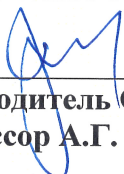


**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**

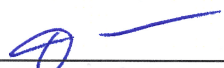


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

  
\_\_\_\_\_  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор А.Г. Протосеня

**УТВЕРЖДАЮ**

  
\_\_\_\_\_  
Декан строительного факультета  
доцент П.А. Деменков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Подготовка кадров высшей квалификации
<b>Направление подготовки:</b>	21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых
<b>Направленность (профиль):</b>	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Нормативный срок обучения:</b>	4 года
<b>Составитель:</b>	к.т.н., доц. В.Н. Ковалевский,

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Физические процессы взрывного разрушения» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки РФ № 886 от 30 июля 2014 (ред. от 30.04.2015);
- на основании учебного плана направленности (профиля) «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых.

**Составители**



к.т.н., доц. В.Н.Ковалевский

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры строительства горных предприятий и подземных сооружений от «30» августа 2019 г., протокол № 1.**

**Рабочая программа согласована:**

Декан факультета аспирантуры  
и докторантуры



к.т.н. В.В. Васильев

Заведующий кафедрой строительства  
горных предприятий и подземных  
сооружений



д.т.н., проф. А.Г. Протосеня

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель изучения дисциплины** - дать аспиранту совокупность знаний в области взрывного разрушения горных пород взрывом зарядов ВВ, физики взрыва и механики разрушения горных пород для создания способов управления энергией взрыва при добыче полезных ископаемых, а также при решении различных технологических задач горного производства, строительства и других отраслей промышленности.

### **Основные задачи дисциплины:**

- формирования навыков правильного выбора типов промышленных взрывчатых веществ (ВВ) и способов их взрывания для повышения эффективности использования энергии взрыва;
- изучение способов управления передачей энергии взрыва горному массиву для повышения эффективности производства взрывных работ;
- усвоение основных принципов выбора и обоснования компонентного состава ВВ для производства взрывных работ на горных предприятиях, специальных взрывных работ на объектах строительства и реконструкции, при нефте- и газодобыче, сейсморазведке; методик расчета процессов взаимодействия компонентов ВВ с горными породами;
- получение аспирантом четкого представления о контроле выполнения требований промышленной и экологической безопасности при производстве взрывных работ с применением ВВ различных по составу и энергетическими свойствами.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физические процессы взрывного разрушения» входит в состав вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули) по выбору» основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых направленности (профиля) Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика и изучается в 3 и 4 семестрах по очной форме обучения.

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

### 3.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Физические процессы взрывного разрушения» направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее часть)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны приобрести:	Этапы формирования*
1	ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и	<b>Выпускник знает:</b> источники достоверной научной информации в информационно-коммуникационной среде <b>Умеет:</b> планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность в собственной профессиональной области <b>Владеет навыками:</b> дифференцирования современных и устаревших методов исследования, - применения знаний из смежных	В соответствии и с учебным планом

		информационно-коммуникационных технологий	областей знаний для решения задач усовершенствования методов исследования	
2	ПК-1	Способность выполнять анализ инженерных изысканий и технико-экономическую оценку условий проведения взрывных работ; определять и выбирать обоснованные решения и основные параметры буровзрывного комплекса, производить расчет параметров и обоснование выбранных проектных решений	<b>Выпускник знает:</b> основные понятия, категории и методы научных исследований; организацию научной работы, патентного и библиографического поиска, мировые базы данных реферативной и аналитической информации о научных исследованиях, методологию научного исследования; основы написания научной работы в соответствии с объектами профессиональной деятельности <b>Умеет:</b> работать с нормативными документами, справочной литературой, проектной документацией в соответствии с объектами профессиональной деятельности; оформлять ссылки / сноски и библиографический список литературы в соответствии с требованиями и правилами составления <b>Владеет навыками:</b> навыками обобщения результатов отечественных и зарубежных исследований по актуальным проблемам в соответствии с выбранным объектом профессиональной деятельности	В соответствии и с учебным планом
3	ПК-2	Способен выполнять научно-исследовательскую работу, анализировать, обрабатывать, обобщать и защищать полученные результаты	<b>Выпускник знает:</b> специализированные программные продукты, приборы и оборудование для решения исследовательских задач <b>Умеет:</b> обрабатывать данные, полученные в результате научно-исследовательской работы; применять математические модели объектов профессиональной деятельности <b>Владеет навыками:</b> навыками анализа, обобщения, систематизации и интерпретации данных, полученных в результате научно-исследовательской работы, для их защиты в рамках выпускной квалификационной работы (проекта)	В соответствии и с учебным планом
4	ПК-3	Способность выполнять анализ инженерных	<b>Выпускник знает:</b> методы анализа инженерных изысканий для и технико-	В соответствии и с учебным

		<p>изысканий и технико-экономическую оценку условий проведения взрывных работ; определять и выбирать обоснованные решения и основные параметры буровзрывного комплекса, производить расчет параметров и обоснование выбранных проектных решений</p>	<p>экономической оценки условий проведения буро-взрывных работ; способы выбора проектных решений, средств и материалов, методы расчета параметров буровзрывного комплекса</p> <p><b>Умеет:</b> анализировать результаты инженерных изысканий; производить технико-экономическую оценку условий проведения взрывных работ; обосновывать выбранные проектные решения и средства достижения конечных целей при реализации работ по буровзрывному комплексу</p> <p><b>Владеет навыками:</b> методами оценки результатов инженерных изысканий, условий проведения взрывных работ; владеть навыками выбора обоснованных решений и выбора рациональных параметров при реализации работ по буровзрывному комплексу</p>	<p>планом</p>
5	ПК-4	<p>Разработка и согласование технических решений и проектной документации в области ведения взрывных работ</p>	<p><b>Выпускник знает:</b> состав, содержание и требования к горно-графической и проектной документации по основным и сопутствующим видам профессиональной деятельности в области горного и взрывного дела на объектах строительства, нефтегазодобычи и разработки месторождений открытым и подземным способом</p> <p><b>Умеет:</b> использовать, разрабатывать и оформлять рабочую и проектную документацию в соответствии с требованиями нормативных документов и актов в области профессиональной деятельности</p> <p><b>Владеет навыками:</b> расчетными и аналитическими навыками для обоснования проектных решений по комплексу буровзрывных работ</p>	<p>В соответствии и с учебным планом</p>

### 3.2. Планируемые результаты обучения и критерии оценивания

В результате обучения по дисциплине обучающийся должен обрести знания, умения и навыки, указанные в разделе 3.1 настоящей программы.

Уровень освоения компетенций обучающимися на каждом этапе ее формирования определяется на основании результатов текущего контроля последовательного изучения содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Уровень освоения

компетенций обучающимися- ся по итогам изучения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттеста- ции. Критерии оценивания сформированности компетенций, применяемые в процессе освоения эта- пов дисциплины и по итогам ее изучения, приведены в разделе 6 настоящей программы.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Дисциплина включает в себя 10 разделов, содержание которых направлено на формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний о способах выбора оптимальных параметров буровзрывных работ, ведущихся на рудных месторождениях полезных ископаемых и на карьерах строительных материалов.

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 180 часов, 5 зачётные единицы. Дисциплина изучается в 3 и 4 семестрах по очной форме обучения. Форма контроля для очной формы обучения: дифференцированный зачет в 3 и 4 семестрах.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		3	4
Общая трудоемкость дисциплины в часах	180	76	104
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
Лекции (Л)	8	4	4
Практические занятия (ПЗ)	16	8	8
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>152</b>	<b>64</b>	<b>92</b>
Изучение разделов дисциплины	146	64	82
Реферат	10	-	10
<b>Вид аттестации – дифф. зачет (ДЗ)</b>	<b>ДЗ</b>	<b>ДЗ</b>	<b>ДЗ</b>

##### 4.2. Разделы учебной дисциплины и виды занятий

Тема № п/п	Наименование раздела	Всего часов	Количество часов по видам занятий			
			Лекци и	Практич еские занятия	Контроль	Самостоя тельная работа
3 семестр						
1	Действие взрыва в горных породах.	15	2	-	-	13
2	Параметры взрывной волны напряжений в горной породе.	17	-	4	-	13
3	Радиусы зон дробления и трещинообразования, максимальный радиус полости, остаточное давление продуктов детонации.	13	-	-	-	13
4	Динамическая прочность горных пород на сжатие, сдвиг и отрыв.	13	-	-	-	13
5	Влияние объемной концентрации энергии ВВ на интенсивность волнового и квазистатического полей напряжений и разрушающее	18	2	4	-	12

	действие взрыва.					
	Дифференцированный зачет	-	-	-	-	-
	<b>Итого за 3 семестр</b>	<b>76</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>64</b>
4 семестр						
6	Воздушный радиальный зазор.	21	2	-	-	19
7	Радиальный зазор, заполненный водой.	23	-	4	-	19
8	Радиальный зазор, заполненный кварцевым песком, буровой, породной мелочью и льдом.	23	-	4	-	19
9	Диссипация энергии при взрыве в горной породе.	20	2	-	-	18
10	Многokратные отражения волны при прохождении через трещину.	17	-	-	-	17
	Дифференцированный зачет	-	-	-	-	-
	<b>Итого за 4 семестр</b>	<b>104</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>92</b>

### 4.3. Содержание учебной дисциплины

#### РАЗДЕЛ I. Действие взрыва в горных породах.

Явление взрыва в горной породе. Детонационная волна с ударным фронтом. Упругопластическая волна. Взрывная полость. Волны сжатия. Квазистатическое поле напряжений. Импульс движения горной массы. Образование воронки.

#### РАЗДЕЛ II. Параметры взрывной волны напряжений в горной породе

Максимальное давление в преломленной волне. Уравнение ударной адиабаты. Условие акустического преломления детонационной волны. Плотность, скорость частиц на фронте, скорость распространения фронта волны. Диссипативные потери в ближней зоне взрыва. Эпюра волны сжатия. Максимальная амплитуда радиальной составляющей волны напряжений при взрыве сферического (сосредоточенного) и цилиндрического (удлиненного) зарядов. Эквивалентный радиус заряда. Форма радиальной составляющей волны напряжений. Форма тангенциальной составляющей волны напряжений. Максимальная амплитуда тангенциальной составляющей волны напряжений.

#### РАЗДЕЛ III. Радиусы зон дробления и трещинообразования, максимальный радиус полости, остаточное давление продуктов детонации

Размеры полости взрыва, зон дробления и трещинообразования. Зависимости для максимального радиуса полости и остаточного давления продуктов взрыва в ней. Размеры зоны дробления. Радиус зоны дробления для сферических и цилиндрических зарядов. Размеры зоны трещинообразования. Радиусы зоны трещинообразования, образующейся при взрыве сферического и цилиндрического зарядов.

#### РАЗДЕЛ IV. Динамическая прочность горных пород на сжатие, сдвиг и отрыв

Критическое время при взрыве. Оценка динамической прочности горных пород. Коэффициент динамичности касж. Динамическая прочность горных пород на отрыв. Динамическая прочность пород на сдвиг.

#### РАЗДЕЛ V. Влияние объемной концентрации энергии ВВ на интенсивность волнового и квазистатического полей напряжений и разрушающее действие взрыва

Способы управления интенсивностью волнового и квазистатического полей напряжений и действием взрыва. Эффективный радиус заряда. Способы управления объемной концентрацией энергии ВВ в зарядной камере.

#### **РАЗДЕЛ VI. Воздушный радиальный зазор**

Зависимость для избыточного давления на фронте воздушной ударной волны (УВВ) при взрыве цилиндрического заряда. Эпюра давление - время в УВВ. Максимальное давление в преломленной в породе волне. Максимальная амплитуда радиальной составляющей волны напряжений. Радиус сжатого воздуха.

#### **РАЗДЕЛ VII. Радиальный зазор, заполненный водой**

Параметры преломленной в породе ударной волны. Давление в преломленной волне. Акустическое преломление. Графоаналитический способ расчета. Эпюра преломленной волны. Оценка квазистатического действия продуктов взрыва. Уравнение радиуса полости взрыва. Давление газообразных продуктов взрыва на стенку камеры.

#### **РАЗДЕЛ VIII. Радиальный зазор, заполненный кварцевым песком, буровой, породной мелочью и льдом**

Максимальное давление в преломленной волне на границе заряд - среда. Коэффициент затухания. Параметры падающей на стенку камеры волны. Амплитуды максимальной радиальной составляющей волны напряжений на границе раздела песок — порода. Оценка квазистатического действия продуктов взрыва. Изменение максимального напряжения на стенке зарядной камеры в зависимости от величины зазора, заполненного сухим песком.

#### **РАЗДЕЛ IX. Диссипация энергии при взрыве в горной породе**

Оценка доли энергии продуктов детонации после достижения полостью максимальных размеров. Адиабата продуктов детонации. Работа взрывных газов при расширении полости. Энергия газов в полости. Работа сил пластической деформации. Параметры движения. Скорость смещения частиц. Формула Гюгонио. Потери энергии частицей. Потери энергии на разрушение породы и образование новых поверхностей.

#### **РАЗДЕЛ X. Многократные отражения волны при прохождении через трещину**

Классификация трещин. Характер затухания волны напряжений при прохождении через трещины. Материал - заполнитель. Расчет прохождения волны через одиночную трещину. Коэффициенты отражения и преломления. Затухание приведенной амплитуды в трещине. Суммарное напряжение в прошедшей волне. Импульс положительной фазы. Давление, развиваемое в трещине.

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Трудоемкость (час.)</b>
<b>3 семестр</b>			
1	2	Расчет длины забойки и перебура	4
2	5	Расчет параметров проникновения кумулятивной струи ПВА в преграду (горную породу)	4
<b>4 семестр</b>			
3	7	Расчет параметров детонации В В с инертными добавками	4
4	8	Расчет параметров проникновения кумулятивной струи в преграду (горную породу)	4



## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

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** (текущая консультация, накануне экзамена) является 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.

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

### 6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Текущий контроль имеет целью проверить ход формирования компетенций в соответствии с этапами ее освоения. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования обучающихся по результатам выполнения самостоятельной работы. Основными формами теку-

щего контроля знаний являются:

— обсуждение на консультациях вопросов тем и контрольных вопросов (устный ответ); — участие в дискуссии по наиболее актуальным темам дисциплины (устный ответ);

— подготовка рефератов;

— выполнение тестовых заданий.

### 6.2. Критерии оценивания результатов текущего контроля. Критерии оценивания устных ответов обучающихся

Развернутый ответ аспиранта должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

При оценке ответа аспиранта необходимо руководствоваться следующими критериями:

1) полнота и правильность ответа;

2) степень осознанности, понимания изучаемого материала;

3) знание терминологии и правильное ее использование;

4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

Оценка «отлично». Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Полно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Делаются обоснованные выводы. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка «хорошо». Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Раскрыты причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка «удовлетворительно». Допускаются нарушения в последовательности изложения. Неполно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Демонстрируются поверхностные знания вопроса, с трудом решаются конкретные задачи. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи.

Оценка «неудовлетворительно». Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине. Не раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Не проводится анализ. Выводы отсутствуют. Ответы на дополнительные вопросы отсутствуют. Имеются заметные нарушения норм литературной речи.

### **6.3. Критерии формирования оценок по подготовке рефератов**

Важной составной частью подготовки обучающихся по физическим процессам взрывного разрушения является написание реферата по избранной теме.

Представленный реферат оценивается в соответствии с критериями:

- актуальность и оригинальность темы;
- степень самостоятельности и глубины анализа;
- объем исследованной литературы и других источников информации;
- стиль и грамотность изложения;
- соблюдение требований к оформлению реферата.

Оценка «зачтено» ставится, если:

- в реферате раскрыта суть исследуемой проблемы;
- реферат выявляет знание источников и литературы по теме;
- содержится достоверный материал;
- реферат соответствует правилам оформления.

Оценка «не зачтено» ставится, если:

- в реферате не раскрыта суть исследуемой проблемы;
- источники и литература по теме отсутствует или выявлено их незнание;
- материал, изложенный в работе, содержит недостоверную информацию;
- оформление не соответствует предъявляемым требованиям.

#### **Тематика рефератов:**

1. Процессы передачи энергии взрыва в породный массив.
2. Особенности дробления горной породы вблизи взрывной скважины.
3. Управление качеством взрывоподготовки горной массы путем выбора конструкции заряда.
4. Формирование и распространение сейсмических и воздушных ударных волн при взрыве скважинных зарядов.
5. Связь между характеристиками гранулометрического состава горной массы и параметрами буровзрывных работ

### **6.4. Цель и основные задачи дифференцированного зачёта по дисциплине**

Дифференцированный зачет имеет целью проверить знание и понимание обучающимися традиционных представлений о физических процессах взрыва при его воздействии на разрушаемую среду, детализировать механизмы формирования нарушений в горных породах под действием механических полей, создаваемых при взрывах ВВ различных составов, подготовить аспирантов к применению полученных знаний при осуществлении исследований в области влияния конструкций зарядов, условий размещения их в среде и способов инициирования на физико-механические свойства горной массы.

Индексы контролируемых компетенций — ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4.

## 6.5. Порядок проведения дифференцированного зачета

Дифференцированный зачет проводится путем устного ответа на поставленные вопросы.

## 6.6. Критерии и процедура оценивания результатов дифференцированного зачета

Оценки за эссе выставляются, исходя из следующих критериев:

— «отлично» (5): если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал лекций и демонстрирует это в эссе, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, использует обширный материал разнообразных источников, излагает свою позицию, хорошо ее объясняя и обосновывая;

— «хорошо» (4): если обучающийся твердо знает программный материал, не допускает существенных неточностей в его изложении, использует ограниченный круг источников, вместо своей позиции излагает одну из стандартных, не подкрепляя ее хорошо подобранными обоснованиями;

— «удовлетворительно» (3): если обучающийся поверхностно усвоил основной материал лекций, не знает деталей, допускает неточности, привлекает мало материала из источников, пользуется, в основном, стандартными учебниками и формулировками;

— «неудовлетворительно» (2): если обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет или, по существу, не выполняет задания эссе.

Оценки по результатам дифференцированного зачета объявляются обучающимся и заносятся в зачетную ведомость.

## 6.7. Примерный перечень вопросов для дифференцированного зачета

1. Как определяется длительность положительной фазы УВВ в зависимости от массы тротилового заряда и расстояния до точки измерения?
2. Как определяется скорость фронта ударной воздушной волны?
3. Как определяется импульс давления УВВ при взрыве наружного заряда тротила?
4. Дайте определение ударной адиабате?
5. Дайте определение статической адиабате?
6. Какие условия должны выполняться на границе между зарядом ВВ и средой при преломлении детонационной волны?
8. Укажите порядок величины плоского разрыва сплошности среды, выше которого этот разрыв называется трещиной?
9. Что описывает закон сохранения энергии на фронте детонационной волны?
10. Что такое волна разрежения?
11. Как влияет трещиноватость на напряжение в волне напряжений?
12. В каких пределах находится скорость продольных волн в скальных и полускальных горных породах?
13. Чем определяется квазистатическое действие взрыва?
14. Чем определяется зона откола?
15. На что расходуется энергия деформации при образовании трещин?
16. Во сколько раз уменьшается давление на фронте ударной волны в среде на границе с зарядом при косом падении детонационной волны по сравнению с нормальным?
17. Как влияет акустическая жесткость на типы преломленной и отраженной волн?
18. Что является наиболее существенной причиной поглощения энергии упругих колебаний в большинстве горных пород?
19. Назовите все упругие константы среды?
20. Как выражается энергия упругой деформации?
21. Чем характеризуется хрупкое разрушение?
22. Какие параметры среды учитывает обобщенный закон Гука?

23. Какие волны образуются при взаимодействии волны напряжений со свободной поверхностью?
24. В чем заключается гипотеза разрушения Ребиндера?
25. В чем заключается гипотеза разрушения Кика?
26. Какими параметрами характеризуется волна напряжений при взрыве бесконечного цилиндрического заряда?
27. В чем заключается критерий роста трещин Гриффитса?
28. Какой порядок трещиноватости и тип трещин (по генезису и размерам) оказывает наибольшее влияние на сопротивляемость массива, разрушению взрывом в технологических целях?
29. Как изменяется напряжение в волне разрежения по сравнению с падающей на свободную поверхность волной напряжения?
30. Как влияет воздушный зазор во взрывной камере на напряжение в среде?

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

### 7.1. Обеспеченность литературой

#### Основная:

1. Взрывное разрушение горных пород. Расчет параметров буровзрывных работ на открытых горных разработках: учебное пособие / В.А. Белин, М.Г. Горбонос, Р.Л. Коротков, И.Т. Ким. — Москва: МИСИС, 2019. — 97 с. — ISBN 978-5-907061-09-5. — Текст: электрон-ный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116910> (дата обращения: 02.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Гончаров С.А., Пашенков П.Н., Плотникова А.В. Физика горных пород: физические явления и эффекты в практике горного производ-ства: учебное пособие М., Горная книга, 2016. <https://e.lanbook.com/reader/book/93655/#1>
3. Каркашадзе Г.Г. Механическое разрушение горных пород. М., Горная книга, 2004. <https://e.lanbook.com/reader/book/3284/#3>
4. Крюков Г.М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании, М, Горная книга, 2006. <https://e.lanbook.com/reader/book/3285/#1>
5. 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: 31.08.2018). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная:

1. 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: элек-тронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/49736> (дата обращения: 31.08.2018). — Режим доступа: для авториз. поль-зователей.
2. 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: 31.08.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
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. Вокин, В.Н. Открытая геотехнология: учебное пособие / В.Н. Вокин, Е. В. Кирюшина, М.Ю. Кадеров. — Красноярск: СФУ, 2018. — 132 с. — ISBN 978-5-7638-3852-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157733> (дата обращения: 02.09.2018). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **7.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта**

Самостоятельная работа аспирантов - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы аспиранта по данной учебной дисциплине. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы аспирантов, предусмотренному учебным планом по дисциплине в текущем семестре.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Практическому занятию, лабораторной работе и самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, подготовке к практическим (семинарским) занятиям.

### **7.3. Электронно-библиотечные системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Консультант Плюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
7. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/).
9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>.
10. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):
11. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
13. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>.

### **7.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта**

1. Физические основы взрывного разрушения горных пород: Учеб. пособие / А.А. Мешков, П.И. Афанасьев; Издательство «Горная книга». Москва, 2021. 122 с.

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

Лекционный курс читается с мультимедийным сопровождением - демонстрацией презентационного материала с помощью мультимедийного проектора. Специализированные аудитории, используемые при проведении лекционных и практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Для проведения лекционных, практических используется учебно-научная лаборатория технологии и моделирования взрывных работ (Orica) с лицензионным программным обеспечением, оборудованная техникой из расчета один компьютер на одного обучающегося, с обустроенным рабочим местом преподавателя и мультимедийным оборудованием, объединенная локальной сетью.

### **8.1. Специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации**

Аудитория площадью 92 м<sup>2</sup> с общим количеством 41 посадочного места.

Мебель и оснащение: стол аудиторный для аспирантов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN – 20 шт., стол преподавательский – 1 шт., стул 7874 A2S зеленый (7964=56) – 40 шт., трибуна – 1 шт., доска учебная с регулировкой высоты Sliding Board 6843.211 A2S – 1 шт., моноблок Lenovo C40-30 21.5 FHD Intel Core i3-5005U – 1 шт., телевизор LG84UB980V – 1 шт., светильник Tandem 2x1x28W настенный, белый – 1 шт., плакаты в рамках – 10 шт.

### **8.2. Помещения для практических занятий**

Аудитория площадью 115 м<sup>2</sup> с общим количеством 34 посадочных мест.

Мебель и оснащение: стол преподавательский – 2 шт., стол аудиторный для аспирантов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN – 16 шт., стол компьютерный для аспирантов (Тип 5) – 3 шт., стул 7874 A2S зеленый (7964=56) – 39 шт., трибуна – 1 шт., доска учебная с регулировкой высоты Sliding Board 6843.211 A2S – 2 шт., моноблок Lenovo C40-30 21.5 FHD Intel Core i3-5005U – 34 шт., телевизор LG84UB980V – 1 шт., телевизор Samsung UE40J5100AU – 1 шт., светильник Tandem 2x1x28W настенный, белый – 2 шт., шкаф комбинированный Allvia ASSMANN – 3 шт., плакаты в рамках – 9 шт.

### **8.3. Помещения для самостоятельной работы**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2020 года) ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года) Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года),

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 (обслуживание до 2020 года)

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места аспирантов, 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: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года)

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для аспирантов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для аспирантов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для аспирантов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2020 года).

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» (обслуживание до 2020 года)

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)

#### **8.4. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. 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., балон 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 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стуля – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

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 11.12.17)

#### **8.5. Лицензионное программное обеспечение**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).

4. CorelDRAW Graphics Suite X5 (Договор №559-06/10 от 15.06.2010 "На поставку программного обеспечения").



## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

*Рабочая программа «Физические процессы взрывного разрушения» дисциплины рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры строительства горных предприятий и подземных сооружений*

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	1	31.08.2020	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д033(44)-04/20 от 28.04.2020
2	1	31.08.2021	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д041(44)-04/21 от 28.04.2021
3	1	30.08.2022	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д063(44)-04/22 от 28.04.2022