

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
профессор В.П. Зубов

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД

| | |
|-------------------------------------|--|
| Уровень высшего образования: | Специалитет |
| Специальность: | 21.05.04 Горное дело |
| Направленность (профиль): | Подземная разработка пластовых месторождений |
| Квалификация выпускника: | горный инженер (специалист) |
| Форма обучения: | очная |
| Составитель: | доцент Холодилов А.Н. |

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Физика горных пород» разработана:

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

Составитель _____ к.ф.-м.н., доцент Холодилов А.Н.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры взрывного дела от 31.01.2022 г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой взрывного дела _____ к.т.н., доц. М.А. Маринин

Рабочая программа согласована:

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели изучения дисциплины «Физика горных пород»: получение студентами комплекса представлений о физико-технических свойствах горных пород и породного массива при освоении георесурсов, приобретение студентами сведений о лабораторных методах определения физико-механических и горно-технологических параметров представительных образцов горных пород и их оценка в массиве горных пород.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний о физических свойствах горных пород необходимых для разработки месторождений;
- ознакомление с физико-механическими и горно-технологическими процессами в горных породах при их разработке, способами оценки параметров указанных процессов, установление границ их достоверного определения;
- усвоение основных лабораторных методов определения физических свойств горных пород.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физика горных пород» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по специальности «21.05.04 Горное дело» и изучается в 5 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Физика горных пород» являются: «Физика», «Геология», «Высшая математика».

Дисциплина «Физика горных пород» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Геомеханика», «Технология и безопасность взрывных работ», «Основы обогащения и переработки минерального сырья».

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

Процесс изучения дисциплины «Физика горных пород» направлен на формирование следующих компетенций:

| Формируемые компетенции | | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--|------------------------|---|
| Содержание компетенции | Код компетенции | |
| Способен применять методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов | ОПК-5 | ОПК-5.1. Знать теоретические и методологические основы оценки параметров процессов добычи и переработки полезных ископаемых с учетом характера изменения свойств горных пород, методы, анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов ОПК-5.2. Уметь применять методы анализа горных пород и состояния массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов ОПК-5.3. Владеть навыками применения методов анализа, знаний закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива при решении конкретных профессиональных задач |

| Формируемые компетенции | | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--|-----------------|---|
| Содержание компетенции | Код компетенции | |
| Способен применять методы анализа и знания закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов | ОПК-6 | ОПК-6.1. Знать теоретические и методологические основы оценки параметров процессов добычи и переработки полезных ископаемых с учетом характера изменения свойств горных пород, методы, анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов ОПК-6.2. Уметь применять методы анализа горных пород и состояния массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов ОПК-6.3. Владеть навыками применения методов анализа, знаний закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива при решении конкретных профессиональных задач |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 136 ак. часа.

| Вид учебной работы | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|---|-----------------|-----------------------|
| | | 5 |
| Аудиторная работа, в том числе: | 68 | 68 |
| Лекции (Л) | 34 | 34 |
| Практические занятия (ПЗ) | 17 | 17 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 17 | 17 |
| Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе: | 40 | 40 |
| Расчетно-графическая работа (РГР) | 6 | 6 |
| Подготовка к практическим занятиям | 17 | 17 |
| Подготовка к лабораторным занятиям | 17 | 17 |
| Промежуточная аттестация – экзамен (Э) | Э(36) | Э(36) |
| Общая трудоемкость дисциплины | | |
| | ак. час. | 144 |
| | зач. ед. | 4 |

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, 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, |
| Раздел 1 «Общие сведения о горных породах» | 4 | 2 | 1 | - | 1 |
| Раздел 2 «Плотностные свойства горных пород» | 10 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| Раздел 3 «Жидкость и газ в горных породах» | 13 | 3 | 1 | 4 | 5 |
| Раздел 4 «Напряженное и деформированное состояние горных пород» | 8 | 4 | 2 | - | 2 |
| Раздел 5 «Свойства горных пород как характеристики связи напряжений и деформаций» | 14 | 6 | 4 | - | 4 |
| Раздел 6 «Прочностные свойства горных пород» | 18 | 6 | 3 | - | 9 |
| Раздел 7 «Теплофизические свойства горных пород» | 12 | 2 | 1 | 4 | 5 |
| Раздел 8 «Электрофизические свойства горных пород» | 4 | 2 | 1 | - | 1 |
| Раздел 9 «Акустические свойства горных пород» | 11 | 3 | 1 | 3 | 4 |
| Раздел 10 «Физико-механические, технологические и горно-технологические свойства пород» | 14 | 4 | 2 | 3 | 5 |
| Итого: | 108 | 34 | 17 | 17 | 40 |

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|--|---|--------------------------|
| 1 | Общие сведения о горных породах | Терминология, применяемая для описания горных пород. Классификация горных пород по их генезису. Трещиноватость и нарушенность массивов горных пород. | 2 |
| 2 | Плотностные свойства горных пород | Плотностные характеристики ненарушенных горных пород. Плотностные характеристики разрушенных (разрыхленных) горных пород. Методы определения плотностных характеристик горных пород | 2 |
| 3 | Жидкость и газ в горных породах | Классификация видов воды в горных породах. Характеристики влажности и методы ее определения. Фильтрация жидкости. Фильтрация газа. Методы определения коэффициентов фильтрации воды и газов | 3 |
| 4 | Напряженное и деформированное состояние горных пород | Вектор напряжений. Тензор напряжений. Напряженное состояние горной породы при наличии порового гидростатического давления. Тензор деформаций. Инварианты тензоров напряжений и деформаций. | 4 |
| 5 | Свойства горных пород как характеристики | Классификация типов кривых деформация – напряжение. Обобщенный закон Гука. Закон Гука для изотропных горных пород. Упругие модули изотропных горных | 6 |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|---|---|--------------------------|
| | связи напряжений и деформаций | пород. Работа деформирования горных пород. Закон Гука для анизотропных горных пород и массивов. Методы определения упругих модулей. Реологические свойства горных пород. Механические модели пород. | |
| 6 | Прочностные свойства горных пород | Общие представления об идеальной и реальной прочности горных пород. Сведения о критериях разрушения. Методы определения пределов прочности. Определение контактной прочности горных пород. Особенности определения прочностных характеристик глинистых пород. Устойчивость уступов. | 6 |
| 7 | Теплофизические свойства горных пород | Процесс распространения тепла. Использование тепловых свойств горных пород в разработке полезных ископаемых. | 2 |
| 8 | Электро-физические свойства горных пород | Поляризация и электропроводность горных пород. Использование электрических свойств горных пород в разведке и разработке полезных ископаемых. | 2 |
| 9 | Акустические свойства горных пород | Объемные и поверхностные волны. Плоская волна. Удельный акустический импеданс горной породы. Плотность потока энергии, переносимой акустической волной. Затухание энергии акустической волны. Отражение и преломление акустических волн. Сейсмозрывные волны | 3 |
| 10 | Физико-механические, технологические и горно-технологические свойства пород | Горно-технологические параметры: коэффициент крепости, буримость, взрываемость, абразивность. Физико-механические и технологические свойства угля, строительных материалов и железорудных горных пород | 4 |
| Итого: | | | 34 |

4.2.3. Практические занятия

| № п/п | Разделы | Тематика практических занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|----------|---|--------------------------|
| 1 | Раздел 1 | Расчет характеристик гранулометрического состава рыхлых горных пород | 1 |
| 2 | Раздел 2 | Расчет плотностных параметров ненарушенных и разрыхленных горных пород | 1 |
| 3 | Раздел 3 | Расчет параметров фильтрации жидкости и газа в горных породах | 1 |
| 4 | Раздел 4 | Построение кругов Мора. Определение главных напряжений. Определение инвариантов тензоров напряжений и деформаций | 2 |
| 5 | Раздел 5 | Расчет упругих постоянных, коэффициента пластичности, параметров ползучести и релаксации горных пород | 4 |
| 6 | Раздел 6 | Расчет пределов прочности, построение паспорта прочности горных пород, оценка устойчивости уступа породного обнажения | 3 |
| 7 | Раздел 7 | Расчет теплофизических характеристик горных пород | 1 |
| 8 | Раздел 8 | Расчет электрофизических характеристик горных пород | 1 |

| | | | |
|---------------|-----------|--|-----------|
| 9 | Раздел 9 | Расчет основных параметров акустических волн в горных породах | 1 |
| 10 | Раздел 10 | Оценка горно-технологических параметров угля, строительных материалов и рудных пород | 2 |
| Итого: | | | 17 |

4.2.4. Лабораторные работы

| № п/п | Разделы | Тематика лабораторных работ | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|-----------|--|--------------------------|
| 1 | Раздел 2 | Определение объемной массы образцов горной породы неправильной формы | 3 |
| 2 | Раздел 3 | Определение водопроницаемости горных пород | 4 |
| 3 | Раздел 7 | Определение теплопроводности горных пород | 4 |
| 4 | Раздел 9 | Определение скорости распространения упругих волн в горных породах | 3 |
| 5 | Раздел 10 | Определение абразивности горных пород по методу Л.И. Барона | 3 |
| Итого: | | | 17 |

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.

Лабораторные работы. Цели лабораторных занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

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

Раздел 1. Общие сведения о горных породах

1. Дайте определения понятиям «минерал», «горная порода», «массив горных пород».
2. Каким образом подразделяются горные породы по их происхождению.
3. Принципы геологической классификации обломочных горных пород.
4. Что такое гранулометрический состав рыхлой горной породы.
5. Трещина. Трещиноватость. Принципы классификации горных пород по трещиноватости.

Раздел 2. Плотностные свойства горных пород

1. Назовите плотностные характеристики ненарушенных горных пород.
2. Дайте определение понятию «пористость горной породы»?
3. Перечислите методы определения плотностных характеристик ненарушенных горных пород.
4. Назовите плотностные характеристики разрыхленных горных пород.
5. Перечислите методы определения плотностных характеристик разрыхленных горных пород.

Раздел 3. Жидкость и газ в горных породах

1. Какие виды воды в горных породах Вы знаете?
2. Дайте определение понятию «влажность» горных пород.
3. Что такое водоотдача горных пород?
4. Каким образом происходит фильтрация жидкости и газа в горных породах?
5. Назовите виды агрессивного воздействия воды на горную породу.

Раздел 4. Напряженное и деформированное состояние горных пород

1. Что такое «вектор напряжений» и «тензор напряжений».
2. Поясните принципы графического построения кругов Мора.
3. Каким образом влияет поровое гидростатическое давление на напряженное состояние горной породы?
4. Поясните физический смысл компонент тензора деформаций.
5. Какой физический смысл несут инварианты тензоров напряжений и деформаций?

Раздел 5. Свойства горных пород как характеристики связи напряжений и деформаций

1. Объясните свойства упругости, пластичности и вязкости горных пород.
2. Перечислите основные модули упругости горных пород и дайте им определения.
3. Назовите основные методы определения упругих модулей горных пород.
4. Что понимается под реологическими свойствами горных пород?
5. Перечислите основные механические модели горных пород.

Раздел 6. Прочностные свойства горных пород

1. Перечислите основные положения теории прочности Гриффитса.
2. Назовите основные прочностные характеристики горных пород.
3. Выполните расчетно-графическую работу на тему: «Построение паспорта прочности горной породы».
4. Назовите основные методы определения прочностных характеристик горных пород.
5. Каким образом устанавливается величина предела длительной прочности горных пород?

Раздел 7. Теплофизические свойства горных пород

1. Приведите основные параметры, характеризующие тепловые свойства горных пород.
2. Как называется процесс распространения тепла через границу раздела двух пород?
3. В чем заключаются физические принципы разрушения горных пород тепловыми методами?
4. Какими свойствами горных пород определяется степень трудности их разрушения термическим воздействием? Приведите примеры легко термобуриемых горных пород.

5. Назовите основные технические характеристики станков термического бурения горных пород.

Раздел 8. Электрофизические свойства горных пород

1. Перечислите основные электрофизические параметры горных пород.
2. Каким образом увлажнение влияет на электрофизические свойства горных пород.
3. В чем заключается электрический способ разрушения горных пород.
4. Какая связь существует между минеральным составом и строением горной породы и ее электрофизическими свойствами?
5. В чем заключаются принципы электроразведки месторождений полезных ископаемых.

Раздел 9. Акустические свойства горных пород

1. Назовите основные виды акустических волн, распространяющихся в горных породах.
2. Назовите метод определения скорости распространения акустической волны.
3. Дайте определение понятию «акустического импеданса».
4. Назовите основные причины затухания акустических волн.
5. Что собой представляют сейсмозрывные волны?

Раздел 10. Физико-механические, технологические и горно-технологические свойства пород

1. Перечислите основные технологические параметры горных пород.
2. Перечислите основные горно-технологические параметры горных пород.
3. Какие технологические и горно-технологические параметры угля Вы можете привести?
4. Как зависит производительность станков механического бурения от крепости горных пород?
5. Какие технологические параметры рудных пород и строительных материалов Вы знаете?

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

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

1. Как называется характеристика, определяющая взаимное расположение и пространственную ориентацию минеральных агрегатов?
2. Как называется характеристика, определяющая форму, размеры и взаимные связи минералов минерального агрегата?
3. Как называются горные породы, образовавшиеся из разрушенных пород различного генезиса?
4. К какой группе осадочных горных пород относится галечник?
5. Как называется относительный объём всех пор, имеющих в единицы объёма?
6. Какой вид пористости определяется путем насыщения образца горной породой жидкостью?
7. Как называется вода, молекулы которой входят в кристаллическую решетку минералов в определенном соотношении?
8. Какой параметр характеризует статические запасы воды, выделяемые в выработанное пространство при вскрытии месторождения?
9. Какой вид пористости горной породы характеризует фильтрацию жидкости в ней?
10. Какая формула (уравнение) из гидромеханики лежит в основе обоснования линейного закона Дарси?
11. В чем заключается основное отличие закона фильтрации газа от закона фильтрации жидкости в горных породах?
12. Сколько инвариантов имеет тензор напряжений?
13. Согласно теории упругого деформирования, в каком интервале могут находиться значения коэффициента Пуассона?
14. Какой упругий модуль горной породы определяется только через один коэффициент Ламе?
15. Каким упругим модулем характеризуется продольная деформация балки из горной породы?
16. Как зависит от времени в большинстве случаев напряжение при релаксации?

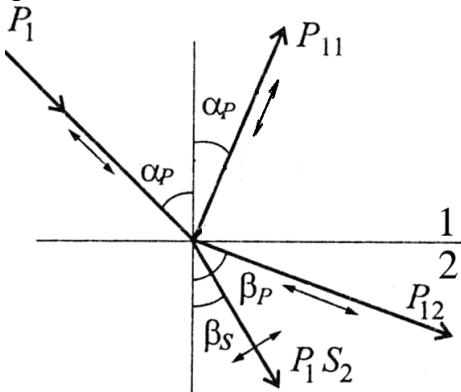
17. Как выглядит выражение для паспорта прочности горной породы с учетом давления напорных вод?
18. Для каких горных пород угол внутреннего трения близок к нулю?
19. Для каких горных пород неприменимо понятие предельной высоты свободного стояния вертикального обнажения породы?
20. Для каких горных пород вводится понятие «угол естественного откоса»?
21. Как связана температуропроводность горной породы с ее теплопроводностью, плотностью, удельной теплоемкостью?
22. Назовите размерность коэффициента теплопередачи (теплоотдачи) в СИ (система интернациональная).
23. Как зависит удельная электрическая проводимость горной породы от ее пористости?
24. Как зависит удельная электрическая проводимость большинства нерудных горных пород, находящихся в воздушно-сухом состоянии, от температуры?
25. Для каких горных пород в наибольшей степени применим электротермический способ разрушения постоянным током?
26. Уравнение, описывающее скорость колебаний частиц в продольной волне в направлении оси (OX), имеет вид $v(t, x) = 1200\cos(120t - 0,03x)$. С какой скоростью распространяется волна?
27. В каком случае при нормальном падении упругой волны на границу раздела двух горных пород не будет происходить отражения?
28. Как называется волна, проходящая по поверхности границы раздела сред порода - воздух?
29. Как называются свойства горных пород, характеризующие качество полезного ископаемого применительно к его последующему использованию или переработке?
30. Какова величина предела прочности при одноосном сжатии, являющейся границей, по которой горные породы делятся на плотные или полускальные горные породы?
31. Сколько основных категорий горных пород существует согласно шкале крепости по М.М. Протодьяконова?
32. Какой параметр характеризует производительность горной техники, предназначенной для создания скважин?
33. Какие горные породы обладают высшей степенью абразивностью?
34. Какими параметрами горной породы определяется эталонный расход взрывчатого вещества на ее разрушение?
35. Что понимается под рациональным удельным расходом взрывчатого вещества?
36. При определении, какого показателя угля производится сбрасывание продуктов обработки угля на металлическую плиту?
37. Какая характеристика штучного камня является наиболее важной?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант №1

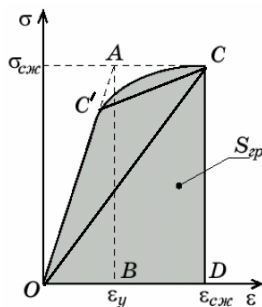
| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---|--|
| 1 | Как называются горные породы с преобладающим содержанием полезного одного или нескольких компонентов? | 1. Вмещающие породы. 2. Рудные породы. 3. Твердое минеральное топливо. 4. Строительные материалы. |
| 2 | Магматическая горная порода является средней, если содержание в ней SiO ₂ составляет... | 1. 52...65 %. 2. > 65%. 3. 45...52 %. 4. < 45 %. |

| | | |
|----|---|---|
| 3 | Как определяется концентрация микротрещин? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Как отношение длины трещины к постоянной кристаллической решетки. 2. Как количество микротрещин в единице площади шлифа. 3. Как количество микротрещин во всем объеме. 4. Как количество микротрещин в поле зрения микроскопа |
| 4 | Как называется относительный объем всех пор, имеющих в единицы объема? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Коэффициент пористости. 2. Пористость. 3. Общая пористость. 4. Объемный вес. |
| 5 | Какой вид воды, содержащейся в горных породах, удаляется при температурах выше 400 °С? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Цеолитная. 2. Кристаллизационная. 3. Конституционная. 4. Связанная. |
| 6 | Согласно ГОСТу какой коэффициент фильтрации имеет 3 категория горных пород? | <ol style="list-style-type: none"> 1. $K_f < 0,005$ м/сут. 2. $K_f = 0,005 \dots 0,3$ м/сут. 3. $K_f = 0,3 \dots 3$ м/сут. 4. $K_f = 3 \dots 30$ м/сут. |
| 7 | Напряженное состояние горных пород описывается с помощью компонент, которые составляют тензор... | <ol style="list-style-type: none"> 1. 0-го ранга. 2. 1-го ранга. 3. 2-го ранга. 4. 3-го ранга. |
| 8 | Что такое продольная деформация? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Изменение длины в направлении действия силы. 2. Отношение изменения длины к первоначальной длине в направлении действия силы. 3. Изменение объема. 4. Изменение размеров и формы тела в направлении действия силы. |
| 9 | Из термодинамики упругого деформирования следует, что количество независимых модулей упругости составляет... | <ol style="list-style-type: none"> 1. 81. 2. 36. 3. 21. 4. 2. |
| 10 | Коэффициент пластичности горной породы – это... | <ol style="list-style-type: none"> 1. отношение модуля упругости к модулю полной деформации. 2. отношение модуля упругости к модулю пластичности. 3. характеристика энергоемкости разрушения горной породы. 4. характеристика прочности пластичной горной породы. |
| 11 | Пусть хрупкая порода имеет предел прочности на сжатие 10^8 Па, модуль Юнга $0,5 \cdot 10^{11}$ Па. Тогда минимальная энергоемкость (в Дж/м ³) ее разрушения при сжатии порядка... | <ol style="list-style-type: none"> 1. 10^2. 2. 10^3. 3. 10^4. 4. 10^5. |

| | | |
|----|---|--|
| 12 | Как называется явление медленного падения величины внутреннего напряжения пород при неизменном внешнем давлении за счёт непрерывной деформации пород? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Трещинообразование. 2. Текучесть. 3. Релаксация. 4. Ползучесть. |
| 13 | Характеристикой теплообмена между горной выработкой и окружающей средой является... | <ol style="list-style-type: none"> 1. теплоемкость. 2. коэффициент теплопередачи (теплоотдачи). 3. коэффициент теплопроводности. 4. коэффициент температуропроводности. |
| 14 | Самой быстрой поляризацией является ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. электрохимическая. 2. макроструктурная. 3. ионная. 4. электронная. |
| 15 | Выберите горно-технологический параметр. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Обогащаемость. 2. Коксуемость. 3. Флотуемость. 4. Буримость. |
| 16 | Какова примерная величина давления бурового става станка шарошечного бурения на забой скважины? | <ol style="list-style-type: none"> 1. 3...5 кПа. 2. 300...500 кПа. 3. 3...5 МПа. 4. 30...50 МПа. |
| 17 | В каких пределах лежит величина эталонного удельного расхода взрывчатых веществ при взрывном рыхлении горных пород на карьерах в кг/м ³ ? | <ol style="list-style-type: none"> 1. 0,3...1,4. 2. 0,01...0,5. 3. 1...10. 4. 0,2...3,5. |
| 18 | Параметр углей, характеризующий сопротивляемость их разлому (мелкодисперсному дроблению). | <ol style="list-style-type: none"> 1. Разломоспособность. 2. Хрупкость. 3. Твёрдость. 4. Трещиноватость. |
| 19 | Укажите правую часть выражения для квадрата скорости распространения акустической продольной волны в узкой балке из горной породы. E – модуль Юнга, ν – коэффициент Пуассона, ρ – плотность горной породы. | <ol style="list-style-type: none"> 1. E/ρ. 2. $E/[2\rho(1 + \nu)]$. 3. $E/[3\rho(1 - 2\nu)]$. 4. $E(1 - \nu)/[2\rho(1 + \nu)(1 - 2\nu)]$. |
| 20 | <p>На рисунке представлена схема, поясняющая процесс преломления и отражения волн и образования обменных волн при падении акустической волны на границу раздела двух сред.</p>  <p>Какой луч изображен ошибочно?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. P_1. 2. P_{11}. 3. P_{12}. 4. P_1S_2. |

Вариант №2

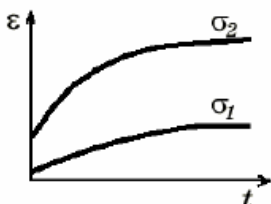
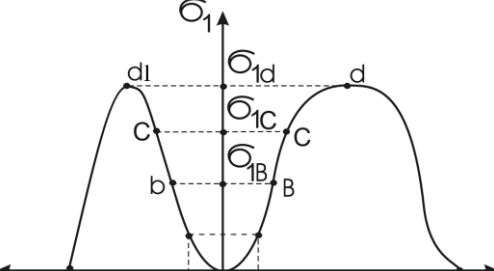
| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---|---|
| 1 | Какая характеристика определяет взаимное расположение и пространственную ориентацию минеральных агрегатов? | 1. Текстура породы. 2. Структура. 3. Трещиноватость. 4. Блочность. |
| 2 | Сыпучие горные породы называются пылеватыми, если средний размер их частиц не превышает ... | 1. 0,1 мм. 2. 0,5 мм. 3. 10 мм. 4. 2 мм. |
| 3 | Какая геометрическая фигура принимается в модели трещины? | 1. Плоскость. 2. Эллипс. 3. Отрезок прямой. 4. Окружность. |
| 4 | В каком параметре учитывается плотность и пористость горных пород? | 1. Масса. 2. Крепость. 3. Объёмная масса. 4. Коэффициент разрыхления. |
| 5 | Какой термин является эквивалентным термину «физически связанная вода»? | 1. Адсорбированная вода. 2. Гигроскопическая влага. 3. Прочносвязанная вода. 4. Все вышеперечисленные. |
| 6 | Какую единицу измерения в СИ (система интернациональная) имеет Дарси (Д)? | 1. м. 2. м ² . 3. м ³ . 4. Величина безразмерная. |
| 7 | Чему равны касательные напряжения в направлении главных осей? | 1. Половине разности двух сдвиговых напряжений. 2. Сдвиговым напряжениям. 3. Нулю. 4. Разности между главным и сдвиговым напряжениями. |
| 8 | Что понимается под относительным изменением взаимного положения точек? | 1. Деформация. 2. Перемещение. 3. Вращение. 4. Перенос вещества. |
| 9 | Если коэффициент Пуассона горной породы равен 1/4, то отношение модуля одностороннего сжатия к модулю сдвига равно: | 1. 3. 2. 5/2. 3. 5/3. 4. 1/3. |
| 10 | Согласно рисунку, по какому отрезку прямой определяется модуль пластичности? | 1. [OC]. 2. [C'C]. 3. [OC']. 4. [OD]. |



| | | |
|----|---|---|
| 11 | Для каких горных пород угол внутреннего трения близок к нулю? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Для скальных. 2. Для глинистых. 3. Для полускальных. 4. Для сыпучих. |
| 12 | Пусть $\sigma_{сж}$ – предел прочности горной породы на сжатие, $\sigma_{сд}$ – на сдвиг, σ_p – на растяжение. Тогда справедливо следующее соотношение: | <ol style="list-style-type: none"> 1. $\sigma_p > \sigma_{сж} > \sigma_{сд}$. 2. $\sigma_{сд} > \sigma_{сж} > \sigma_p$. 3. $\sigma_p > \sigma_{сд} > \sigma_{сж}$. 4. $\sigma_{сж} > \sigma_{сд} > \sigma_p$. |
| 13 | Бурение пород термическим методом заключается в... | <ol style="list-style-type: none"> 1. хрупком отделении пластинок от нагреваемой поверхности породы. 2. испарении горной породы. 3. плавлении горной породы. 4. сжигании горной породы. |
| 14 | Как зависит удельное электрическое сопротивление горной породы от ее размеров? | <ol style="list-style-type: none"> 1. С увеличением площади поперечного сечения уменьшается. 2. С увеличением длины увеличивается. 3. Не зависит. 4. С увеличением длины уменьшается. |
| 15 | Выберите выражение для удельной поверхности горной массы, представленной кубовидными кусками со средним размером d и пористостью в плотном теле P . | <ol style="list-style-type: none"> 1. $S_{уд} = (1 - P)/d$. 2. $S_{уд} = 6(1 - P)/d$. 3. $S_{уд} = 4\pi/3 (1 - P)/d$. 4. $S_{уд} = (1 - P)/6d$. |
| 16 | Укажите горно-технологический параметр, который характеризует общую разрушаемость пород механическим способом. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Обогащаемость. 2. Крепость. 3. Абразивность. 4. Твердость. |
| 17 | Какой геометрический параметр буровзрывных работ (БВР) лежит в основе расчета других параметров БВР? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Линия сопротивления по подошве уступа. 2. Диаметр взрывных скважин. 3. Сетка скважин. 4. Длина колонки заряда взрывчатых веществ. |
| 18 | Показатель морозостойкости определяется для... | <ol style="list-style-type: none"> 1. разрыхленных строительных материалов. 2. ископаемых углей. 3. железорудных пород. 4. всех вышеперечисленных. |
| 19 | Как соотносятся между собой скорость распространения акустической продольной волны в массиве горных пород - c_p и скорость колебаний частиц v_k ? | <ol style="list-style-type: none"> 1. $c_p < v_k$. 2. $c_p > v_k$. 3. $c_p \ll v_k$. 4. $c_p \gg v_k$. |
| 20 | Акустическая продольная волна падает на границу раздела двух сред из первой среды. При каком условии во второй среде будет распространяться только поперечная волна? Скорость распространения продольной волны в первой среде меньше скорости распространения продольной волны во второй среде. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ни при каком условии. 2. Если волна падает под углом больше 1-го критического угла, но меньше 2-го критического угла. 3. Если волна падает под углом больше 2-го критического угла. 4. Если волна падает под углом больше 3-го критического угла. |

Вариант №3

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|---|
| 1 | Как называются горные породы, образовавшиеся из разрушенных пород различного генезиса? | 1. Магматические. 2. Осадочные. 3. Метаморфические. 4. Самородные. |
| 2 | К какой группе осадочных горных пород относится щебенка? | 1. Рыхлые окатанные. 2. Рыхлые угловатые. 3. Цементированные окатанные. 4. Цементированные угловатые. |
| 3 | Как называется блочность массива, если среднее расстояние между естественными трещинами всех систем лежит в интервале 0,1-0,5 м? | 1. Весьма крупноблочный 2. Крупноблочный 3. Среднеблочный 4. Малоблочный |
| 4 | Какой вид пористости определяется путем насыщения образца горной породой жидкостью? | 1. Все виды пористости. 2. Общая пористость. 3. Открытая пористость. 4. Эффективная пористость. |
| 5 | Какой параметр характеризует статические запасы воды, выделяемой в выработанное пространство при вскрытии месторождения? | 1. Водоотдача. 2. Расход воды. 3. Коэффициент фильтрации. 4. Влажность. |
| 6 | Закон Дарси для скорости фильтрации жидкости в горных породах в виде $v = k_{\phi} \left(\frac{h}{l}\right)^{0,75}$, где k_{ϕ} – коэффициент фильтрации, $\frac{h}{l}$ – напорный градиент справедлив для... | 1. турбулентного течения жидкости. 2. смешанного течения жидкости. 3. прямолинейного течения жидкости. 4. ламинарного течения жидкости. |
| 7 | Каким свойством обладают круги Мора для трехосного напряженного состояния в общем случае? | 1. Круги Мора имеют общий центр. 2. Малые круги Мора не имеют точек. пересечений с большим кругом Мора 3. Малые круги Мора находятся вне большого круга Мора. 4. Сумма радиусов малых кругов Мора равна радиусу большого круга Мора. |
| 8 | Деформированное состояние горных пород описывается с помощью компонент, которые составляют тензор... | 1. 0-го ранга. 2. 1-го ранга. 3. 2-го ранга. 4. 3-го ранга. |
| 9 | Каким упругим модулем характеризуется продольная деформация балки из горной породы? | 1. Модулем Юнга. 2. Модулем сдвига. 3. Модулем всестороннего сжатия. 4. Модулем одностороннего сжатия. |
| 10 | Пусть E – модуль Юнга, $E_{пл}$ – модуль пластичности, $E_{деф}$ – модуль полной деформации горной породы. Тогда справедливо следующее неравенство: | 1. $E_{деф} > E_{пл} > E$. 2. $E_{пл} > E_{деф} > E$. 3. $E_{деф} > E > E_{пл}$. 4. $E > E_{деф} > E_{пл}$. |

| | | |
|----|---|---|
| 11 | <p>На рисунке показан график...</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. релаксации для $\sigma_2 < \sigma_1$. 2. ползучести для $\sigma_2 > \sigma_1$. 3. релаксации для $\sigma_2 > \sigma_1$. 4. ползучести для $\sigma_2 < \sigma_1$. |
| 12 | <p>Укажите на диаграмме точку разрушения образца горной породы при сжатии</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. B. 2. C. 3. d. 4. b. |
| 13 | <p>Размерность удельной теплоемкости в СИ имеет вид...</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. $\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$. 2. $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$. 3. $\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$. 4. $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$. |
| 14 | <p>Для какой горной породы ожидается наибольшее значение тангенса угла диэлектрических потерь?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Для мрамора. 2. Для горючего сланца. 3. Для алмаза. 4. Для рудной горной породы. |
| 15 | <p>Какие породы согласно шкале крепости по М.М. Протодяконова являются в высшей степени крепкими?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Очень крепкие железные руды. 2. Очень крепкие песчаники. 3. Наиболее крепкие базальты. 4. Самые крепкие известняки. |
| 16 | <p>Сколько основных категорий горных пород существует согласно единой классификации горных пород по буримости?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 5. 2. 10. 3. 15. 4. 20. |
| 17 | <p>Укажите марку угля, подвергшегося в наименьшей степени метаморфизации.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Антрацит. 2. Коксовый. 3. Длиннопламенный. 4. Газовый. |
| 18 | <p>Как выглядит правая часть выражения для определения показателя разрушаемости железной руды в процессе технологических обработок ее? m_1 – масса фракций крупнее 5(6,3) мм; m_2 – масса фракций крупнее 0,5 мм, но мельче 5(6,3) мм; m_3 – масса фракций крупнее 5(6,3) мм.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. $m_1 / (m_1 + m_2 + m_3) \cdot 100\%$. 2. $m_2 / (m_1 + m_2 + m_3) \cdot 100\%$. 3. $m_3 / (m_1 + m_2 + m_3) \cdot 100\%$. 4. Ни один из вышеперечисленных. |

| | | |
|----|--|--|
| 19 | Произошел камуфлетный взрыв заряда взрывчатого вещества. Укажите правильный порядок прихода сейсмических волн в точку наблюдения. | 1. Продольная, волна Релея, поперечная. 2. Поперечная, продольная, волна Релея. 3. Волна Релея, поперечная, продольная. 4. Продольная, поперечная, волна Релея. |
| 20 | Правая часть выражения для энергетического коэффициента отражения акустической волны при нормальном падении из среды с акустическим импедансом - z_1 на границу раздела со средой с акустическим импедансом - z_2 имеет вид... | 1. $[(z_2 - z_1) / (z_1 + z_2)]^2$. 2. $[2 z_2 / (z_1 + z_2)]^2$. 3. $[2 z_1 / (z_1 + z_2)]^2$. 4. $4 z_1 z_2 / [(z_1 + z_2)]^2$. |

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 «3» (удовлетворительно) | Углубленный уровень освоения «4» (хорошо) | Продвинутый уровень освоения «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 |

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Молдован Д.В. Физика горных пород: Учебн. пособие / Д.В. Молдован, В.И. Чернобай СПб.: Свое издательство, 2018 – 128с.
2. Букин, В.С. Физика горных пород: учебн. пособие / В.С. Букин, А.С. Калганов. - Чита: ЗабГУ, 2019. - 115с. <https://e.lanbook.com/book/173611>

3. Шведов, И.М. Физика горных пород: механические свойства горных пород: учебн. пособие / И.М. Шведов. – М.: МИСИС, 2019. - 122с. <https://e.lanbook.com/book/116928>

7.1.2. Дополнительная литература

1. Розбах, А.В. Физика горных пород (физико–механические свойства): Учеб. пособие / А.В. Розбах, А.Н. Холодилов, Г.И. Коршунов. СПб: Изд–во МАНЭБ, 2009. – 272с.
2. Ржевский, В.В. Основы физики горных пород: учебник / В.В. Ржевский, Г.Я. Новик. М.: ЛИБРОКОМ, 2010. – 360с.

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине. <http://ior.spmi.ru/>
2. Методические указания для подготовки к лабораторным работам. <http://ior.spmi.ru/>
3. Задачник по физическим свойствам горных пород. <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/
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.
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
19. Международный информационный портал горнодобывающей промышленности: www.infomine.com
20. Информационный портал горнодобывающей промышленности РФ: www.russia.infomine.com
21. Специализированный научно-информационный портал «Горное дело»: www.gornoe-delo.ru
22. Глобальная он-лайн библиотека по горному делу и минеральным ресурсам: www.OneMine.org

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитории для проведения лекционных занятий. Аудиторный фонд Горного университета.

Аудитории для проведения практических занятий. Аудиторный фонд Горного университета.

Аудитории для проведения лабораторных занятий. 2-й учебный центр Горного университета, ауд. 1244.

Лаборатория оснащены химическим оборудованием, реактивами и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Физике горных пород».

Мебель лабораторная:

посадочных мест - 24, рабочих мест для выполнения лабораторных работ – 15, стол преподавателя – 1 шт, стол угловой – 1 шт, количество стульев – 56шт.

Оборудование и приборы:

меловая доска – 1 шт., станок сверлильный «Farm» – 1 шт., весы YF-1260G – 1 шт., прибор ИСМ-190 «Викинг» – 1 шт., муфельная печь «Тулячка» – 1 шт., трубка «СПЕЦГЕО» - 1 шт.; прибор фильтрационный – 1 шт.; трамбовка – 1 шт; штатив металлический – 1 шт.; ультразвуковой дефектоскоп ГСП УК - 10 ПМС; лабораторная посуда.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

2-й учебный центр Горного университета, ауд. 1246. 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.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования: 2-й учебный центр Горного университета, ауд. 1242. Оснащенность: стол - 2 шт., стул - 2 шт., шкаф - 5 шт., шуруповерт - 1 шт.

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 7 Professional (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, ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования, ГК №959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники», ГК №447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования», ГК№984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования», ГК№671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Договор №1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор №1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования».

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

3. Microsoft Windows XP Professional (Microsoft Open License 16020041 от 23.01.2003, Microsoft Open License 16581753 от 03.07.2003, Microsoft Open License 16396212 от 15.05.2003, Microsoft Open License 16735777 от 22.08.2003, Microsoft Open License 45369730 от 16.04.2009, ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 1200-12/09 от 10.12.09 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 1246-12/08 от 18.12.08 «На поставку компьютерного оборудования и программного обеспечения», ГК № 1196-12/08 от 02.12.2008 «На поставку программного обеспечения».