

**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**

### **ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ**

<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>	доцент Хохлов С. В.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Волновые процессы в массиве горных пород при динамическом нагружении» разработана:**

- 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 \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Хохлов С. В.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры «Взрывное дело» от 31.01.2022г., протокол № 8.

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

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Волновые процессы в массиве горных пород при динамическом нагружении» является приобретение студентами знаний о закономерностях формирования и распространения полей упругих волн в массиве горных пород, принципах их использования для решения задач геоконтроля и интенсификации технологических процессов в горном деле, приобретение навыков, позволяющих им самостоятельно оценивать параметры и характеристики волновых процессов.

Основные задачи дисциплины:

- изучение основ формирования и распространения, волновых полей в массиве горных пород;
- овладение способами оценки геомеханического состояния массива, горнотехнических объектов в течение всего времени функционирования горнодобывающего предприятия;
- усвоение основных принципов использования волновых процессов при решении задач геоконтроля и технологий горного производства.
- формирование связного концептуального представления об основных геомеханических процессах, происходящих в породном массиве при динамическом нагружении.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Волновые процессы в массиве горных пород при динамическом нагружении» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по специальности 21.05.04 «Горное дело» и изучается в 8 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Волновые процессы в массиве горных пород при динамическом нагружении» являются «Технология и безопасность взрывных работ», «Методы и средства изучения быстропротекающих процессов».

Дисциплина «Волновые процессы в массиве горных пород при динамическом нагружении» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании», «Проектирование взрывных работ при открытых горных разработках», «Проектирование взрывных работ при подземной разработке рудных месторождений».

Особенностью дисциплины является знание основных закономерностей формирования и распространения полей упругих и электромагнитных волн в массиве горных пород.

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

Процесс изучения дисциплины «Волновые процессы в массиве горных пород при динамическом нагружении» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен выполнять научно-исследовательскую работу, анализировать, обрабатывать, обобщать и защищать полученные результаты	ПКС-2	ПКС-2.1. Знать специализированные программные продукты, приборы и оборудование для решения исследовательских задач
		ПКС-2.2. Уметь обрабатывать данные, полученные в результате научно-исследовательской работы; применять математические модели объектов профессиональной деятельности

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		ПКС-2.3. Владеть навыками анализа, обобщения, систематизации и интерпретации данных, полученных в результате научно-исследовательской работы, для их защиты в рамках выпускной квалификационной работы (проекта)
Способность обосновывать технологию, рассчитывать основные технологические параметры и составлять проектно-сметную документацию для эффективного и безопасного производства буровых и взрывных работ на горных предприятиях, при выполнении специальных взрывных работ на объектах строительства и реконструкции, при сейсморазведке и нефте- и газодобыче	ПКС-5	ПКС-5.2. Уметь 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 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
		ПКС-5.3. Владеть 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 трудоёмкость учебной дисциплины составляет 5 зачётных единиц, 180 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		8
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>96</b>	<b>96</b>
Лекции (Л)	48	48
Практические занятия (ПЗ)	48	48
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
Подготовка к практическим занятиям	48	48
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э)</b>	<b>36</b>	<b>Э(36)</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
	<b>ак. час.</b>	<b>180</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>5</b>

## 4.2. Содержание дисциплины

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

### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Раздел 1 «Упругие волны в горных породах»	18	6	6	-	6
Раздел 2 «Распространение упругих волн в массиве горных пород»	24	8	8	-	8
Раздел 3 «Теория излучения упругих волн в массиве»	24	8	8	-	8
Раздел 4 «Естественные источники упругих волн»	24	8	8	-	8
Раздел 5 «Ударные волны в массиве горных породах»	24	8	8	-	8
Раздел 6 «Основы сейсмической безопасности горнотехнических объектов»	30	10	10	-	10
<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>48</b>

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Упругие волны в горных породах.	Основные характеристики волнового процесса. Волновое уравнение и скорости распространения упругих волн. Затухание упругих волн. Акустические свойства горных пород. Влияние давления и температуры на акустические свойства горных пород.	6
2	Распространение упругих волн в массиве горных пород.	Отражение и преломление упругих волн на границах раздела. Распространение упругих волн в слоистом массиве. Акустическая анизотропия массива. Распространение упругих волн в структурно неоднородном массиве. Упругие волны в трещиноватой среде. Упругие волны в случайно неоднородной среде.	8
3	Теория излучения упругих волн в массиве.	Понятие о точечных источниках упругих колебаний. Сферический излучатель. Скважинный цилиндрический излучатель. Излучение поршневого источника в упругое полупространство.	8
4	Естественные источники упругих волн.	Развивающаяся трещина – источник акустического сигнала. Излучение от трещины сдвига. Излучение упругих волн при землетрясениях и горных ударах.	8

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		Акустическая эмиссия в горных породах.	
5	Ударные волны в массиве горных породах.	Пластические свойства среды и волновой процесс. Образование волн разрыва. Ударные волны нагрузки в стрессе. Источники ударных волн. Ударные волны в грунтах. Ударные волны в скальных горных породах. Особенности отражения ударных волн на границе двух сред. Характеристика волновых процессов от взрыва в массиве.	8
6	Основы сейсмической безопасности горнотехнических объектов	Параметры сейсмической безопасности горнотехнических объектов. Формула М.А. Садовского. Нормативные документы о методах оценки сейсмически безопасных параметров воздействия взрывных работ на здания и сооружения. Связь параметров буровзрывных работ с параметрами сейсмозрывных волн.	10
<b>Итого:</b>			48

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Расчет характеристик волнового поля.	6
2	Раздел 2	Расчет характеристик волновых процессов в горном массиве от взрыва.	8
3	Раздел 3	Расчет фазовых скоростей и коэффициента затухания электромагнитных волн в массиве горных пород при различных условиях проведения геоконтроля.	8
4	Раздел 4	Расчет амплитуд отраженных волн от плоских границ раздела геологического разреза массива в случае различных граничащих сред.	8
5	Раздел 5	Расчет упругих и прочностных параметров горных пород по результатам акустических измерений.	8
6	Раздел 6	Расчет параметров грунта, входящих в формулу М.А. Садовского	10
<b>Итого:</b>			48

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

### 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** (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.

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**

#### **Раздел 1 Упругие волны в горных породах.**

1. Волновое уравнение и скорости распространения упругих волн.
2. Укажите основные характеристики волнового процесса
3. Что такое затухание упругих волн?
4. С помощью каких законов и уравнений можно описать затухание упругих волн?
5. Как влияет давление и температура на акустические свойства горных пород?

#### **Раздел 2. Распространение упругих волн в массиве горных пород.**

1. Что такое акустическая анизотропия массива?
2. Укажите свойства распространения упругих волн в слоистом массиве.
3. Укажите свойства распространения упругих волн в неоднородном массиве.
4. Укажите свойства распространения упругих волн в трещиноватом массиве.
5. Укажите свойства распространения упругих волн в случайно неоднородной среде.

#### **Раздел 3. Теория излучения упругих волн в массиве.**

1. Назовите точечные источники упругих колебаний.
2. Укажите основные характеристики и свойства сферического излучателя.
3. Укажите основные характеристики и свойства скважинного цилиндрического излучателя.
4. Укажите основные характеристики и свойства поршневого источника излучения в упругое полупространство.
5. Укажите основные различия поршневого и цилиндрического источников излучения в упругое пространство.

#### **Раздел 4. Естественные источники упругих волн.**

1. Назовите естественные источники упругих волн.
2. Укажите свойства акустических сигналов, получаемых от развивающейся трещины.
3. Укажите свойства акустических сигналов, получаемых от трещины сдвига.
4. Укажите свойства акустических сигналов, получаемых при землетрясениях и горных ударах.
5. Что такое акустическая эмиссия в горных породах?

#### **Раздел 5. Ударные волны в массиве горных пород.**

1. Укажите пластические свойства среды.
2. Как образуются волны разрыва?
3. Укажите источники ударных волн.

4. Укажите особенности отражения ударных волн на границе двух сред.
5. Что такое волновые процессы в массиве горных пород? Откуда они возникают?

## **Раздел 6. Основы сейсмической безопасности горнотехнических объектов.**

1. Напишите формулу М.А. Садовского. Что она показывает?
2. Укажите основные параметры сейсмической безопасности горнотехнических объектов.
3. Укажите основные нормативные документы о методах оценки сейсмически безопасных параметров воздействия взрывных работ на здания и сооружения.
4. Каким образом связаны параметры буровзрывных работ с параметрами сейсмозрывных волн?
5. Каким образом обеспечивается сейсмическая безопасность горнотехнических объектов?

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

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

1. Какими параметрами описывается волновой процесс в массиве горных пород?
2. В чем заключается физический механизм формирования объемных волн?
3. Какими свойствами обладают поверхностные волны?
4. Что такое плоская волна?
5. Дайте определение акустического импеданса.
6. Какими видами потерь энергии характеризуются акустические волны?
7. Охарактеризуйте процессы поведения акустических волн на границе раздела двух сред.
8. Объясните механизм образования сейсмозрывных волн.
9. Объясните формулу М.А. Садовского для скорости смещения грунта.
10. В каких пределах изменяются коэффициент сейсмичности и показатель затухания волны?
11. Как образуются воздушные ударные волны?
12. Какими параметрами характеризуются воздушные ударные волны?
13. Каким образом по динамическим характеристикам массива горных пород можно скорректировать параметры буровзрывных работ?
14. На выполнении каких законов сохранения основаны уравнения механики сплошных сред?
15. На выполнении какого закона сохранения основано уравнение движения?
16. Какими параметрами характеризуется ударная волна?
17. Какие условия должны выполняться на фронте ударной волны?
18. Что такое уравнение состояния среды?
19. Какие составляющие имеют напряжения при одномерном сжатии?
20. Что такое статическая адиабата?
21. Какие составляющие имеют напряжения при взрыве бесконечного цилиндрического заряда?
22. Дайте определение плоского деформированного состояния?
23. Дайте определение плоского напряженного состояния?
24. Как распределено давление в ударной волне?
25. Какие условия должны выполняться при преломлении детонационной волны в окружающую заряд среду?
26. Как изменяется давление в преломленной ударной волне при нормальном и косом падении детонационной волны на границу раздела ВВ – среда?
27. Что такое среднее гидростатическое давление?
28. Как влияет воздушный зазор во взрывной камере на напряжение в среде?
29. Что такое ударная волна?
30. Какие составляющие имеют деформации при одномерном сжатии?



## 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Звуковая волна – это ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. направленное движение частиц среды</li> <li>2. процесс, происходящий с некоторой долей повторяемости</li> <li>3. повторяющееся согласованное движение частиц среды</li> <li>4. колебания частиц среды</li> </ol>
2.	Переменными функции, описывающей распространение волны, являются ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. время, координата</li> <li>2. время, амплитуда, частота</li> <li>3. частота, координата, период</li> <li>4. координата, длина волны</li> </ol>
3.	Функция, описывающая распространение волны, выглядит следующим образом а	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>A\cos(\omega t \pm kx + \phi_0)</math></li> <li>2. <math>A\sin(\omega t + \phi_0)</math></li> <li>3. <math>X'' + \omega^2 X = 0</math></li> <li>4. <math>\omega t + \phi_0</math></li> </ol>
4.	Волновое число равно ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. числу колебаний происходящих в некоторой точке пространства в единицу времени</li> <li>2. расстоянию, на которое распространяется волна за один период</li> <li>3. длине волнового периода</li> <li>4. коэффициенту, стоящему перед координатой в выражении, определяющем фазу волны</li> </ol>
5.	Волновое число связано с длиной волны следующим соотношением:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>k = 2\pi\lambda</math></li> <li>2. <math>k = c \cdot \lambda</math></li> <li>3. <math>k = 2\pi/\lambda</math></li> <li>4. <math>k = \omega \cdot \lambda</math></li> </ol>
6.	Волновая поверхность – это ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. передняя граница волны</li> <li>2. график волновой функции</li> <li>3. геометрическое место точек волны, имеющих одинаковую фазу</li> <li>4. плоскость, в которой происходят колебания частиц среды</li> </ol>
7.	Фронт волны – это ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. геометрическое место точек волны, имеющих одинаковую фазу</li> <li>2. передняя волновая поверхность, наиболее удалённая от источника волны</li> <li>3. график волновой функции</li> <li>4. плоскость, в которой происходят колебания частиц среды</li> </ol>
8.	Луч – это ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. геометрическое место точек волны, имеющих одинаковую фазу</li> <li>2. линия, вдоль которой распространяется энергия волны</li> <li>3. передняя волновая поверхность, наиболее удалённая от источника волны</li> <li>4. направление, в котором происходят колебания частиц среды</li> </ol>
9.	Фаза волны равна .... d	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\omega t + \phi_0</math></li> <li>2. <math>k \cdot x + \phi_0</math></li> <li>3. <math>2\pi/\lambda</math></li> <li>4. <math>\omega t \pm k \cdot x + \phi_0</math></li> </ol>
10.	Фазовая скорость распространения волны равна.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\omega/k</math></li> <li>2. <math>d\omega/dk</math></li> <li>3. <math>2\pi/\lambda</math></li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		4. $2\pi\lambda$
11.	Групповая скорость распространения волн равна.	1. $\omega/k$ 2. $2\pi/\lambda$ 3. $2\pi\lambda$ 4. $d\omega/dk$
12.	Интенсивность звуковой волны ....	1. это мощность, переносимая волной через единичную поверхность, перпендикулярную направлению её распространения 2. это мощность, переносимая волной через единичную поверхность, перпендикулярную направлению распространения волны, в единицу времени 3. равна её амплитуде 4. равна квадрату её амплитуды
13.	Интенсивность звуковой волны при прочих равных условиях ... плотности среды.	1. обратно пропорциональна 2. немонотонно зависит от 3. пропорциональна 4. не зависит от
14.	Интенсивность звуковой волны ....	1. пропорциональна квадрату амплитуды колебаний 2. пропорциональна амплитуде колебаний 3. обратно пропорциональна амплитуде колебаний 4. никак не связана с амплитудой колебаний
15.	Интенсивность звуковой волны ....	1. пропорциональна частоте её колебаний 2. пропорциональна квадрату частоты её колебаний 3. обратно пропорциональна частоте её колебаний 4. не зависит от частоты колебаний
16.	По характеру движения волновой поверхности различают следующие типы волн.	1. бегущие, звуковые 2. плоские, сферические, стоячие 3. звуковые, стоячие 4. поперечные, продольные
17.	По направлению колебаний различают следующие типы волн.	1. бегущие, звуковые 2. плоские, сферические, стоячие 3. звуковые, стоячие 4. поперечные, продольные
18.	Следующие типы волн могут распространяться только в материальной среде. Указать все правильные ответы.	1. электромагнитные 2. звуковые 3. поперечные 4. волны температуры
19.	Бегущая волна отличается от стоячей тем, что у неё ... меняется со временем.	1. направление распространения 2. частота колебаний 3. волновое число 4. можно определить поверхности постоянной фазы, положение которых
20.	В стоячей волне, в отличие от бегущей, ....	1. имеются точки с нулевой амплитудой колебаний 2. все точки между двумя соседними узлами колеблются в одинаковой фазе 3. частота колебаний меняется со временем 4. волновое число меняется со временем

**Вариант 2**

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Зависимость циклической частоты колебаний от волнового числа описывается формулой: $\omega = 400k$ . Скорость распространения волны с частотой $800 \text{ с}^{-1}$ равна ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 800 м/с</li> <li>2. 400 м/с</li> <li>3. 200 м/с</li> <li>4. 100 м/с</li> </ol>
2.	Интенсивность звуковой волны ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. пропорциональна квадрату амплитуды колебаний</li> <li>2. пропорциональна амплитуде колебаний</li> <li>3. обратно пропорциональна амплитуде колебаний</li> <li>4. никак не связана с амплитудой колебаний</li> </ol>
3.	Волновое число равно ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. числу колебаний происходящих в некоторой точке пространства в единицу времени</li> <li>2. расстоянию, на которое распространяется волна за один период</li> <li>3. длине волнового периода</li> <li>4. коэффициенту, стоящему перед координатой в выражении, определяющем фазу волны</li> </ol>
4.	Распространение волны описывается выражением: $6\cos(2000t+5x+1000)$ . Её интенсивность $2 \text{ Вт/м}^2$ . При возрастании амплитуды волны в 2 раза её интенсивность становится равной ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>12 \text{ Вт/м}^2</math></li> <li>2. <math>10 \text{ Вт/м}^2</math></li> <li>3. <math>4 \text{ Вт/м}^2</math></li> <li>4. <math>8 \text{ Вт/м}^2</math></li> </ol>
5.	Следующие типы волн могут распространяться только в материальной среде. Указать все правильные ответы.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. электромагнитные</li> <li>2. звуковые</li> <li>3. поперечные</li> <li>4. волны температуры</li> </ol>
6.	В технике звуковые волны используют для .... Указать все правильные ответы.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. передачи информации</li> <li>2. обработки материалов</li> <li>3. эхолокации</li> <li>4. дефектоскопии</li> </ol>
7.	Поперечные колебания происходят в направлении ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. параллельном направлению распространения волны</li> <li>2. перпендикулярном волновой поверхности</li> <li>3. перпендикулярном поверхности постоянной фазы</li> <li>4. перпендикулярном направлению распространения волны</li> </ol>
8.	Волновая поверхность – это ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. передняя граница волны</li> <li>2. график волновой функции</li> <li>3. геометрическое место точек волны, имеющих одинаковую фазу</li> <li>4. плоскость, в которой происходят колебания частиц среды</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
9.	Распространение волны описывается выражением: $b\cos(2000t+5x+1000)$ . Её длина равна ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>10 м</li> <li>2,5 м</li> <li>5 м</li> <li>1,25 м</li> </ol>
10.	Бегущая волна отличается от стоячей тем, что у неё ... меняется со временем.	<ol style="list-style-type: none"> <li>направление распространения</li> <li>частота колебаний</li> <li>волновое число</li> <li>можно определить поверхности постоянной фазы, положение которых</li> </ol>
11.	Длина волны 1 м, циклическая частота $800 \text{ с}^{-1}$ , а волновое число равно ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>200 с/м</li> <li><math>100 \text{ м}^{-1}</math></li> <li><math>6,3 \text{ м}^{-1}</math></li> <li>0,5 м/с</li> </ol>
12.	Групповая скорость распространения волн равна.	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\omega/k</math></li> <li><math>2\pi/\lambda</math></li> <li><math>2\pi\lambda</math></li> <li><math>d\omega/dk</math></li> </ol>
13.	Интенсивность звуковой волны ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>пропорциональна частоте её колебаний</li> <li>пропорциональна квадрату частоты её колебаний</li> <li>обратно пропорциональна частоте её колебаний</li> <li>не зависит от частоты колебаний</li> </ol>
14.	Интенсивность звуковой волны при прочих равных условиях ... плотности среды.	<ol style="list-style-type: none"> <li>обратно пропорциональна</li> <li>немонотонно зависит от</li> <li>пропорциональна</li> <li>не зависит от</li> </ol>
15.	По направлению колебаний различают следующие типы волн.	<ol style="list-style-type: none"> <li>бегущие, звуковые</li> <li>плоские, сферические, стоячие</li> <li>звуковые, стоячие</li> <li>поперечные, продольные</li> </ol>
16.	Распространение волны описывается выражением: $b\cos(2000t+5x+1000)$ . Её фазовая скорость равна ....	<ol style="list-style-type: none"> <li>200 м/с</li> <li>400 м/с</li> <li>250 м/с</li> <li>500 м/с</li> </ol>
17.	В стоячей волне, в отличие от бегущей, .... Указать все правильные ответы.	<ol style="list-style-type: none"> <li>имеются точки с нулевой амплитудой колебаний</li> <li>все точки между двумя соседними узлами колеблются в одинаковой фазе</li> <li>частота колебаний меняется со временем</li> <li>волновое число меняется со временем</li> </ol>
18.	По характеру движения волновой поверхности различают следующие типы волн.	<ol style="list-style-type: none"> <li>бегущие, звуковые</li> <li>плоские, сферические, стоячие</li> <li>звуковые, стоячие</li> <li>поперечные, продольные</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Фронт волны – это ....	1. геометрическое место точек волны, имеющих одинаковую фазу 2. передняя волновая поверхность, наиболее удалённая от источника волны 3. график волновой функции 4. плоскость, в которой происходят колебания частиц среды
20.	Фаза волны равна .... d	1. $\omega t + \phi_0$ 2. $k \cdot x + \phi_0$ 3. $2\pi/\lambda$ 4. $\omega t \pm k \cdot x + \phi_0$

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Фаза волны равна .... d	1. $\omega t + \phi_0$ 2. $k \cdot x + \phi_0$ 3. $2\pi/\lambda$ 4. $\omega t \pm k \cdot x + \phi_0$
2.	По направлению колебаний различают следующие типы волн.	1. бегущие, звуковые 2. плоские, сферические, стоячие 3. звуковые, стоячие 4. поперечные, продольные
3.	Групповая скорость распространения волн равна.	1. $\omega/k$ 2. $2\pi/\lambda$ 3. $2\pi\lambda$ 4. $d\omega/dk$
4.	Волновое число равно ....	1. числу колебаний происходящих в некоторой точке пространства в единицу времени 2. расстоянию, на которое распространяется волна за один период 3. длине волнового периода 4. коэффициенту, стоящему перед координатой в выражении, определяющем фазу волны
5.	Интенсивность звуковой волны ....	1. это мощность, переносимая волной через единичную поверхность, перпендикулярную направлению её распространения 2. это мощность, переносимая волной через единичную поверхность, перпендикулярную направлению распространения волны, в единицу времени 3. равна её амплитуде 4. равна квадрату её амплитуды
6.	Распространение волны описывается выражением: $b \cos(2000t + 5x + 1000)$ . Её	1. 250 м/с 2. 4 рад

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	волновое число равно ....	3. $5 \text{ м}^{-1}$ 4. $2 \text{ с}^{-1}$
7.	В стоячей волне, в отличие от бегущей, .... Указать все правильные ответы.	1. имеются точки с нулевой амплитудой колебаний 2. все точки между двумя соседними узлами колеблются в одинаковой фазе 3. частота колебаний меняется со временем 4. волновое число меняется со временем
8.	По характеру движения волновой поверхности различают следующие типы волн.	1. бегущие, звуковые 2. плоские, сферические, стоячие 3. звуковые, стоячие 4. поперечные, продольные
9.	Луч – это ....	1. геометрическое место точек волны, имеющих одинаковую фазу 2. линия, вдоль которой распространяется энергия волны 3. передняя волновая поверхность, наиболее удалённая от источника волны 4. направление, в котором происходят колебания частиц среды
10.	Зависимость циклической частоты колебаний от волнового числа описывается формулой: $\omega = 400k$ . Скорость распространения волны с частотой $800 \text{ с}^{-1}$ равна ....	1. $800 \text{ м/с}$ 2. $400 \text{ м/с}$ 3. $200 \text{ м/с}$ 4. $100 \text{ м/с}$
11.	Функция, описывающая распространение волны, выглядит следующим образом а	1. $A \cos(\omega t \pm kx + \phi_0)$ 2. $A \sin(\omega t + \phi_0)$ 3. $X'' + \omega^2 X = 0$ 4. $\omega t + \phi_0$
12.	Волновое число связано с длиной волны следующим соотношением:	1. $k = 2\pi\lambda$ 2. $k = c \cdot \lambda$ 3. $k = 2\pi/\lambda$ 4. $k = \omega \cdot \lambda$
13.	Распространение волны описывается выражением: $6 \cos(2000t + 5x + 1000)$ . Её длина равна ....	1. $10 \text{ м}$ 2. $2,5 \text{ м}$ 3. $5 \text{ м}$ 4. $1,25 \text{ м}$
14.	Поперечные колебания происходят в направлении ....	1. параллельном направлению распространения волны 2. перпендикулярном волновой поверхности 3. перпендикулярном поверхности постоянной фазы 4. перпендикулярном направлению распространения волны
15.	Продольные колебания происходят ....	1. параллельно направлению распространения волны

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		2. перпендикулярно направлению распространения волны 3. в произвольном направлении по отношению к направлению распространения волны 4. по поверхности постоянной фазы
16.	Следующие типы волн могут распространяться только в материальной среде. Указать все правильные ответы.	1. электромагнитные 2. звуковые 3. поперечные 4. волны температуры
17.	Волновая поверхность – это ....	1. передняя граница волны 2. график волновой функции 3. геометрическое место точек волны, имеющих одинаковую фазу 4. плоскость, в которой происходят колебания частиц среды
18.	В технике звуковые волны используют для .... Указать все правильные ответы.	1. передачи информации 2. обработки материалов 3. эхолокации 4. дефектоскопии
19.	Длина волны 1 м, циклическая частота $800 \text{ с}^{-1}$ , а волновое число равно ....	1. $200 \text{ с/м}$ 2. $100 \text{ м}^{-1}$ 3. $6,3 \text{ м}^{-1}$ 4. $0,5 \text{ м/с}$
20.	Распространение волны описывается выражением: $6\cos(2000t+5x+1000)$ . Её интенсивность $2 \text{ Вт/м}^2$ . При возрастании амплитуды волны в 2 раза её интенсивность становится равной ....	1. $12 \text{ Вт/м}^2$ 2. $10 \text{ Вт/м}^2$ 3. $4 \text{ Вт/м}^2$ 4. $8 \text{ Вт/м}^2$

### 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

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
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

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

Бауков Ю.Н. Волновые процессы: Учебное пособие / Ю.Н. Бауков, И.В. Колодина, А.З. Вартанов. М.: Издательство МГГУ, 2006. – 54 с.

<https://e.lanbook.com/reader/book/3497>

2. Основы геомеханики горных массивов: Учеб. пособие / А. А. Борисов ; Ленингр. горн. ин-т им. Г. В. Плеханова, 92,[1] с. ил. 20 см, Л. ЛГИ 1989

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Ямщиков В.С. Волновые процессы в массиве горных пород: Учебник для вузов. М.: Недра, 1984. – 271 с.

2. Родионов В.Н. Основы геомеханики / В.Н. Родионов, И.А. Сизов, В.М. Цветков. М.: Недра, 1986. – 256 с.

3. Эткин М.Б. Взрывные работы в энергетическом и промышленном строительстве: Научно-практическое руководство / М.Б. Эткин, А.Е. Азаркович. М.: Издательство МГГУ, 2004. – 317 с.

#### **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 «Руконт»»: <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 eпо 2610A -1 шт., источник бесперебойного питания Poverware 5115 75(i) - 1 шт., коммутатор Kramer VP-201 - 1 шт., компьютер CompuMir - 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 практических занятий.**

Мебель лабораторная: Стул – 20 шт., стол – 10 шт., доска магнитно – маркерная – 1 шт., стол преподавателя – 1 шт., доска – 1 шт., Оборудование и приборы: Blaster’sRanger 11 HighSpeed – 1 шт., DataTrapIVOD / Datarecorder – 1 шт., Blastmate III System – 1 шт. рабочая станция – 1 шт., станок сверлильный «Farm» – 1 шт., весы YF-1260G – 1 шт., дефектоскоп УК-10ПМС – 1 шт., ударно-буровой стенд №1 – 2 шт., прибор «Копер-1» – 1 шт., денситометр Д-3 – 1 шт., прибор ИСМ-190 «Викинг» – 1 шт., хроматограф ХМП-4 – 1 шт., муфельная печь «Тулячка» – 1 шт., взрывные машинки – 4 шт., прибор «Мир-2»– 1 шт., прибор МИИ – 1 шт., контрольно-измерительный прибор – 5 шт., муляжи патронированных эмульсионных взрывчатых веществ – 10 шт., муляжи ЭД, КД, ДШ, неэлектрических систем инициирования, пиротехнических реле, шашек-детонаторов – 20 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