  27. Как зависит глубина внедрения зубьев буровых инструментов в породу от физико-технических свойств последней при ударно-вращательном бурении?
  28. По какому закону возрастает сила сопротивления породы по мере внедрения в нее зуба шарошечного долота?
  29. Как зависит сила взаимодействия зубьев шарошечного долота с породой от ее физико-технических свойств?
  30. При каких значениях осевой нагрузки достигается максимальная проходка долот и почему?
  31. Какой процесс является определяющим при очистке от шлама скважин продувкой ее сжатым воздухом?
  32. Каковы минимальные значения скорости движения воздуха по затрубному пространству, обеспечивающие эффективный вынос из скважины продуктов разрушения размером до 20 мм?
  33. Как зависит скорость шарошечного бурения скважин от частоты вращения долота?
  34. При каких условиях скорость шарошечного бурения скважин пропорциональна частоте вращения долота?
  35. Что понимается под энергоемкостью разрушения?

36. Как определяется энергоёмкость шарошечного способа бурения взрывных скважин?
37. Рекомендации по совершенствованию шарошечного способа бурения.
38. Как происходит разрушение хрупких пород резцами?
39. От каких свойств горных пород и как зависит скорость вращательного бурения?
40. Почему на резцах необходимо делать рассечки и каковы их параметры?
41. Почему при прочих равных условиях с увеличением крепости пород уменьшается необходимая величина крутящего момента для вращательного бурения шпуров?
42. Каковы области применения ударно-шарошечного способа бурения взрывных скважин?
43. Как определяется выбор диаметра скважин по отношению к высоте уступа?
44. Что такое удельный расход ВВ и как он связан с высотой уступа?
45. Что такое акустическая жесткость ГП и как её учитывают в технологиях взрывных работ?
46. Что такое синтезированный критерий эффективности взрыва ВВ?
47. Как определяется мощность взрыва и как она зависит от удельной теплоты взрыва?
48. В каких пределах находится скорость детонации современных ВВ?
49. Что такое удельная потенциальная энергия взрывного разрушения?
50. В чем заключается суть основных постулатов теории разрушения Гриффитса?
51. Чем определяется потенциальная энергия упругого тела, сдерживающая трещину?
52. Что такое критическое напряжение? Какова связь его с модулем упругости и коэффициентом Пуассона?
53. Как влияет линейный размер тела на критические напряжения?
54. Что собой представляет область концентрации напряжений при нагрузках у вершины трещины?
55. Что собой представляет «Теория квазихрупкого разрушения»?
56. Как определяется энергия диссипации при трещинообразовании?
57. В чем заключается условие достижения критического числа микротрещин?
58. Укажите критерии хрупкого и вязкого разрушений. От чего зависит хрупкость разрушаемого материала?
59. Как ориентировано развитие трещин при хрупком разрушении, при вязком разрушении?
60. Чем определяется характер изменения скорости роста трещин во времени?
61. Что такое явление крипа? Что такое аттрактор и «дерево» Кейли?
62. Как определяется вероятность встречи активных и пассивных трещин?
63. Может ли происходить трещинообразование в виде цепной реакции типа горного удара? Если да, то в каких случаях?
64. Что собой представляют критерии сейсмической опасности?
65. Каким образом можно учесть время действия взрывной волны при определении скорости трещинообразования?
66. Как отличаются значения скорости трещинообразования поперек слоистости ГП и вдоль, например, в апатит-нефелиновых породах?
67. Назовите основные факторы действия взрыва, формирующие известные зоны трещинообразования.
68. Укажите зоны распространения ударной волны, волн сжатия и сейсмических волн в массиве ГП при взрыве заряда ВВ.
69. Что такое критическая скорость разрушения? Как она связана с удельной работой разрушения?
70. Как определяется пластичность ГП?
71. Что собой представляют зона дробления, зона нарушения, зона сотрясений, зона естественного состояния?
72. Как происходит распределение скорости продольных волн во взорванном массиве?
73. Как определяются разрушающие напряжения в характерных зонах действия взрыва?

74. Укажите основные стадии действия взрыва. В какой момент нарушается связь волны купола с окружающим массивом?
75. Назовите основные параметры взрывного нагружения ГП.
76. Как определяется импульс давления при взрыве заряда ВВ?
77. Как определяется давление на фронте ударной волны?
78. Чем обусловлены параметры взрывных волн на границе раздела ВВ-ГП?
79. Используются ли законы акустики при исследовании падения детонационных волн на плоскость разрушаемой среды? Если да, то как и что учитывается при этом?
80. Каким образом учитывается затухание волны с расстоянием от заряда ВВ не сферической формы?
81. За счет чего формируется поле напряжений при взрыве удлиненного заряда ВВ?

### 6.2.2 Примерные тестовые задания к зачету, экзамену

#### Вариант №1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Какими размерами по длине обладают дефекты в ГП, относящиеся к макротрещинам?	1. 0,01 – 10 см 2. 10 – 100 см 3. 0,001 – 0,01 см 4. такой категории трещин не существует
2.	Какими характерными особенностями обладают прочностные показатели горных пород?	1. возрастают с уменьшением размера зерен 2. уменьшаются с уменьшением размера зерен 3. не изменяются с изменением размеров зерен 4. вопрос в науке не изучен
3.	Укажите правильную единицу измерения коэффициента Пуассона.	1. кгс/см <sup>2</sup> 2. кг/см <sup>2</sup> 3. Па/с·м 4. безразмерная величина
4.	Какой показатель определяется отношением работы разрушения реального тела при одноосном сжатии к удельной работе разрушения идеально упругой породы?	1. коэффициент вязкости 2. коэффициент хрупкости 3. коэффициент Пуассона 4. коэффициент пластичности
5.	Какая теория используется для расчета паспорта прочности горной породы?	1. теория Гриффитса 2. теория хрупкого разрушения 3. теория Вобана 4. теория Мора

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
6.	Чем в соответствии с теорией квазихрупкого разрушения является величина необратимой работы $e_s$ (равная удельной поверхностной энергии трещины), затраченной на образование единицы площади свободной поверхности тела при развитии трещины?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. инвариантной характеристикой данного материала, зависящей только от точки Кюри</li> <li>2. инвариантной характеристикой данного материала, зависящей только от нагрузок, формы и размеров тела</li> <li>3. константой данного материала, не зависящей от нагрузок, формы и размеров тела</li> <li>4. константой данного материала, зависящей от нагрузок, формы и размеров тела</li> </ol>
7.	Чем является в теории прочности Мора тангенс угла $\varphi$ в уравнении, описывающем связь между касательными и нормальными напряжениями?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сцеплением</li> <li>2. коэффициентом хрупкости</li> <li>3. углом внутреннего трения</li> <li>4. коэффициентом трения</li> </ol>
8.	Что описывает закон Розина–Раммлера и Вейбулла?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. зависимость формирования грансостава от скорости нагружения</li> <li>2. зависимость формирования грансостава от добротности и коэффициента крепости</li> <li>3. распределение размеров кусков при дроблении</li> <li>4. такой закон не существует</li> </ol>
9.	Что утверждает Кинетическая теория разрушения С.Н. Журкова?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. чем более длительное время нагрузки действуют на горную породу, тем больше становятся упругие свойства и тем значительно проявляются их пластические свойства</li> <li>2. чем более длительное время нагрузки действуют на горную породу, тем меньше становятся упругие свойства и тем значительно проявляются их пластические свойства</li> <li>3. чем более короткое время нагрузки действуют на горную породу, тем больше становятся упругие свойства и тем значительно проявляются их пластические свойства</li> <li>4. время воздействия нагрузок на горную породу не влияет на упругие и пластические свойства ГП</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
10.	Под каким углом по направлению к оси действия внешней нагрузки ориентация трещины в образце приводит к разрушению его при минимальных нагрузках?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 30°</li> <li>2. 45°</li> <li>3. 60°</li> <li>4. 90°</li> </ol>
11.	По какой причине происходит взрывное разрушение в зоне величиной $(2-4)r$ (радиуса заряда)?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. за счет преодоления энергии связей между молекулами</li> <li>2. за счет преодоления энергии связей между кристаллами или минералами</li> <li>3. за счет преодоления энергии связей по микро- и макродефектам</li> <li>4. за счет преодоления сил сцепления</li> </ol>
12.	Укажите верное утверждение с точки зрения энергоэффективности разрушения, характерное динамическому нагружению (взрыванию).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. расходы энергии на разрушение пластичных пород в четыре раза меньше, чем хрупких</li> <li>2. высокопрочные, но хрупкие породы значительно сложнее разрушаются, чем более слабые, но пластичные</li> <li>3. высокопрочные, но хрупкие породы значительно легче разрушаются, чем более слабые, но пластичные</li> <li>4. стекла в близлежащих зданиях из окон вылетают с характерным звуком</li> </ol>
13.	Какая величина имеет единицу измерения Н/м <sup>2</sup> ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. удельная энергия разрушения</li> <li>2. удельный вес ГП</li> <li>3. коэффициент Пуассона</li> <li>4. экспозиция взрываемости</li> </ol>
14.	В каких породах обычно используются для бурения скважин струйные взрывобуры с соответствующими оптимальными диаметром и глубиной бурения?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. в крепких породах диаметром 100–300 мм, глубиной до 100 м</li> <li>2. в крепких породах диаметром до 100 мм, глубиной до 20 м</li> <li>3. в породах различной крепости диаметром до 200 мм, глубиной до 30 м</li> <li>4. в породах различной крепости диаметром 100–300 мм, глубиной до 100 м</li> </ol>
15.	Каким основным показателем определяется энергоемкость процесса разрушения горной породы?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. объемной концентрацией энергии</li> <li>2. удельным расходом ВВ</li> <li>3. глубиной скважин</li> <li>4. способом инициирования</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
16.	Что такое эффективный радиус заряда?	1. радиус эквивалентного по массе эталонного заряда 2. радиус эквивалентного по энергии взрыва эталонного заряда 3. радиус эквивалентного по массе сферического заряда 4. радиус эквивалентного по энергии взрыва заряда с эталонной плотностью
17.	Каким значением по отношению к диаметру заряда обладает величина зоны смятия и переизмельчения?	1. 100-200 диаметров заряда 2. 50-60 диаметров заряда 3. $2,5 \div 4$ – диаметров заряда 4. 1-2 диаметра заряда
18.	Что происходит со скоростью распространения ударной волны при увеличении трещиноватости горной породы?	1. плавно снижается 2. не изменяется 3. значительно снижается 4. значительно повышается
19.	В каком направлении образуется плоскость разрушения при одновременном взрыве двух одинаковых цилиндрических зарядов в безграничном пространстве?	1. перпендикулярно линии, соединяющей заряды 2. вдоль линии, соединяющей заряды 3. плоскость разрушения пойдет по оси одного из зарядов 4. разрушение будет хаотичным
20.	Контурное взрывание при уступной отбойке целесообразно проводить с ...	1. диаметром заряда меньше, чем диаметр скважины 2. диаметром заряда равным диаметру скважины 3. фугасным зарядом 4. камуфлетным взрыванием

**Вариант №2**

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Примерно какое значение по отношению к скорости продольных волн $C_p$ составляет в изотропной среде скорость роста трещины?	1. $10 C_p$ 2. $0,1 C_p$ 3. $0,4 C_p$ 4. $13 C_p$
2.	Что в своей основе использует теория квазихрупкого разрушения ГП?	1. единый энергетический подход к решению задачи разрушения породы, учитывая только пластический механизм разрушения 2. единый энергетический подход к решению задачи разрушения породы, учитывая только ударный механизм разрушения 3. единый энергетический подход к решению задачи разрушения породы, учитывая хрупкий и пластический механизмы разрушения 4. не использует единый энергетический подход к решению задачи разрушения породы, но учитывает хрупкий и пластический механизмы разрушения
3.	Укажите верное толкование «масштабному эффекту», который принято использовать в теориях разрушения ГП?	1. предельный размер образца, когда начинает падать прочность, составляет около 10 см 2. предельный размер образца, когда начинает падать прочность, составляет около 100 см 3. размер образца влияет на его прочность непредсказуемо 4. «масштабного эффекта» не существует
4.	Что происходит со структурами напряженных неоднородностей на стадии подготовки разрушения в соответствии с моделью твердого тела с неоднородностями по В.И. Родионову?	1. при деформировании тела наступает разупорядочение структуры в смысле распределения неоднородностей по размерам 2. скорость нагружения не влияет на формирование неоднородностей конкретного размера 3. при деформировании тела распределение неоднородностей по размерам влияет на скорость нагружения 4. каждой скорости нагружения соответствуют неоднородности своего размера

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
5.	К чему приводят при высокой скорости деформации дополнительные неупругие напряжения, складываясь с упругими?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. только к увеличению эффективной прочности</li> <li>2. релаксации напряжений</li> <li>3. к увеличению жесткости тела</li> <li>4. пластическим деформациям</li> </ol>
6.	В каком случае разрушение будет необратимым (быстрым)?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. если образование поверхности трещины приобретет пластический характер</li> <li>2. если поток энергии превысит удельную энергию образования поверхности трещины</li> <li>3. если критерий дробимости превысит по значению вязкость разрушения</li> <li>4. этого не случается</li> </ol>
7.	<p>Каким выражением определяют зону пластической деформации?  (<math>E</math> – модуль упругости, <math>\sigma_0</math> – предел прочности, <math>\delta_c</math> – критическое раскрытие трещины)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{\pi\sigma_0}{6E\delta_c}</math></li> <li>2. <math>\sqrt[3]{\frac{\delta_c E}{2\pi\sigma_0}}</math></li> <li>3. <math>\frac{E\delta_c}{6\pi\sigma_0}</math></li> <li>4. <math>\frac{E\delta_c}{2\pi\sigma_0}</math></li> </ol>
8.	Что является основой положения о квазихрупком разрушении, при использовании которой установлены законы разрушения Риттингера, Кирпичева-Кика и Бонда?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. константой материала является критическое раскрытие трещины</li> <li>2. константой материала является поверхностная энергия</li> <li>3. константой материала является его плотность</li> <li>4. константой материала является критическая скорость, соответствующая пластическим деформациям</li> </ol>
9.	До каких расстояний по отношению к радиусу заряда $r$ простирается ближняя зона взрывного разрушения?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>(2-4)r</math></li> <li>2. <math>(0,5-2)r</math></li> <li>3. <math>(3-8)r</math></li> <li>4. нанослой, прилегающий к стенке шпура (скважины)</li> </ol>
10.	Какую закономерность можно заметить при сравнении расходов энергии на разрушение пластичных пород по отношению к расходам энергии на разрушение хрупких?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. расходы энергии на разрушение пластичных пород в четыре раза меньше, чем хрупких</li> <li>2. расходы энергии на разрушение пластичных пород в три раза больше, чем хрупких</li> <li>3. расходы энергии на разрушение пластичных пород в шесть раз больше, чем хрупких</li> <li>4. подобной закономерности не выявлено</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
11.	Что происходит с энергией разрушения для одной и той же породы, если её (ГП) разрушать до одной и той же степени дробления различными методами?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. зависит от многих факторов непредсказуемо</li> <li>2. зависит по установленным в теории разрушения законам (например, Риттингера, Кирпичева-Кика и Бонда)</li> <li>3. увеличивается экспоненциально в процессе достижения установленной степени дробления</li> <li>4. остается постоянной</li> </ol>
12.	Что лежит в основе описания разрушения горных пород?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. закон Ньютона</li> <li>2. газовая динамика</li> <li>3. механика сплошных сред</li> <li>4. квантовая механика</li> </ol>
13.	Что собой представляет долговечность разрушения?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. время от начала действия нагрузки до разрушения</li> <li>2. время действия волны напряжения</li> <li>3. время квазистатической стадии действия взрыва</li> <li>4. время нахождения образца под нагрузкой</li> </ol>
14.	В каком случае может быть образована откольная зона для одного заряда?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. при отсутствии свободной поверхности</li> <li>2. в безграничном полупространстве</li> <li>3. при наличии заряда малой мощности</li> <li>4. при наличии свободной поверхности</li> </ol>
15.	Каким показателем пользуются при описании процесса отражения ударной волны от границы раздела двух сред?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сумма акустических жесткостей</li> <li>2. разность акустических жесткостей</li> <li>3. произведение акустических жесткостей</li> <li>4. отношение акустических жесткостей</li> </ol>
16.	Как изменяется критический диаметр заряда при увеличении скорости детонации?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. значительно увеличивается</li> <li>2. увеличивается</li> <li>3. уменьшается</li> <li>4. эти величины не взаимосвязаны</li> </ol>
17.	Каким образом обычно создается камуфлетная полость?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. линейным зарядом</li> <li>2. шпуровым зарядом</li> <li>3. сосредоточенным зарядом</li> <li>4. кумулятивным зарядом</li> </ol>
18.	Что собой представляет фазовый переход при разрушении горных пород?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменение агрегатного состояния всей горной породы</li> <li>2. переход породы в расплавленное состояние</li> <li>3. изменение агрегатного состояния среды на поверхностях образующихся трещин</li> <li>4. сублимация молекул ГП</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Что в значительной мере влияет на формирование грансостава в зоне отколов?	1. размеры откольных слоев 2. естественная блочность 3. дробление породы волной разрезания 4. ограничение естественной блочности толщиной первого откольного слоя
20.	Что происходит с энергией активации разрушения при увеличении длины трещины?	1. увеличивается пропорционально $\sqrt{l_{TP}}$ 2. изменяется пропорционально $(l_{TP})^{-1/2}$ 3. изменяется пропорционально $3\sqrt{l_{TP}}$ 4. не изменяется

### Вариант №3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Какой размер по длине имеют дефекты в ГП, относящиеся к микротрещинам?	1. 0,01 – 10 см 2. 10 – 100 см 3. 0,001 – 0,01 см 4. такой категории трещин не существует
2.	Укажите перечень горно-технологических показателей, которые можно отнести к частным, а не к общим:	1. твердость, коэффициент крепости, дробимость 2. дробимость, экскавируемость, показатель трудности бурения 3. коэффициент трения, взрываемость, твердость 4. такого разделения, как на «общие» и «частные», не существует
3.	Что подразумевается под обозначением $\eta$ в определении тангенциальных напряжений по формуле $\tau = \eta \frac{d\varepsilon}{dt}$ , в которой также учитывается скорость деформирования ГП?	1. коэффициент внутреннего трения 2. коэффициент хрупкости 3. коэффициент Пуассона 4. коэффициент пластичности
4.	Что является мерой сингулярности напряжений в окрестности трещины?	1. коэффициент интенсивности пластических деформаций 2. коэффициент релаксации напряжений 3. критерий дробимости 4. вязкость разрушения

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
5.	Какой постулат положен в основу теории хрупкого разрушения Гриффитса?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. дезинтеграция ГП может развиваться только при условии хрупкого разрушения</li> <li>2. начало разрушения обусловлено наличием некоторой критической трещины в объеме твердого тела</li> <li>3. атомы кристаллической решетки могут скользить с одного уровня на другой, поэтому при разрушении тела требуются меньшие усилия, чем для достижения энергии активации</li> <li>4. такой теории не существует, Гриффитс создал теорию пластического разрушения</li> </ol>
6.	Что характерно для взрывного разрушения ГП?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. удельная поверхностная энергоемкость является физической константой породы, не зависящей от способа ее разрушения</li> <li>2. удельная поверхностная энергоемкость не является физической константой породы и зависит от способа ее разрушения</li> <li>3. удельная поверхностная энергоемкость является физической константой породы, но зависит от способа ее разрушения</li> <li>4. удельная поверхностная энергоемкость не является физической константой, характеризующей взрывное разрушение</li> </ol>
7.	Что конкретно определяет добротность? (которая используется в качестве дополнительной характеристики прочности ГП в модели твердого тела с неоднородностями в представлении по В.И. Родионову)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. количество зерен в образце</li> <li>2. количество неоднородностей в образце</li> <li>3. количество минералов в образце</li> <li>4. такого параметра не существует для описания прочностных характеристик ГП</li> </ol>
8.	Чем является утверждение о том, что полная работа дробления состоит из работы деформации в объеме разрушаемого куска и работы образования новых поверхностей?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. гипотезой В.Л. Кирпичева и Кика</li> <li>2. законом дробления Риттингера</li> <li>3. обобщенным законом П.А. Ребиндера</li> <li>4. данное утверждение в корне неверно</li> </ol>
9.	За счет чего происходит взрывное разрушение в зоне величиной $(3-8)r$ (радиуса заряда)?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. за счет преодоления энергии связей между молекулами</li> <li>2. за счет преодоления энергии связей между кристаллами или минералами</li> <li>3. за счет преодоления энергии связей по микро- и макродефектам</li> <li>4. за счет преодоления сил сцепления</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
10.	С какой скоростью может происходить рост трещин в процессе разрушения ГП?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. близкой к скорости нагружения</li> <li>2. близкой к скорости света в веществе</li> <li>3. близкой к дрейфовой скорости зарядов проводимости в ГП</li> <li>4. близкой к скорости волны Релея</li> </ol>
11.	Какой параметр выступает в качестве коэффициента пропорциональности между продольными и поперечными деформациями?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. коэффициент Пуассона</li> <li>2. показатель действия взрыва</li> <li>3. коэффициент сближения скважин</li> <li>4. удельный расход</li> </ol>
12.	Что на практике обычно применяют в технологических целях для создания дополнительной обнаженной поверхности при взрывных работах?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. короткозамедленное взрывание</li> <li>2. одновременное взрывание группы зарядов</li> <li>3. изменение конструкции заряда</li> <li>4. увеличение массы заряда</li> </ol>
13.	От чего зависит величина коэффициента использования шпура?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. от технологии буровых работ</li> <li>2. от количества свободных поверхностей</li> <li>3. от времени воздействия взрыва</li> <li>4. от площади забоя</li> </ol>
14.	Какие зоны уместятся на пути простирания линии наименьшего сопротивления от зарядов первого ряда при уступной отбойке?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. упругих колебаний, нерегулируемого дробления</li> <li>2. упругих колебаний, контролируемого измельчения</li> <li>3. откольная, регулируемого дробления, упругих колебаний</li> <li>4. смятия и переизмельчения, регулируемого дробления, откольная</li> </ol>
15.	По какому признаку принято разделение массива ГП в основе классификации НКВД?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. по естественным трещинам</li> <li>2. по взрываемости</li> <li>3. по буримости</li> <li>4. по абразивности</li> </ol>
16.	Какие размеры принимают зоны смятия и переизмельчения при упруго-хрупком взрывном разрушении горной породы?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. не зависят от вида разрушения</li> <li>2. максимальные</li> <li>3. минимальные</li> <li>4. определяются областью пластических деформаций</li> </ol>
17.	Как изменяется критический диаметр заряда с увеличением теплоты взрыва?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. не изменяется</li> <li>2. увеличивается</li> <li>3. уменьшается</li> <li>4. эти величины не взаимосвязаны</li> </ol>
18.	В каком случае используются пунктирные заряды в рыхлых породах?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. при проведении канав</li> <li>2. при проходке горных выработок</li> <li>3. при уступной отбойке на щебень</li> <li>4. при прострелочных работах</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Чему равно напряжение на открытой поверхности при взаимодействии с ней волны напряжения?	1. разности между напряжениями в падающей и преломленной волнах 2. разности между напряжениями в падающей и отраженной волнах 3. давлению на фронте ударной волны 4. давлению на фронте отраженной волны
20.	Какое выражение описывает гранулометрический состав разрушенной горной массы при наличии неслившихся трещин внутри кусков?	1. формула Ребиндера 2. логнормальный закон 3. закон Розина-Раммлера 4. распределение Максвелла

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

#### *Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

### 6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

#### Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

### 6.3.4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсового проекта

Студент выполняет курсовой проект в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не выполнил курсовой проект в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы	Студент выполнил курсовой проект с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки	Студент выполнил курсовой проект с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины	Студент выполнил курсовой проект полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1 Основная литература

1. Гончаров С.А., Пашенков П.Н., Плотникова А.В. Физика горных пород: физические явления и эффекты в практике горного производства: учебное пособие М., Горная книга, 2016. <https://e.lanbook.com/reader/book/93655/#1>
2. Каркашадзе Г.Г. Механическое разрушение горных пород. М., Горная книга, 2004. <https://e.lanbook.com/reader/book/3284/#3>
3. Крюков Г.М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании, М, Горная книга, 2006. <https://e.lanbook.com/reader/book/3285/#1>
4. Крюков Г.М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании (с практическими рекомендациями): учебник. Т. 1 / Г.М. Крюков. – М.: Горная книга, 2006. – 330 с.
5. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом [Электронный ресурс]: Учеб. Ч.П. Взрывные технологии в промышленности. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГГУ, 1994. - 448 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/1518/#1>
6. Рахматулин Х.А. Прочность и разрушение при кратковременных нагрузках [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Рахматулин Х.А.– Электрон. текстовые данные.– М.: Логос, Университетская книга, 2008.– 619 с.– Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=9283>.– «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР», по паролю
7. Глушак Б.Л. Начала физики взрыва [Электронный ресурс]: Учебное издание/ Глушак Б.Л.– Электрон. текстовые данные.– Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2011.– 308 с.– Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=60856>. – «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР», по паролю
8. Синев, С.В. Строительство глубокой скважины с применением моделей бурения «in situ». Эффект наследования деформации в горной породе при бурении и эксплуатации скважин / С. В. Синев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 188 с. : ил., табл., схем., граф – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617836> (дата обращения: 04.02.2022). – ISBN 978-5-9729-0592-8. – Текст : электронный.
9. Кашников Ю.А. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья : монография / Ю.А. Кашников, С.Г. Ашихмин. — Москва : Горная книга, 2019. — 496 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/134896> (дата обращения: 31.08.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
10. Нескоромных, В. В. Разрушение горных пород при бурении скважин : учебное пособие / В. В. Нескоромных ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2014. – 336 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364497> (дата обращения: 30.11.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7638-3044-6. – Текст : электронный.
11. Боровков, Ю.А. Основы горного дела : учебник / Ю.А. Боровков, В.П. Дробаденко, Д.Н. Ребриков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 468 с. — ISBN 978-5-8114-2147-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111398> (дата обращения: 27.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Квагинидзе В.С. Буровые станки на карьерах. Конструкции, эксплуатация, расчет [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.С. Квагинидзе, Г.И. Козовой, Ф.А. Чакветадзе, Ю.А. Антонов. – Электрон. дан. – Москва: Горная книга, 2012. – 291 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66440>. – Загл. с экрана.

### 7.1.2 Дополнительная литература

1. Орленко Л.П. Физика взрыва и удара : учебное пособие / Л.П. Орленко. — 3-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. — 408 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105009> (дата обращения: 31.08.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Розбах А.В. Физика горных пород (физико-механические свойства): [учеб. пособие] / А.В. Розбах, А.Н. Холодилов, Г.И. Коршунов. — СПб. : МАНЭБ, 2009. — 272 с.
3. Боровиков В.А., Ванягин И.Ф., Менжулин М.Г., Цирель С.В. Волны напряжений в обводненном трещиноватом массиве. Л., ЛГИ, 1989.
4. Макарьев В.П. Статистические модели взрывного разрушения и методы исследования кусковатости. Л., ЛГИ, 1981.
5. Нефедов М.А. Направленное разрушение горных пород взрывом. СПб, СПГУ, 1992.
6. Парамонов Г.П.. Предупреждение взрывов сульфидной пыли на колчеданных рудниках. СПб, СПГГИ(ТУ), 1999.
7. Шелковников И.Г. Использование энергии удара в процессах бурения. М., Недра, 1977.
8. 1. Мешков, А. А. Физические основы взрывного разрушения горных пород : монография / А. А. Мешков, П. И. Афанасьев. — Москва : Горная книга, 2021. — 124 с. — ISBN 987-5-98672-543-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/248804> (дата обращения: 31.08.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. 2. Вопросы научного обоснования совершенствования средств управления интенсивностью разрушения горных пород взрывом / Н.Н. Ефремовцев, П.Н. Ефремовцев, Н.Н. Казаков, С.И. Квитко. — Москва : Горная книга, 2012. — 36 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/49736> (дата обращения: 31.08.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине. <http://ior.spmi.ru/>

### 7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)
3. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК": <http://www.geoinform.ru/>
4. Информационно-аналитический центр «Минерал»: <http://www.mineral.ru/>
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus»: <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
9. Портал «Гуманитарное образование» <http://www.humanities.edu.ru/>
10. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
11. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
12. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
13. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>
14. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
15. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
16. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукопонт»»: <http://rucont.ru/>

17. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>
18. Электронная версия научно-технического журнала «Горный информационно-аналитический бюллетень»: [www.GIAB-online.ru](http://www.GIAB-online.ru)
19. Международный информационный портал горнодобывающей промышленности: [www.infomine.com](http://www.infomine.com)
20. Информационный портал горнодобывающей промышленности РФ: [www.russia.infomine.com](http://www.russia.infomine.com)
21. Специализированный научно-информационный портал «Горное дело»: [www.gornoe-delo.ru](http://www.gornoe-delo.ru)
22. Глобальная он-лайн библиотека по горному делу и минеральным ресурсам: [www.OneMine.org](http://www.OneMine.org)
23. Информационный портал общества горных инженеров США [www.smenet.org](http://www.smenet.org)

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

Мебель и оснащение: 36 посадочных мест, стол аудиторный - 18 шт., стол преподавательский - 1 шт., стул - 40 шт., трибуна - 1 шт., шкаф преподавателя ArtM -1 шт., видеопрезентер Elmo P-30S - 1 шт., доска интерактивная Polyvision epo 2610A -1 шт., источник бесперебойного питания Poverware 5115 75(i) - 1 шт., коммутатор Kramer VP-201 - 1 шт., компьютер Comprimir - 1 шт. с возможностью подключения к сети «Интернет», масштабатор Kramer VP-720x1 - 1 шт., микшер-усилитель Dynacord MV 506 -1 шт., монитор ЖК «17» Dell - 2 шт., мультимедиа проектор Mitsubischi XD221-ST -1 шт., пульт управления презентацией Interlink Remote Point Global Presenter - 1 шт., рекордер DVDLGHDR899 - 1 шт., усилитель-распределитель Kramer VP-200xln - 1 шт., устройство светозащитное - 3 шт., крепление SMS Projector - 1 шт., плакаты в рамках -6 шт.

#### **Аудитории для проведения лабораторных занятий.**

Мебель и оснащение: 36 посадочных мест, стол аудиторный - 18 шт., стол преподавательский - 1 шт., стул - 40 шт., трибуна - 1 шт., шкаф преподавателя ArtM -1 шт., видеопрезентер Elmo P-30S - 1 шт., доска интерактивная Polyvision epo 2610A -1 шт., источник бесперебойного питания Poverware 5115 75(i) - 1 шт., коммутатор Kramer VP-201 - 1 шт., компьютер Comprimir - 1 шт. с возможностью подключения к сети «Интернет», масштабатор Kramer VP-720x1 - 1 шт., микшер-усилитель Dynacord MV 506 -1 шт., монитор ЖК «17» Dell - 2 шт., мультимедиа проектор Mitsubischi XD221-ST -1 шт., пульт управления презентацией Interlink Remote Point Global Presenter - 1 шт., рекордер DVDLGHDR899 - 1 шт., усилитель-распределитель Kramer VP-200xln - 1 шт., устройство светозащитное - 3 шт., крепление SMS Projector - 1 шт., плакаты в рамках -6 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы :**

Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером - 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета - 17 шт., мультимедийный проектор - 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа - 1 шт. (системный блок, мониторы - 2 шт.), стол - 18 шт., стул - 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- Операционная система Microsoft Windows XP Professional;
- Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011;
- Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007. Перечень лицензионного программного обеспечения:

- Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011;
- Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010;
- CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения»;
- Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1;
- Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО);
- Quantum GIS (свободно распространяемое ПО);
- Python (свободно распространяемое ПО);
- R (свободно распространяемое ПО);
- Rstudio (свободно распространяемое ПО);
- SMath Studio (свободно распространяемое ПО);
- GNU Octave (свободно распространяемое ПО); Scilab (свободно распространяемое ПО).

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол - 5 шт., стул - 2 шт., кресло - 2 шт., шкаф - 2 шт., персональный компьютер - 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор - 2 шт., МФУ - 1 шт., тестер компьютерной сети - 1 шт., баллон со сжатым газом - 1 шт., шуруповерт - 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012);
- Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010);
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор №Д810(223)-12/17 от 11.12.2017).

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 7 Professional
2. Microsoft Office 2007 Standard
3. Microsoft Windows XP Professional