

Федеральное агентство научных организаций

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем комплексного освоения недр  
Российской академии наук

  
УТВЕРЖДАЮ  
Директор, проф., д.т.н.  
(В.Н. Захаров)  
20 апреля 2016 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика  
и горная теплофизика

Направление подготовки

21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых

Направленность подготовки

Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика  
и горная теплофизика

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения: **очная, заочная**

Вид промежуточного контроля: \_\_\_\_\_ госэкзамен \_\_\_\_\_

Москва 2016

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, учебного плана ИПКОН РАН по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых направленности «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Автор(ы): проф., д.т.н. Викторов С.Д., проф., д.т.н. Иофис М.А.

Рабочая программа обсуждена и одобрена на Ученом совете протокол №1/16 от 20.04.2016

### **1. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Цель, задачи и содержание дисциплины. Роль геомеханики, рудничной аэрогазодинамики, разрушения горных пород и рудничной теплофизики в процессах горного производства. Обзор методов научных исследований, лабораторных и производственных экспериментов.

Задачами данной дисциплины являются:

1. Освоение теоретических основ изучаемой дисциплины в приложении к экологическим проблемам
2. Освоение методических основ проведения лабораторных и натуральных экспериментов при решении поставленных задач.
3. Обоснование направлений повышения экологичности горного производства на основе использования закономерностей геомеханики, рудничной аэрогазодинамики, разрушения горных пород и рудничной теплофизики
4. Совершенствование методов, средств, технологий и организации горно-геологического изучения эксплуатируемых месторождений.

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих *универсальных* и *общих* для направления *компетенций*:

- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты (ОПК-1);
- способностью подготавливать научно-технические отчеты, а также публикации по результатам выполнения исследований (ОПК-2);

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих *профессиональных компетенций*:

- способностью осуществлять исследования структуры, свойств и состояния горных пород в лабораторных и натуральных условиях (ПК-1);
- способностью исследовать и прогнозировать геомеханические условия, условия разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики (ПК-2);
- способностью прогнозировать устойчивость конструктивных элементов систем разработки и опасные динамические явления в массиве при ведении горных работ и в подземном строительстве (ПК-3);
- готовностью осуществлять математическое, физическое и компьютерное моделирование геомеханических условий, условий разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики (ПК-4);
- способностью обоснования технических решений и критериев их оценки при выборе методов и средств изучения геомеханики, разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики (ПК-6).

В результате освоения дисциплины (модуля) аспиранты будут

**знать:** основные закономерности геомеханики, рудничной аэрогазодинамики, разрушения горных пород и рудничной теплофизики, способы оценки свойств и

состояния горных пород, направления совершенствования технологий добычи и переработки полезных ископаемых, процессы, происходящие в геосферах в результате ведения горных работ;

**уметь:** анализировать состояние горных пород, водоносных горизонтов и атмосферы; выявлять и прогнозировать значимые горно-технологические факторы, влияющие на состояние окружающей среды; обосновывать технологические решения, обеспечивающие экологизацию добычи полезных ископаемых; прогнозировать развитие процессов, влияющих на состояние окружающей среды, при строительстве, эксплуатации и ликвидации горных предприятий

**владеть:** методами геомеханики, рудничной аэрогазодинамики, разрушения горных пород и рудничной теплофизики для определения свойств и состояния горных пород и окружающей среды, методами моделирования геомеханических процессов с использованием современных компьютерной технологий, способами выявления и прогнозирования возможных изменений горно-геологической среды при строительстве и разработке месторождений, ликвидации инженерных сооружений.

## 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина является факультативной в структуре программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единиц (з.е.) или 108 академических часов, в том числе 36 часа аудиторных занятий и 72 часа самостоятельной работы

Дисциплина является теоретической, существенно расширяет знания и навыки в области геомеханики, рудничной аэрогазодинамики, разрушения горных пород и рудничной теплофизики.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: геология, математика, физика, химия, основы горного дела; горнопромышленная экология и др. специальные дисциплины, проблемы горной науки и производства.

## 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины (модуля)

### 3.1. Виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоёмкость, акад. час
<b>Аудиторные занятия,</b> <b>в том числе:</b>	<b>36</b>
Лекционные занятия (ЛЗ)	12
Семинары (С)	6
Исследовательские лабораторные работы (ИЛР)	14
Индивидуальные консультации (К)	4
<b>Самостоятельная работа (СР),</b> <b>в том числе:</b>	<b>72</b>
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ (РИР)	52
Выполнение отдельных исследовательских заданий (ИЗ)	20
<b>Всего:</b>	<b>108</b>

### 3.2. Содержание дисциплины (модуля) по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)							Формы самостоятельной работы*)
		всего	очная форма обучения						
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Геомеханика	30	4	-	4	2	-	20	-
2	Разрушение горных пород	34	2	-	4	2	-	26	РИР
3	Рудничная аэрогазодинамика	12	4	-	4	2	2	-	
4	Горная теплофизика	32	2	-	2	-	2	26	РИР
	Итого:	108	12	-	14	6	4	72	-

Примечание: ЛЗ – лекционное занятие, НПЗ – научно-практические занятия, ИЛЗ – исследовательские лабораторные занятия работа, С – семинары, К – индивидуальные консультации; СР – самостоятельная работа обучающихся;

### 3.3. Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов	Литература
1	1	Геомеханические процессы, происходящие в геологической среде под влиянием горных работ, и управление ими при подземных и открытых работах, а также подземном и гражданском строительстве.	2	О1, О4, Д1
1	2	Понятие о сейсмических волнах, их параметры; воздействие сейсмических сигналов на строящиеся и эксплуатируемые подземные сооружения.	2	О1, О4, Д1, Д2
2	3	Разрушение горных пород	2	О1, О4, Д2
3	4	Основные законы аэростатики и аэродинамики применительно к рудничной атмосфере	2	О1, Д3
3	5	Основы аэромеханики и газовой динамики. Физические свойства воздуха. Основные законы; аэродинамики.	2	О1, О4, Д1, Д3
4	6	Горная теплофизика	2	О1, Д1, Д3
		Итого:	12	

## Тематика семинарских занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
1	1	Методы исследований геомеханических процессов в лабораторных и натуральных условиях.	3	О1, О4, Д1
3	2	Основные характеристики турбулентности в шахтных вентиляционных потоках.	3	О1, О4, Д2
		Итого:	6	

## Тематика исследовательских лабораторных занятий

Таблица 5

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
2	1	Методы определения работоспособности и расчета детонационных параметров ВВ	6	О1, О4, Д2, Д3
4	2	Расчет глубины промерзания.	7	О1, О4, Д1, Д2
4	3	Расчет толщины и свойств теплоизоляционных покрытий для полного или частичного предотвращения промерзания пород	7	О1, Д1, Д3
		Итого:	20	

**3.4 Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах**

В активной и интерактивной форме проводятся аудиторные учебные занятия по отдельным разделам и темам дисциплины, указанным в табл. 6

Таблица 6

№ раздела	Вид аудиторного занятия в активной и/или интерактивной форме и его тематика	Кол-во часов
1	Деформируемость, прочность и разрушение горных пород и массивов. Механические модели пород: упругие, жесткопластические, упругопластические, реологические (лекция: активная форма – 2 часа) Особенности деформирования и разрушения горных пород и массивов в условиях трехмерного напряженно-деформированного состояния (семинар: активная форма – 1 час, интерактивная – 1 час).	4
2	Особенности применения взрыва при открытом и подземном способе разработки месторождения. (лекция: активная форма – 2 часа). Особенности процесса разрушения угля и горных пород инструментами (резцами и шарошками) (семинар: активная форма – 1 час, интерактивная – 1 час). Физические процессы в породе при электрофизическом ее разрушении в высокочастотных электрических полях (семинар: активная форма – 1 час, интерактивная – 1 час).	6
3	Прогноз газовыделения в горные выработки. Управление газовыделением. (лекция: активная форма – 2 часа). Основные закономерности аэрогазодинамики тупиковых выработок и камер, выемочных участков, выработанных пространств (семинар:	6



	активная форма – 1 час, интерактивная – 1 час) Распространение вредных газов и пыли при взрывных работах (семинар: активная форма – 1 час, интерактивная – 1 час).	
4	Термодинамические параметры земной коры. Источники тепла земных недр (лекция: активная форма – 2 часа) Требования к тепловому режиму в подземных выработках (Исследовательские лабораторные работы: активная форма – 2 часа) <i>Скважинные геотехнологии добычи полезных ископаемых на основе теплофизики.</i> (семинар: активная форма – 1 час, интерактивная – 1 час).	6
Итого:		22

#### 4. Перечень заданий для самостоятельной работы

Таблица 7

Задания	Срок выдачи (№ недели)	Срок сдачи (№ недели)	Номера разделов дисциплины (модуля)
Выполнение отдельных исследовательских заданий	11	14	4
	3	6	1
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ	7	10	2
	11	14	3

#### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в форме экзамена.

##### 5.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Контрольные мероприятия текущего контроля

Таблица 8

Вид контрольного мероприятия	Наименование	Срок проведения (№ недели)	Контролируемы й объем (№№ разделов)
Устный опрос	а) Методы и средства исследований напряженно-деформированного состояния массива горных пород; б) Сдвигание породных массивов под влиянием подземных и открытых горных работ.	5	1, 2, 3
Защита отчета по исследовательском у заданию	а) Современные представления о разрушении твердых сред при взрывных нагрузках; б) Переходные газодинамические процессы в шахтных вентиляционных системах	14	1-4

##### 5.2. Оценочные средства промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине образован фонд оценочных средств в виде контрольных вопросов.

Примерные контрольные вопросы:

- Основные представления о геомеханике как науке о механических явлениях и процессах в земной коре, вызываемых воздействием горных работ, и ее объекте - массиве горных пород, являющемся частью земной коры.
- Деформируемость, прочность и разрушение горных пород и массивов.
- Теории прочности и критерии разрушения пород.
- Деформационные, прочностные и реологические характеристики горных пород, их физический смысл и размерность.
- Методы и средства испытаний пород в лабораторных и натуральных условиях.
- Геомеханические процессы, происходящие в геологической среде под влиянием горных работ, и управление ими при подземных и открытых работах, а также подземном и гражданском строительстве.
- Методы и средства исследований напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Маркшейдерские прямые и косвенные методы.
- Особенности деформирования и разрушения горных пород и массивов в условиях трехмерного напряженно-деформированного состояния, включая область запредельного деформирования.
- Особенности деформирования и разрушения породных массивов вблизи забоя, устья и сопряжений выработок.
- Зоны опорного давления в окрестности выработок
- Сдвигание породных массивов под влиянием подземных и открытых горных работ.
- Динамические проявления геомеханических процессов в виде горных ударов и внезапных выбросов; их прогноз и предупреждение.
- Методы и средства (включая геофизические) изучения и контроля геомеханических процессов в массиве.
- Оценка устойчивости породных откосов и бортов карьеров. Основные факторы, определяющие их устойчивость
- Понятие о сейсмических волнах, их параметры; воздействие сейсмических сигналов на строящиеся и эксплуатируемые подземные сооружения.
- Связь между геомеханическими и геодинамическими процессами.
- Методы исследований геомеханических процессов в лабораторных и натуральных условиях.
- Влияние подземных вод на устойчивость горных выработок и откосов горных пород.
- Особенности применения взрыва при открытом и подземном способе разработки месторождения.
- Классификация взрывчатых веществ (ВВ) и средств взрывания, области их эффективного применения.
- Системы электрического и неэлектрического инициирования зарядов ВВ.
- Современные представления о разрушении твердых сред при взрывных нагрузках, физические и механические модели разрушения горных пород взрывом.
- Основы моделирования действия взрыва в горных породах.
- Роль газообразных продуктов взрыва при разрушении горных пород
- Методы расчета параметров БВР при взрыве системы скважинных зарядов
- Закономерности формирования и распространения сейсмических волн и ударной воздушной волны при массовых взрывах.
- Основные экологические проблемы и методы их решения при ведении взрывных работ.
- Методы и средства для исследования быстропротекающих процессов при взрывном и ударном воздействии на массив.
- Разрушение пород при бурении шпуров и скважин и комбинированной проходке выработок.
- Влияние основных физико- механических свойств горных пород на показатели бурения и расширения шпуров и скважин, энергоемкость разрушения.

- Особенности процесса разрушения угля и горных пород инструментами (резцами и шарошками).
- Свойства горных пород, влияющих на процессы механического разрушения углей и угольных пластов.
- Физические особенности разрушения горных пород и углей резцовым инструментом, дисковыми и штыревыми шарошками, комбинированным инструментом.
- Влияние параметров породоразрушающих инструментов, режима и схем разрушения на силовые и энергетические показатели процессов механического разрушения горных пород и углей.
- 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.
- Гидравлическое разрушение горных пород тонкими струями воды высокого давления.
- Факторы, определяющие эффективность процесса разрушения горных пород и других материалов гидроабразивными струями воды.
- Физические особенности процесса комбинированного разрушения угля и горных пород высокоскоростной струей воды и механическим инструментом различных типов.
- Рудничная атмосфера: физические и химические свойства газов. Понятие динамически активных и пассивных газов в рудничной атмосфере.
- Температурно-влажностный режим шахт (рудников) и факторы его определяющие.
- Газоносность угольных пластов, горных пород, горных выработок и шахт. Виды выделения метана в шахтах.
- Управление газовой выделением. Способы дегазации и их эффективность.
- Тепловой баланс шахт и кондиционирование шахтного воздуха.
- Шахтная пыль. Горючие и взрывчатые свойства угольной и сланцевой пыли
- Режимы движения воздуха в шахтах (рудниках).
- Основные характеристики турбулентности в шахтных вентиляционных потоках.
- Природа аэродинамических сопротивлений элементов шахтной вентиляционной сети: сопротивление трения, местные и лобовые сопротивления.
- Закон сопротивления горных выработок и выработанных пространств.
- Диффузия газов в горных шахтных вентиляционных потоках. Уравнение конвективной диффузии.
- Стратифицированные потоки. Слоевые скопления газов и механизм их формирования.
- Переходные газодинамические процессы в шахтных вентиляционных системах.
- Моделирование аэрогазодинамических процессов в шахтах.
- Критерии подобия при моделировании.
- Состав атмосферы карьеров и предъявляемые к нему требования.
- Источники загрязнения атмосферы карьеров пылью и газами, их виды.
- Температурная стратификация атмосферы в карьерах.
- Распространение газа, выделяемого точечным и линейным источниками.
- Распространение вредных газов и пыли при взрывных работах.
- Конвективная схема проветривания (условия возникновения, схемы движения воздуха, скорость и режим движения воздуха, вынос вредных веществ из карьера).
- Комбинированные схемы проветривания.
- Основы проектирования вентиляции карьеров.
- Энтальпия и энтропия термодинамических процессов.
- Тепловые эффекты химических реакций.
- Изменение свойств горных пород и минералов в зависимости от температуры.
- Определение термодинамических параметров теплоносителей.
- Использование тепла земных недр.
- Требования к тепловому режиму в подземных выработках.



- Методы нормализации температурного режима рудничного воздуха.
- Расчет толщины и свойств теплоизоляционных покрытий для полного или частичного предотвращения промерзания пород.
- Тепло- и массоперенос в горных породах при замораживании.
- Расчет параметров замораживания пород вокруг одиночной скважины.
- Расчет параметров замораживания при формировании ледопородных ограждений.
- Хрупкое термическое разрушение (ХТР). Поле температур и напряжений при ХТР.
- Подземная выплавка серы (условия применения, тепловой баланс, расчет параметров, техника и технология).
- Подземная газификация твердого топлива

*Примерные темы рефератов по разделу 1:*

1. Современные представления о деформируемости, прочности и разрушении горных пород и массивов.
2. Расчетные модели с учетом начальных гравитационные и тектонических полей напряжений в массивах горных пород. Анализ особых горно-геологических явлений при разработке полезных ископаемых
3. Современные средства обработки результатов определения механических свойств горных пород и грунтов.
4. Методы расчета устойчивости горных выработок и подземных сооружений.

*Примерные темы рефератов по разделу 2:*

1. Современные достижения в области разрушения горных пород взрывом.
2. Современные аналитические модели процесса распространения волны напряжений.
3. Обзор новых методов дробления негабаритов.
4. Физика процесса разрушения при внедрении инструмента в породу.

*Примерные темы рефератов по разделу 3:*

1. Анализ источников формирования рудничной атмосферы.
2. Методики расчета температурно-влажностный режим рудников и шахт.
3. Методы дегазации угольных пластов с целью обеспечения безопасности горных работ
4. Методы моделирования процессов проветривания выработанного пространства угольных шахт.

*Примерные темы рефератов по разделу 4:*

1. Обзор геотехнологий подземной выплавки серы.
2. Методы подземной газификации угольных пластов.
3. Аналитические методы расчета промерзания и оттаивания грунтов.
4. Технологии извлечения тепла земных недр.

## **6. Образовательные технологии по дисциплине**

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

- использование электронного демонстрационного материала, лабораторного оборудования и установок по темам, требующим иллюстрации механизмов разделения минералов, работы установок.
  - использование стандартных компьютерных программ моделирования и расчета процессов и схем;
- активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, тестирование, защита лабораторных работ и т.д.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Основная литература:

Таблица 9

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
О1	Викторов С.Д., Галченко Ю.П., Закалинский В.М., Рубцов С.К.	Разрушение горных пород сближенными зарядами.	Научтехлитиздат	2006
О2	Викторов С.Д., Иофис М.А., Гончаров С.А.	Сдвигение и разрушение горных пород.	Наука	2005
О3	Викторов С.Д., Еременко А.А., Закалинский В.М., Машуков И.В.	Технология крупномасштабной отбойки на удароопасных рудных месторождений Сибири. Новосибирск.	Наука	2005
О4	Викторов С.Д., Галченко Ю.П., Закалинский В.М., Рубцов С.К.	Взрывное разрушение горных пород при разработке сложноструктурных месторождений.	Научтехлитиздат	2013
О5	Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Бунин И.Ж.	Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов.	ИПКОН РАН	2006
О6	Адушкин В.В., Спивак А.А.	Подземные взрывы.	Наука	2007
О7	Копытов А.И., Масаев Ю.А., Першин В.В.	Взрывные работы в горной промышленности Новосибирск.	Наука	2013.
О8	Кутузов Б.М.	Методы ведения взрывных работ	МГГУ	2007
О9	Кушнеров П.И.	Безопасность взрывных работ на угольных шахтах и разрезах Кемерово	Кузбассвуиздат	2014

### 6.2 Дополнительная литература:

Таблица 10

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
Д1	Шемякин Е.И.	Динамические задачи теории упругости и пластичности.	ННЦГП- ИГД им. А.А.Скочинского.	2007
Д2	Латышев О.Г.	Разрушение горных пород.	Теплотехник	2007
Д3	Такранов Р.А., Жикин В.П.	Геомеханическое обеспечение буровзрывных работ на угольных карьерах.	Санкт- Петербург	2006

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лабораторное оборудование и установки.
2. Комплект мультимедийного оборудования.