

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 16.11.2023 16:49:02

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Закреплена за подразделением Кафедра строительства подземных сооружений и горных предприятий

Направление подготовки 00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108      Формы контроля в семестрах:  
в том числе: экзамен 7

аудиторные занятия 34

самостоятельная работа 38

часов на контроль 36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 20			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	38	38	38	38
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*дфмн, Заведующий кафедрой, Винников В.А.*

Рабочая программа

### **Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра строительства подземных сооружений и горных предприятий**

Протокол от г., №

Руководитель подразделения Винников В.А.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Подготовка к сдаче кандидатского минимума по специальности
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		2.1.3
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	3D-моделирование машин, агрегатов и процессов	
2.1.2	Биоматериаловедение	
2.1.3	Высокотемпературные и сверхтвердые материалы	
2.1.4	Геолого-маркшейдерское обеспечение горных работ	
2.1.5	Геотехнологии освоения месторождений полезных ископаемых	
2.1.6	Диагностика, экспертиза и коррозионный мониторинг состояния металлических материалов	
2.1.7	Инновационные конструкционные материалы	
2.1.8	Инновационные литейные технологии	
2.1.9	Инновационные технологии и конструкции оборудования для производства труб, деталей и специальных изделий	
2.1.10	Композиционные наноматериалы	
2.1.11	Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород	
2.1.12	Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород	
2.1.13	Логистика и экодизайн технологий черной металлургии	
2.1.14	Материаловедение и технологии материалов электроники	
2.1.15	Материаловедение функциональных материалов	
2.1.16	Металловедение и технологии легких сплавов	
2.1.17	Методология проектирования горных предприятий	
2.1.18	Механика подземных сооружений	
2.1.19	Обеспечение безопасного применения электроэнергии на предприятиях минерально-сырьевого комплекса	
2.1.20	Оптика и физика лазеров	
2.1.21	Организация и обеспечение качества аналитического контроля	
2.1.22	Порошковые, композиционные, аддитивные материалы и покрытия	
2.1.23	Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники	
2.1.24	Проблемы надежности горных машин и оборудования	
2.1.25	Процессы и технологии обогащения и глубокой переработки минерального сырья	
2.1.26	Ресурсосбережение и комплексное использование сырья в металлургии цветных, редких и благородных металлов	
2.1.27	Строительная геотехнология	
2.1.28	Теоретические исследования и моделирование перспективных сталеплавильных и ферросплавных процессов	
2.1.29	Теоретические основы и средства компьютерного моделирования процессов ОМД	
2.1.30	Теория и практика решения металлургических задач	
2.1.31	Термохимия материалов и термодинамическое моделирование	
2.1.32	Технологические основы получения материалов макро-, микро- и наноэлектроники	
2.1.33	Физика конденсированного состояния	
2.1.34	Физика конденсированного состояния и квантовые технологии	
2.1.35	Физика конденсированного состояния функциональных материалов	
2.1.36	Физика наноразмерных материалов и структур	
2.1.37	Физика полупроводников и диэлектриков	
2.1.38	Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники	
2.1.39	Физико-химия наноматериалов	
2.1.40	Физико-химия процессов и материалов	
2.1.41	Химия и технология переработки твердых горючих ископаемых	
2.1.42	Академическое письмо	
2.1.43	Иностранный язык	
2.1.44	История и философия науки	
2.1.45	Физико-химические и химические процессы обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья	



А-2-31 Методы планирования эксперимента
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Знать:</b>
А-1-31 приемы работы с библиотечной информацией и поиском необходимых документов по ключевым словам
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Уметь:</b>
А-3-У1 Готовить нормативно-техническую документацию
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Уметь:</b>
А-2-У1 Проводить измерения с помощью научных приборов
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Уметь:</b>
А-1-У1 осуществлять поиск научной информации
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Владеть:</b>
А-3-В1 Навыками проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по заданной тематике
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Владеть:</b>
А-2-В1 Навыками обработки результатов эксперимента
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Владеть:</b>
А-1-В1 навыками применения результатов поиска научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
<b>Раздел 1. Геомеханика</b>								
1.1	Геомеханика. Геомеханические процессы, происходящие в геологической среде под влиянием горных работ, и управление ими при подземных и открытых работах, а также подземном и гражданском строительстве. /Лек/	7	4	А-1-31 А-2-31 А-3-31	Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.11 Л2.12 Л2.13		КМ1	
1.2	Геомеханические процессы, происходящие в геологической среде под влиянием горных работ, и управление ими при подземных и открытых работах, а также подземном и гражданском строительстве. /Пр/	7	5	А-1-У1 А-2-У1 А-3-У1	Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.11 Л2.12 Л2.13			Р1

1.3	<p>Сдвигение породных массивов под влиянием подземных и открытых горных ра-бот. Связь сдвигения горных пород и газовыделения в горные выработки и на поверхность. Определение параметров сдвигения породных массивов и земной поверхности. Защита зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок. Динамические проявления геомеханических процессов в виде горных ударов и внезапных выбросов; их прогноз и предупреждение. Основные признаки удароопасности пород. Механизм внезапных выбросов. Геодинамическое районирование. Раскройка шахтных полей в условиях блочного строения массива, рациональное расположение выработок в активных геодинамических зонах. Методы и средства (включая геофизические) изучения и контроля геомеханических процессов в массиве. Устойчивость горных выработок и подземных сооружений. Взаимодействие массива горных пород с инженерными конструкциями подземных сооружений. Основные положения механики подземных сооружений. Крепи горных выработок и их роль в управлении напряженно-деформированным состоянием массива. Капитальные, подготовительные и очистные выработки. Требования к выбору типа и параметров крепи. Геомониторинг при строительстве подземных сооружений. Обработка и интерпретация результатов измерений. Обратный анализ. Оценка устойчивости породных откосов и бортов карьеров. Основные факторы, определяющие их устойчивость. Горнотехнические и специальные способы</p>	7	10	A-1-B1 A-2-B1 A-3-B1	Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.4 Л2.7 Л2.11 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2 Э3 Э4			
-----	---	---	----	-------------------------	--	--	--	--

	<p>управления состоянием бортов карьеров.</p> <p>Понятие о сейсмических волнах, их параметры; воздействие сейсмических сигналов на строящиеся и эксплуатируемые подземные сооружения.</p> <p>Принципы и приемы геомеханического воздействия на массив для повышения интенсивности и продолжительности нефте- и газоотдачи скважин. Методы контроля.</p> <p>Связь между геомеханическими и геодинамическими процессами.</p> <p>/Ср/</p>							
	<b>Раздел 2. Разрушение горных пород</b>							
2.1	Разрушение горных пород взрывом. Невзрывные способы разрушения горных пород /Лек/	7	4	A-1-31 A-2-31 A-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.12Л2.3 Л2.14 Л2.15 Л2.18 Л2.19		КМ1	
2.2	Разрушение пород при бурении шпуров и скважин и комбинированной проходке выработок. Разрушение горных пород невзрывными способами. /Пр/	7	4	A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.12Л2.1 Л2.3 Л2.5 Л2.14 Л2.15 Л2.18 Л2.19 Л2.22 Л2.23			Р2



2.3	<p>Современные представления о разрушении твердых сред при взрывных нагрузках, физические и механические модели разрушения горных пород взрывом. Основы моделирования действия взрыва в горных породах. Расчет параметров волн напряжений в осесимметричной постановке. Роль газообразных продуктов взрыва при разрушении горных пород. Распространение волн напряжений в трещиноватых средах и влияние соударений отдельностей на результативность взрыва. Методы анализа законов распределения кусковатости взорванной горной массы, определение размеров среднего куска и показателя равномерности дробления. Методы управления энергией взрыва при выполнении различных видов работ (выброс, перемещение, дробление) в условиях горного предприятия. Конструкция заряда и механизм воздействия ее на разрушаемый горный массив. Методы расчета параметров БВР при взрыве системы скважинных зарядов. Особенности действия взрыва зарядов ВВ в зажатой среде. Оценка результатов взрыва и основные технико-экономические критерии эффективности. Закономерности формирования и распространения сейсмических волн и ударной воздушной волны при массовых взрывах. Основные экологические проблемы и методы их решения при ведении взрывных работ. Понятие о сейсмических волнах и их параметры. Способы регистрации сейсмоколебаний. Методы и средства контроля сейсмического действия взрыва. Методы и средства для исследования быстротекающих процессов при взрывном и ударном воздействии на</p>	7	10	A-1-B1 A-2-B1 A-3-B1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.12 Л2.1 Л2.3 Л2.5 Л2.14 Л2.15 Л2.18 Л2.19 Л2.22 Л2.23 Э1 Э2 Э3 Э4			
-----	--	---	----	-------------------------	---	--	--	--

<p>массив.</p> <p>Разрушение пород при бурении шпуров и скважин и комбинированной проходке выработок. Способы бурения и расширения шпуров и скважин. Вращательное, ударно-вращательное, Шарошечное, термическое, электротермическое, электрофизическое, гидравлическое, гидромеханическое «другие комбинированные способы бурения. Влияние основных физико- механических свойств горных пород на показатели бурения и расширения шпуров и скважин, энергоемкость разрушения.</p> <p>Интенсификация и оптимизация процессов бурения и расширения, техника и технология бурения и расширения шпуров и скважин. Методы и средства контроля состояния скважин и шпуров.</p> <p>Разрушение негабаритов. Способы, техника и технология взрывного, механического, термического, электротермического, электрофизического разрушения. Механизм разрушения и расчет параметров разрушения каждым из указанных способов.</p> <p>Разрушение горных пород и углей при выемке полезного ископаемого комбайнами и стругами. Особенности процесса разрушения угля и горных пород инструментами (резцами и шарошками). Методы и способы экспериментальных исследований процесса разрушения комбайнами и стругами.</p> <p>Свойства горных пород, влияющих на процессы механического разрушения углей и угольных пластов.</p> <p>Типизация угольных пластов по разрушаемости.</p> <p>Физические особенности разрушения горных пород и углей резцовым инструментом, дисковыми и штыревыми шарошками, комбинированным</p>						
--	--	--	--	--	--	--

<p>инструментом. Схемы резания и выбор их оптимальных параметров. Влияние параметров породоразрушающих инструментов, режима и схем разрушения на силовые и энергетические показатели процессов механического разрушения горных пород и углей. Разрушение горных пород электрофизическими способами. Электрическое поле в несовершенном диэлектрике. Диэлектрические характеристики горных пород. Система уравнений электромагнитного поля. Поведение пород в магнитном поле. Магнитная постоянная. Потери энергии в породе в переменном магнитном поле. Формирование полей термических напряжений. Физические процессы в породе при электрофизическом ее разрушении в высокочастотных электрических полях. Механизмы разрушения пород электромагнитной волной: термический и за счет фазовых переходов содержащихся в породе влаги или минералов. Технологические схемы разрушения пород электрофизическими способами: разрушение скальных отдельностей (характер разрушения, типы пород, энергоемкость); разрушение массива методом электрофизического отрыва; разрушение массива СВЧ-волнами (типы пород, энергозатраты). Гидравлическое разрушение горных пород тонкими струями воды высокого давления. Тонкие струи воды высокого давления их структура и гидродинамические параметры. Методы расчета динамических и структурных характеристик высокоскоростных струй воды. Разрушение угля одиночными тонкими струями. Взаимодействие струи и горного массива.</p>						
---	--	--	--	--	--	--

	<p>Методы расчета параметров резания угля и горных пород тонкими струями воды высокого давления. Разрушение угля одновременно несколькими взаимодействующими тонкими струями. Закономерности разрушения угля тонкими струями воды с помощью многоструйных погружных резаков.</p> <p>Разрушение горных пород и твердых материалов гидроабразивными струями. Сущность способа. Факторы, определяющие эффективность процесса разрушения горных пород и других материалов гидроабразивными струями воды.</p> <p>Гидромеханическое разрушение угля и горных пород. Сущность способа и основные положения гидромеханического способа разрушения угольного и породного массива применительно к использованию в очистных и проходческих комбайнах. Основные факторы, определяющих процесс гидромеханического разрушения, и критерии оценки их эффективности. Закономерности гидромеханического разрушения угля и горных пород. Физические особенности процесса комбинированного разрушения угля и горных пород высокоскоростной струей воды и механическим инструментом различных типов. Методы расчета рациональных параметров и режимов гидромеханического разрушения угля и горных пород.</p> <p>/Ср/</p>							
	<b>Раздел 3. Рудничная аэродинамика</b>							
3.1	Газовая динамика шахт и рудников. Аэрология карьеров. /Лек/	7	5	A-1-31 A-2-31 A-3-31	Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.6		КМ1	
3.2	Газовая динамика шахт и рудников. Аэрология карьеров. /Пр/	7	5	A-1-У1 A-2- У1 A-3-У1	Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.6 Л2.8 Л2.10			Р3

3.3	<p>Рудничная газодинамика шахт и рудников.</p> <p>Рудничная атмосфера: физические и химические свойства газов. Понятие динамически активных и пассивных газов в рудничной атмосфере.</p> <p>Температурно-влажностный режим шахт (рудников) и факторы его определяющие. Основные законы аэростатики и аэродинамики применительно к рудничной атмосфере.</p> <p>Газоносность угольных пластов, горных пород, горных выработок и шахт.</p> <p>Виды выделения метана в шахтах. Прогноз газовыделения в горные выработки. Управление газовыделением. Способы дегазации и их эффективность. Тепловой баланс шахт и кондиционирование шахтного воздуха. Шахтная пыль. Горючие и взрывчатые свойства угольной и сланцевой пыли. Особенности взрывов угольной пыли в шахтах.</p> <p>Режимы движения воздуха в шахтах (рудниках).</p> <p>Природа турбулентности. Основные характеристики турбулентности в шахтных вентиляционных потоках.</p> <p>Фильтрационные течения.</p> <p>Критическое число Рейнольдса. Природа аэродинамических сопротивлений элементов шахтной вентиляционной сети: сопротивление трения, местные и лобовые сопротивления. Закон сопротивления горных выработок и выработанных пространств.</p> <p>Диффузия газов в горных шахтных вентиляционных потоках. Уравнение конвективной диффузии.</p> <p>Граничные условия в задачах переноса газообразных примесей шахтными вентиляционными потоками. Соотношение сил в фильтрационных потоках утечек.</p> <p>Коэффициент турбулентной диффузии.</p> <p>Стратифицированные потоки. Слоевые скопления</p>	7	10	A-1-B1 A-2-B1 A-3-B1	Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.6 Л2.8 Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э4			
-----	---	---	----	-------------------------	---	--	--	--

<p>газов и механизм их формирования. Число Ричардсона. Статика и динамика рудничных вентиляционных систем. Газодинамические процессы в шахтах (рудниках) и их характеристики. Переходные газодинамические процессы в шахтных вентиляционных системах. Основные закономерности аэрогазодинамики тупиковых выработок и камер, выемочных участков, выработанных пространств. Моделирование аэрогазодинамических процессов в шахтах. Критерии подобия при моделировании. Числа Архимеда, Нуссельта, Пекле, Прандтля, Сыпана, Струхалия, Фруда, Шмидта, Эйлера. Аэрология карьеров. Состав атмосферы карьеров и предъявляемые к нему требования. Вредные примеси атмосферного воздуха, их свойства, предельно допустимые концентрации. Источники загрязнения атмосферы карьеров пылью и газами, их виды. Источники ионизирующего излучения. Методы и средства контроля состояния атмосферы. Микроклимат карьеров и его влияние на воздухообмен. Основные элементы микроклимата карьеров. Температурная стратификация атмосферы в карьерах. Возникновение воздушных потоков в результате неравномерного распределения тепла по бортам карьера. Основы аэромеханики и газовой динамики. Физические свойства воздуха. Основные законы; аэродинамики. Элементы теории пограничного слоя. Распространение газа, выделяемого точечным и линейным источниками. Основные характеристики газовых факелов. Распространение вредных газов и пыли при взрывных работах. Характеристики</p>								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

	<p>пылегазового облака. Проветривание карьеров за счет энергии ветра. Конвективная схема проветривания (условия возникновения, схемы движения воздуха, скорость и режим движения воздуха, вынос вредных из карьера). Инверсионная схема движения воздуха (условия возникновения, схемы движения воздуха, Скорость накопления вредных в карьерном пространстве). Комбинированные схемы проветривания. Интенсификация естественного воздухообмена. Способы и средства искусственной вентиляции. Способы и средства нормализации атмосферных карьеров. Создание комфортных условий в кабинах горных и транспортных машин. Пылеулавливание. Нейтрализация вредных газов. Снижение запыленности воздуха при массовых взрывах. Основы проектирования вентиляции карьеров. /Ср/</p>							
	<b>Раздел 4. Горная теплофизика</b>							
4.1	Промерзание и оттаивание горных пород. Термическое разрушение. Подземная газификация угля. /Лек/	7	4	A-1-31 A-2-31 A-3-31	Л1.4 Л1.11Л2.9 Л2.16 Л2.17 Л2.21 Л2.24		КМ1	
4.2	Промерзание и оттаивание горных пород. Термическое разрушение. Подземная газификация угля. /Пр/	7	3	A-1-У1 A-2-У1 A-3-У1	Л1.4 Л1.11Л2.9 Л2.16 Л2.17 Л2.21 Л2.24			Р4

4.3	<p>Основы термодинамики горных пород. Термодинамические системы. Термодинамические процессы. Энтальпия и энтропия термодинамических процессов. Термодинамическая вероятность. Фазовые переходы в горных породах. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Тепловые свойства твердых тел. Изменение свойств горных пород и минералов в зависимости от температуры. Тепло- и массоперенос. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Соп-ло Лавая. Температура адиабатного торможения потока. Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия. Критерии подобия в термодинамике. Виды теплоносителей и теплообмена. Пограничный слой и механизм конвективного теплообмена. Определение термодинамических параметров теплоносителей. Методы расчета параметров нагрева твердых тел. Тепло земных недр. Термодинамические параметры земной коры. Источники тепла земных недр. Теплоперенос в недрах Земли. Использование тепла земных недр. Теплообмен в горных выработках. Требования к тепловому режиму в подземных выработках. Каналы теплообмена человека. Источники тепла в горных выработках. Методы нормализации температурного режима рудничного воздуха. Промерзание связных пород на открытых разработках. Уравнение колебаний температуры внешней среды. Расчет глубины промерзания. Расчет толщины и свойств теплоизоляционных</p>	7	8	A-1-B1 A-2-B1 A-3-B1	Л1.4 Л1.11 Л2.9 Л2.16 Л2.17 Л2.20 Л2.21 Л2.24 Э1 Э2 Э3 Э4			
-----	--	---	---	----------------------	--	--	--	--



<p>покрытий для полного или частичного предотвращения промерзания пород. Технология получения теплоизоляционных покрытий.</p> <p>Оттаивание связных пород на открытых разработках.</p> <p>Оттаивание прямым нагревом. СВЧ-методы оттаивания (механизм, техника, технология, область применения).</p> <p>Гидрооттаивание (механизм, параметры, техника и технология, область применения).</p> <p>Замораживание пород при строительстве подземных сооружений. Тепло- и массо-перенос в горных породах при замораживании.</p> <p>Термодиффузия влаги при замораживании пород.</p> <p>Расчет параметров замораживания пород вокруг одиночной скважины. Расчет параметров замораживания при формировании ледопородных ограждений.</p> <p>Термическое разрушение горных пород. Разрушение плавлением. Хрупкое термическое разрушение (ХТР). Поле температур и напряжений при ХТР.</p> <p>Механизм и параметры ХТР. Термическое бурение шпуров и скважин, термическое расширение скважин (техника, технология, режимы и параметры, область применения).</p> <p>Скважинные геотехнологии добычи полезных ископаемых на основе теплофизики. Подземная выплавка серы (условия применения, тепловой баланс, расчет параметров, техника и технология).</p> <p>Подземная газификация твердого топлива (частичная и полная газификация угля, механизм газификации, канал газификации, его формирование и пространственно временные параметры, техника и технология подземной газификации угля).</p> <p>Термические процессы при подготовке рудного сырья к</p>							
--	--	--	--	--	--	--	--

<p>металлургическому переделу. Обжиг окатышей и брикетов, агломерация руд (механизм спекания, восстановительные и окислительные процессы, расчет параметров нагрева с учетом фазовых переходов и тепловых эффектов, техника и технология). Сушка горной массы. Поверхностная и полная сушка (тепловой баланс, тепло- и массообмен, техника и технология, область применения). /Ср/</p>						
--	--	--	--	--	--	--

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Экзамен	А-3-31;А-3-У1;А-3-В1;А-2-31;А-2-У1;А-2-В1;А-1-31;А-1-У1;А-1-В1	<p>1.1. Механические модели пород: упругие, жесткопластические, упругопластические, реологические.</p> <p>1.2. Устойчивость горных выработок и подземных сооружений.</p> <p>1.3. Принципы геомеханического воздействия на массив для повышения интенсивности нефте- и газоотдачи скважин.</p> <p>1.4. Горнотехнические и специальные способы управления состоянием бортов карьеров.</p> <p>1.5. Влияние подземных вод на устойчивость горных выработок и откосов горных пород</p> <p>1.6. Методы контроля напряженного состояния массива горных пород на основе эффектов памяти в горных породах</p> <p>1.7. Зоны опорного давления в окрестностях выработок.</p> <p>1.8. Методы исследования геомеханических процессов в лабораторных условиях.</p> <p>1.9. Методы контроля напряженного состояния массива.</p> <p>1.10. Напряженное состояние массива горных пород.</p> <p>Основные понятия.</p> <p>2.1. Деформируемость, прочность и разрушение горных пород и массивов</p> <p>2.2. Теории прочности и критерии разрушения пород</p> <p>2.3. Особенности деформирования и разрушения горных пород и массивов в условиях трехмерного напряженно-деформированного состояния</p> <p>2.4. Гидромеханическое разрушение угля и горных пород</p> <p>2.5. Измельчение горной массы. Типы мельниц и условия их применения</p> <p>2.6. Хрупкое термическое разрушение горных пород</p> <p>2.7. Электрофизические способы разрушения горных пород</p> <p>2.8. Физические особенности разрушения пород резцовым инструментом</p> <p>2.9. Дробление горной массы. Типы дробилок, область их применения</p> <p>2.10. Способы бурения и расширения шпуров и скважин. Интенсификация и оптимизация процессов бурения</p> <p>3.1. Режимы движения воздуха в шахтах (рудниках)</p> <p>3.2. Диффузия газов в горных шахтных вентиляционных потоках</p> <p>3.3. Способы и средства искусственной вентиляции</p> <p>3.4. Закон сопротивления горных выработок и выработанных пространств</p> <p>3.5. Слоевые скопления газов и механизм их формирования</p> <p>3.6. Газодинамические процессы в шахтах и рудниках.</p> <p>3.7. Моделирование аэрогазодинамических процессов в шахтах</p> <p>3.8. Основные закономерности аэродинамики тупиковых выработок</p> <p>3.9. Виды выделения метана в шахтах</p> <p>3.10. Распространение вредных газов и пыли при взрывных работах</p>
-----	---------	--	--

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Геомеханические процессы, происходящие в геологической среде под влиянием горных работ, и управление ими при подземных и открытых работах, а также подземном и гражданском строительстве	А-3-У1;А-2-У1;А-1-У1	Изучение классификации геомеханических процессы, происходящих в геологической среде под влиянием горных работ, и освоение методов управления ими при подземных и открытых работах, а также подземном и гражданском строительстве

P2	Разрушение пород при бурении шпуров и скважин и комбинированной проходке выработок. Разрушение горных пород невзрывными способами	A-3-У1;A-2-У1;A-1-У1	Изучение современных методов разрушения горных пород
P3	Газовая динамика шахт и рудников. Аэрология карьеров.	A-3-У1;A-2-У1;A-1-У1	Изучение современных способов расчета динамики воздушных масс в карьерах и шахтах (рудниках)
P4	Промерзание и оттаивание горных пород	A-3-У1;A-2-У1;A-1-У1	Изучение современных способов и средств управления состоянием массива с помощью термических методов

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Пример экзаменационного билета:

1. Оценка устойчивости породных откосов и бортов карьеров. Горнотехнические и специальные способы управления состоянием бортов карьеров.
2. Закономерности формирования и распространения сейсмических волн и ударной воздушной волны при массовых взрывах.
3. Инверсионная схема движения воздуха (условия возникновения, схемы движения воздуха, Скорость накопления вредностей в карьерном пространстве).

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

- "отлично" – аспирант показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;

- "хорошо" - аспирант показывает достаточно исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу; быстро исправляет незначительные ошибки при задании наводящих вопросов;

- «удовлетворительно» – аспирант показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

- «неудовлетворительно» – аспирант допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Кутузов Б. Н.	Методы ведения взрывных работ: учебник	Электронная библиотека	Москва: Горная книга, 2011
Л1.2	Кутузов Б. Н.	Методы ведения взрывных работ: учебник	Электронная библиотека	Москва: Горная книга, 2009
Л1.3	Крюков Г. М.	Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2007
Л1.4	Гончаров С. А.	Термодинамика: учебник	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2002
Л1.5	Крюков Г. М.	Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании (с практическими рекомендациями): учебник	Электронная библиотека	Москва: Горная книга, 2006
Л1.6	Ушаков К. З., Бурчаков А. С., Пучков Л. А., Медведев И. И., Ушаков К. З.	Аэрология горных предприятий: учебник для студ. горн. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1987

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.7	Ушаков К. З., Михайлов В. А., Ржевский В. В.	Аэрология карьеров: учебник	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1985
Л1.8	Баклашов И. В.	Деформирование и разрушение породных массивов	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1988
Л1.9	Баклашов И. В., Картозия Б. А.	Механика подземных сооружений и конструкции крепей: учебник для студ., обуч. по напр. подготовки "Горн. дело"	Библиотека МИСиС	М.: Студент, 2012
Л1.10	Баклашов И. В., Картозия Б. А.	Механические процессы в породных массивах: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Физические процессы горного пр-ва"	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1986
Л1.11	Гончаров Степан Алексеевич, Наумов Константин Игоревич	Термодинамические процессы: учебник	Библиотека МИСиС	М.: Горная книга, 2009
Л1.12	Крюков Г. М.	Физика взрывного разрушения: учеб. пособие по дисц. "Разрушение горных пород взрывом" для студ. спец. 0210	Библиотека МИСиС	М.: МГИ, 1985

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Аренс В. Ж., Бабичев Н. И., Башкатов А. Д., Гридин О. М., Хрулев А. С.	Скважинная гидродобыча полезных ископаемых: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Горная книга, 2011
Л2.2	Каледина Н. О.	Вентиляция производственных объектов: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2008
Л2.3	Дмитриев А. П.	Разрушение горных пород: монография	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2006
Л2.4	Шкурятник В. Л.	Измерения в физическом эксперименте: учебник	Электронная библиотека	Москва: Горная книга, 2006
Л2.5	Колодина И. В., Вознесенский А. С., Шкурятник В. Л.	Методы и средства изучения быстротекающих процессов (при взрывном разрушении горных пород): учебник	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2005
Л2.6	Пучков Л. А., Каледина Н. О.	Динамика метана в выработанных пространствах угольных шахт: монография	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 1995
Л2.7	Вознесенский А. С.	Системы контроля геомеханических процессов: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2002
Л2.8	Каледина Н. О., Романченко С. Б., Трофимов В. А.	Компьютерное моделирование шахтных вентиляционных сетей: метод. указания	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2008
Л2.9	Янченко Г. А.	Материальный баланс процесса подземной газификации угля: учеб. пособие по дисц. "Физические процессы горного пр-ва"	Библиотека МИСиС	М.: МГИ, 1989

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.10	Версилов С. О., Дремов В. И., Каледина Нина Олеговна, др., Фролов А. В., Каледина Нина Олеговна	Основы теории горения и взрыва на дневной поверхности и в горных выработках: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МГГУ, 2011
Л2.11	Баклашов И. В., Борисов В. Н., Максимов А. П., Баклашов И. В.	Проектирование и строительство горнотехнических зданий и сооружений. Горнотехнические здания и сооружения: учебник	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1991
Л2.12	Баклашов И. В., Борисов В. Н., Баклашов И. В.	Проектирование и строительство горнотехнических зданий и сооружений. Строительные конструкции зданий и сооружений: учебник	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1990
Л2.13	Куликов Ю. Н., Максимов А. П., Баклашов И. В.	Проектирование и строительство горнотехнических зданий и сооружений. Технология строительства зданий и сооружений: учебник	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1991
Л2.14	Дмитриев А. П., Гончаров С. А.	Термодинамические процессы в горных породах: учебник для студ. обуч. по спец. "Физ. процессы горн. и нефтегаз. пр-ва"	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1990
Л2.15	Зильбершмидт М. Г., Дмитриев А. П.	Современные представления о существе проблемы и основные подходы к ее решению	Библиотека МИСиС	, 2007
Л2.16	Янченко Г. А.	Термические и термомеханические методы разрушения	Библиотека МИСиС	, 2003
Л2.17	Янченко Г. А.	Термодинамические параметры состояния горных пород и минералов и химических реакций их образования	Библиотека МИСиС	, 2009
Л2.18	Зильбершмидт М. Г., Дмитриев А. П.	Физические методы анализа минерального вещества. Процессы изменения состояния и свойств минералов	Библиотека МИСиС	, 2007
Л2.19	Зильбершмидт М. Г., Дмитриев А. П.	Процессы направленного изменения свойств полиминерального агрегата	Библиотека МИСиС	, 2007
Л2.20	Насонов И. Д., Ресин В. И., Шуплик М. Н., Федюкин В. А.	Специальные способы строительства	Библиотека МИСиС	, 1998
Л2.21	Янченко Г. А.	Теплопроводность и критерий Прандтля	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 1994
Л2.22	Гридин О. М., Гончаров С. А.	Электромагнитные процессы: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Физ. процессы горн. или нефтегаз. пр-ва" напр. подготовки "Горное дело"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2009

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.23	Гончаров С. А., Гридин О. М., Ананьев П. П.	Энергосбережение при измельчении руды: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2011
Л2.24	Абрамкин Николай Иванович, Янченко Геннадий Алексеевич	Физико-химическая геотехнология. Процессы сжигания и газификация угля в подземных условиях (N 3467): сб. задач и заданий для практ. занятий и самостоятельной работы	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Горный информационно-аналитический бюллетень	giab-online.ru
Э2	Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых	misd.ru
Э3	Горный журнал	rudmet.ru
Э4	Записки горного института	pmi.spmu.ru

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
-----	------------------

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Предполагается, что аспирант должен предварительно готовится ко всем видам занятий.

Подготовка к лекционному занятию включает либо предварительное ознакомление с темой занятия по соответствующей литературе, либо повторение пройденного материала.

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. При необходимости задавать преподавателю уточняющие вопросы.

Работая над конспектом лекций, Вам всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Подготовка к практическим занятиям

Подготовку к каждому практическому занятию Вы должны начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

В процессе подготовки к практическим занятиям Вам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у Вас отношение к конкретной проблеме.

Основу самостоятельной работы составляет повторение пройденного на лекциях и практических занятиях материала, а также подготовка к контрольным работам и экзамену. Кроме того, один из разделов предлагается к полностью самостоятельной проработке. Такая подготовка предполагает широкое использование рекомендованной преподавателем литературы, а также разнообразных электронных источников сети Интернет