

ФАНО РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ УУХ СО РАН)



Кочетков В.Н.
20 16 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебной дисциплины

Рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Направление подготовки: 21.06.01. – Геология, разведка и разработка полезных ископаемых

Направленность: 25.00.20 - Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная

Кемерово, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Цели и задачи освоения учебной дисциплины.....	3
2.	Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.....	3
3.	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине.....	3
4.	Содержание и структура учебной дисциплины	10
4.1.	Содержание разделов учебной дисциплины	10
4.2.	Распределение часов по семестрам и видам занятий	12
4.3.	Темы, выносимые на лекционные занятия	13
4.4.	Лабораторные занятия	14
4.5.	Практические занятия (семинары)	14
4.6.	Самостоятельная работа	16
5.	Образовательные технологии	16
6.	Материально-техническое обеспечение дисциплины	111
7.	Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточных аттестаций.....	111
7.1.	Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине.....	17
7.2.	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся	18
7.2.1.	Типовые контрольные задания или иные материалы	18
7.3.	Шкала академических оценок освоения дисциплины.....	20
7.4.	Система оценки достижений обучающегося по дисциплине	20
8.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	22
8.1.	Основная литература	22
8.2.	Дополнительная литература.....	22
8.3.	Интернет-ресурсы	23
8.4.	Методические указания к лабораторным занятиям.....	23
8.5.	Методические указания к практическим занятиям.....	24
8.6.	Методические указания к видам самостоятельной работы	24

1. Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Цель дисциплины заключается в формировании у аспирантов углубленных профессиональных знаний о аэрогазодинамических процессах, процессах горной теплофизики при разработке полезных ископаемых.

Задачами дисциплины являются:

1. Освоение теоретических основ изучаемой дисциплины.
2. Освоение методических основ проведения лабораторных и натурных экспериментов при решении поставленных задач.
3. Обоснование направлений повышения эффективности горного производства на основе использования закономерностей рудничной аэрогазодинамики и рудничной теплофизики.
4. Совершенствование методов, средств, технологий при добыче полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации технологических сооружений.

2. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина отнесена к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Для освоения данной дисциплины обучаемый должен:

знать методы анализа, закономерности поведения и управления аэрогазодинамическими и теплофизическими процессами при добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных и надземных сооружений;

уметь: выполнять инженерные расчеты и строить математические модели физических процессов, происходящих при разработке полезных ископаемых;

владеть: основами технологий управления аэрогазодинамическими и теплофизическими процессами при добыче полезных ископаемых, строительства и эксплуатации объектов; способностью к обобщению и анализу информации, постановке целей и выбору путей их достижения.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 21.06.01. – Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (табл. 1).

Таблица 1

Коды компетенции	Результаты освоения дисциплины ООП Содержание компетенций*	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1	способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты	знать: - основные тенденции развития теоретических и экспериментальных исследований в области геомеханики, разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики уметь: - определять цели исследований, ставить задачи и проводить научные эксперименты владеть: методологией теоретических исследований, методами научного поиска, научного моделирования и системного анализа

Профессиональные компетенции		
ПК-2	способность применять фундаментальные и прикладные знания в области геомеханики, разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики	<p>знать: основные методы постановки научных экспериментов, моделирования на эквивалентных материалах</p> <p>уметь: комплектовать оборудование, приборы и выбирать материалы для постановки научных экспериментов, работать с этими приборами и оборудованием, формировать и аргументировано отстаивать принятые решения; критически оценивать полученные результаты</p> <p>владеть: навыками постановки научных экспериментов, обобщения и анализа полученных результатов исследований, аргументированного изложения собственной точки зрения</p>
ПК-4	Готовность осуществлять научно-исследовательскую, научно-производственную и экспертно-аналитическую деятельность в области геомеханики, разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики	<p>знать: современные способы моделирования в области геомеханики, аэрогазодинамики и методы их исследования и анализа</p> <p>уметь: применять компьютерное моделирование, использовать специализированное программное обеспечение с учетом отечественного и зарубежного опыта, осуществлять технологическую, технико-экономическую и социально-экономическую оценку этих моделей</p> <p>владеть: информацией и навыками создания моделей горного массива с заданными физико-механическими свойствами, передовыми технологиями обработки массивов исходных данных и их графической интерпретации с целью анализа полученных результатов</p>

4. Содержание и структура учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов учебной дисциплины

Тема 1. Рудничная аэрогазодинамика

1.1. Рудничная газодинамика шахт и рудников.

1.1.1. 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. Основные законы аэростатики и аэродинамики применительно к рудничной атмосфере. Газоносность угольных пластов, горных

пород, горных выработок и шахт. 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. Режимы движения воздуха в шахтах (рудниках). Природа турбулентности. Основные характеристики турбулентности в шахтных вентиляционных потоках. Фильтрационные течения. Критическое число Рейнольдса. Природа аэродинамических сопротивлений элементов шахтной вентиляционной сети: сопротивление трения, местные и лобовые сопротивления. Закон сопротивления горных выработок, выработанных пространств. Диффузия газов в горных шахтных вентиляционных потоках. Уравнение конвективной диффузии. Граничные условия в задачах переноса газообразных примесей шахтными вентиляционными потоками. Соотношение сил в фильтрационных потоках утечек. Коэффициент турбулентной диффузии. Стратифицированные потоки. Слойные скопления газов и механизм их формирования. Число Ричардсона. Статика и динамика рудничных вентиляционных систем.

1.1.2. 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, Стентона, Струхаля, Фруда, Шмидта, Эйлера.

1.2. Аэрология карьеров.

1.2.1. 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 пылегазового облака. Проветривание карьеров за счет энергии ветра. Конвективная схема проветривания (условия возникновения, схемы движения воздуха, скорость и режим движения воздуха, вынос вредностей из карьера). Инверсионная схема движения воздуха (условия возникновения, схемы движения воздуха, Скорость накопления вредностей в карьерном пространстве). Комбинированные схемы проветривания.

1.2.2. Интенсификация естественного воздухообмена. Способы и средства искусственной вентиляции. Способы и средства нормализации атмосферы карьеров. Создание комфортных условий в кабинах горных и транспортных машин. Пылеулавливание. Нейтрализация вредных газов. Снижение запыленности воздуха при массовых взрывах. Основы проектирования вентиляции карьеров.

Тема 2. Горная теплофизика

2.1. 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.

2.2. Тепломассоперенос. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Сопло Ловалья. Температура адиабатного торможения потока. Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия. Критерии подобия в термодинамике. Виды теплоносителей и теплообмена. Пограничный слой и механизм кон-

вективного теплообмена. Определение термодинамических параметров теплоносителей. Методы расчета параметров нагрева твердых тел.

2.3. Тепло земных недр. Термодинамические параметры земной коры. Источники тепла земных недр. Теплоперенос в недрах Земли. Использование тепла земных недр.

2.4. 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.

2.5. Промерзание связных пород на открытых разработках. Уравнение колебаний температуры внешней среды. Расчет глубины промерзания. Расчет толщины и свойств теплоизоляционных покрытий с целью полного или частичного предотвращения промерзания пород. Технология получения теплоизоляционных покрытий. Оттаивание связных пород на открытых разработках. Оттаивание прямым нагревом. СВЧ - методы оттаивания (механизм, техника, технология, область применения). Гидрооттаивание (механизм, параметры, техника и технология, область применения). Замораживание пород при строительстве подземных сооружений. Тепломассообмен в горных породах при замораживании. Термодиффузия влаги при замораживании пород. Расчет параметров замораживания пород вокруг одиночной скважины. Расчет параметров замораживания при формировании ледопородных ограждений.

2.6. Термическое разрушение горных пород. Разрушение плавлением. Хрупкое термическое разрушение (ХТР). Поле температур и напряжений при ХТР. Механизм и параметры ХТР. Термическое бурение шпуров и скважин, термическое расширение скважин (техника, технология, режимы и параметры, область применения).

2.7. Скважинные геотехнологии добычи полезных ископаемых на основе теплофизики. Подземная выплавка серы (условия применения, тепловой баланс, расчет параметров, техника и технология). 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).

2.8. Термические процессы при подготовке рудного сырья к 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).

4.2. Распределение часов по семестрам и видам занятий

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 академических часов), в том числе

Очная форма обучения

Таблица 2

№ п.п	Наименование тем	Всего	Контактная работа с преподавателем		Самостоятельная работа Аспиранта (СРА)	Форма текущего контроля
			Лекционные	Практические /семинарские		
1	Рудничная аэрогазодинамика	49	8	10	31	собеседование, подготовка реферата, презентации
2	Горная теплофизика.	50	8	10	32	собеседование, подготовка рефе-

						рата, презентации
	Всего: 108 часов (3 з.е.)	108	16	20	63	9 зачет

4.3. Темы, выносимые на лекционные занятия

Таблица 3

№№ темы	№№ разделов тем дисциплины, выносимых на лекции	Содержание	Литература
1	1.1.1	Рудничная газодинамика шахт и рудников. Рудничная атмосфера: физические и химические свойства газов. Основные законы аэростатики и аэродинамики. Газоносность угольных пластов, горных пород, горных выработок и шахт. 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. Статика и динамика рудничных вентиляционных систем.	[1], [31]
1	1.1..2	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.	[1], [31]
1	1.2.1	Аэрология карьеров. Состав атмосферы карьеров и предъявляемые к нему требования. Основы аэромеханики и газовой динамики.	[2], [12]
1	1.2.2	Конвективная схема проветривания Инверсионная схема движения воздуха. Комбинированные схемы проветривания. Основы проектирования вентиляции карьеров.	[2], [12]
2	2.1	Основы термодинамики горных пород. Энтальпия и энтропия термодинамических процессов. Фазовые переходы в горных породах.	[1], [19]
2	2.2	Тепловые свойства твердых тел. Изменение свойств горных пород и минералов в зависимости от температуры.	[1], [29]
2	2.3	Тепло земных недр. Термодинамические параметры земной коры. Источники тепла земных недр. Теплоперенос в недрах Земли. Использование тепла земных недр.	[1], [9]
2	2.4	Теплообмен в горных выработках. Требования к тепловому режиму в подземных выработках. Источники	[1], [19]

№№ темы	№№ разделов тем дисциплины, выносимых на лекции	Содержание	Литература
		тепла в горных выработках. Методы нормализации температурного режима рудничного воздуха.	
2	2.5	Промерзание связных пород на открытых разработках. Оттаивание связных пород на открытых разработках. Замораживание пород при строительстве подземных сооружений. Тепломассоперенос в горных породах при замораживании.	[1], [33]
2	2.6	Термическое разрушение горных пород. Разрушение плавлением. Термическое бурение шпуров и скважин, термическое расширение скважин.	[1], [8]
2	2.7	Скважинные геотехнологии добычи полезных ископаемых на основе теплофизики. Подземная выплавка серы. Подземная газификация твердого топлива.	[1], [27]
2	2.8	Термические процессы при подготовке рудного сырья к металлургическому переделу. Обжиг окатышей и брикетов, агломерация руд. Сушка горной массы. Поверхностная и полная сушка.	[1], [32]

4.4. Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

4.5. Практические занятия (семинары)

Тема 1. Рудничная аэрогазодинамика

План

1.1. Рудничная газодинамика шахт и рудников.

1.1.1. 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. Основные законы аэростатики и аэродинамики применительно к рудничной атмосфере. Газоносность угольных пластов, горных пород, горных выработок и шахт. 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. Режимы движения воздуха в шахтах (рудниках). Природа турбулентности. Основные характеристики турбулентности в шахтных вентиляционных потоках. Фильтрационные течения. Критическое число Рейнольдса. Природа аэродинамических сопротивлений элементов шахтной вентиляционной сети: сопротивление трения, местные и лобовые сопротивления. Закон сопротивления горных выработок, выработанных пространств. Диффузия газов в горных шахтных вентиляционных потоках. Уравнение конвективной диффузии. Граничные условия в задачах переноса газообразных примесей шахтными вентиляционными потоками. Соотношение сил в фильтрационных потоках утечек. Коэффициент турбулентной диффузии.

Стратифицированные потоки. Слоевые скопления газов и механизм их формирования. Число Ричардсона. Статика и динамика рудничных вентиляционных систем.

1.1.2. 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, Стентона, Струхаля, Фруда, Шмидта, Эйлера.

1.2. Аэрология карьеров.

1.2.1. 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 пылегазового облака. Проветривание карьеров за счет энергии ветра. Конвективная схема проветривания (условия возникновения, схемы движения воздуха, скорость и режим движения воздуха, вынос вредностей из карьера). Инверсионная схема движения воздуха (условия возникновения, схемы движения воздуха, Скорость накопления вредностей в карьерном пространстве). Комбинированные схемы проветривания.

1.2.2. Интенсификация естественного воздухообмена. Способы и средства искусственной вентиляции. Способы и средства нормализации атмосферы карьеров. Создание комфортных условий в кабинах горных и транспортных машин. Пылеулавливание. Нейтрализация вредных газов. Снижение запыленности воздуха при массовых взрывах. Основы проектирования вентиляции карьеров.

Литература:

1.1.1. [1], [31]

1.1.2. [1], [31]

1.2.1. [2], [12]

1.2.2. [2], [12]

Тема 2. Горная теплофизика

План

2.1. 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.

2.2. Теплоперенос. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Сопло Ловаля. 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.

2.3. Тепло земных недр. Термодинамические параметры земной коры. Источники тепла земных недр. Теплоперенос в недрах Земли. Использование тепла земных недр.

2.4. 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.

2.5. Промерзание связных пород на открытых разработках. Уравнение колебаний температуры внешней среды. Расчет глубины промерзания. Расчет толщины и свойств теплоизоляционных покрытий с целью полного или частичного предотвращения промерзания пород. Технология получения теплоизоляционных покрытий. Оттаивание связных пород на открытых разработках. Оттаивание прямым нагревом. СВЧ – методы оттаивания (механизм, техника, технология, область применения). Гидрооттаивание (механизм, параметры, техника и технология, область применения). Замораживание пород при строительстве подземных сооружений. Тепломассоперенос в горных породах при замораживании. Термодиффузия влаги при замораживании пород. Расчет параметров замораживания пород вокруг одиночной скважины. Расчет параметров замораживания при формировании ледопородных ограждений.

2.6. Термическое разрушение горных пород. Разрушение плавлением. Хрупкое термическое разрушение (ХТР). Поле температур и напряжений при ХТР. Механизм и параметры ХТР. Термическое бурение шпуров и скважин, термическое расширение скважин (техника, технология, режимы и параметры, область применения).

2.7. Скважинные геотехнологии добычи полезных ископаемых на основе теплофизики. Подземная выплавка серы (условия применения, тепловой баланс, расчет параметров, техника и технология). 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).

2.8. Термические процессы при подготовке рудного сырья к 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).

Литература:

2.1. [1], [19]

2.2. [1], [29]

2.3. [1], [9]

2.4. [1], [19]

2.5. [1], [33]

2.6. [1], [8]

2.7. [1], [27]

2.8. [1], [32]

4.6. Самостоятельная работа

Таблица 4

№ п/п	Наименование видов самостоятельной работы	Трудоемкость (в академических часах)	Методические материалы
1	Освоение и проработка материала по учебной, научной и справочной литературе, самостоятельное изучение следующих тем из представленного в рабочей программе содержания дисциплины: 1: 1.1, 1.2 ; 2: 2.1.-2.8.	53/80	[1, 2] (см. п. 8.1), [3-34] (см. п. 8.2), [1-5] (см. п. 8.3)
2	Подготовка доклада, презентации.	10/10	
Итого		63/90	

5. Образовательные технологии

Таблица 5

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, СМ)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество аудиторных часов
	Л, ПР	Технология дискуссионного общения. Публичное обсуждение или свободный вербальный обмен знаниями, суждениями, идеями или мнениями по поводу какого-либо спорного вопроса, проблемы.	10
	Л, ПР	Доклад (публичное сообщение) – развернутое изложение какой-нибудь темы или же итоговое выступление с информацией. Он характеризует уровень познавательной деятельности, самостоятельности, активности аспирантов в учебной, методической и научной работе за определенный период (квартал, семестр, учебный год).	8
	Л, ПР	Модерация – сложная форма организации обучения, комплекс взаимосвязанных условий, методов и приемов организации совместной деятельности участников для выявления, осмысления и анализа затруднений в профессиональной деятельности, поиска путей их разрешения, неформального осмысления и распространения опыта коллег, а также взаимного обучения на основе знаний и опыта участников.	6
Итого			24

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий по дисциплине требуется стандартная аудитория на 10 мест с компьютером и проектором; рабочими местами преподавателя и обучающихся, трибуной для выступающих.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточных аттестаций

7.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Таблица 6

№ п/п	Контролируемые темы дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1.	Тема 1. Рудничная аэрогазодинамика	ПК – 1, ПК – 2, ПК – 4	собеседование, подготовка ре-

			ферата, презентации
2.	Тема 2. Горная теплофизика	ОПК – 1, ПК – 2, ПК – 4	собеседование, подготовка реферата, презентации

7.2. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся

7.2.1. Типовые контрольные задания или иные материалы

Вопросы к зачету

Тема 1. Рудничная аэрогазодинамика

Рудничная газодинамика шахт и рудников.

1. Рудничная атмосфера: физические и химические свойства газов.
 2. Понятие динамически активных и пассивных газов в рудничной атмосфере.
 3. Температурно-влажностный режим шахт (рудников) и факторы его определяющие.
 4. Основные законы аэростатики и аэродинамики применительно к рудничной атмосфере.
 5. Газоносность угольных пластов, горных пород, горных выработок и шахт. Виды выделения метана в шахтах.
 6. Прогноз газовыделения в горные выработки. Управление газовыделением.
 7. Способы дегазации и их эффективность.
 8. Тепловой баланс шахт и кондиционирование шахтного воздуха.
 9. Шахтная пыль. Горючие и взрывчатые свойства угольной и сланцевой пыли. Особенности взрывов угольной пыли в шахтах.
 10. Режимы движения воздуха в шахтах (рудниках). Природа турбулентности. Основные характеристики турбулентности в шахтных вентиляционных потоках.
 11. Фильтрационные течения. Критическое число Рейнольдса. Природа аэродинамических сопротивлений элементов шахтной вентиляционной сети: сопротивление трения, местные и лобовые сопротивления.
 12. Закон сопротивления горных выработок, выработанных пространств.
 14. Диффузия газов в горных шахтных вентиляционных потоках. Уравнение конвективной диффузии.
 15. Граничные условия в задачах переноса газообразных примесей шахтными вентиляционными потоками. Соотношение сил в фильтрационных потоках утечек. Коэффициент турбулентной диффузии. Стратифицированные потоки.
 16. Слоевые скопления газов и механизм их формирования. Число Ричардсона.
 17. Статика и динамика рудничных вентиляционных систем.
 18. Газодинамические процессы в шахтах (рудниках) и их характеристики. Переходные газодинамические процессы в шахтных вентиляционных системах.
 19. Основные закономерности аэрогазодинамики тупиковых выработок и камер, выемочных участков, выработанных пространств.
 20. Моделирование аэрогазодинамических процессов в шахтах. Критерии подобия при моделировании. Числа Архимеда, Нуссельта, Пекле, Прандтля, Стентона, Струхаля, Фруда, Шмидта, Эйлера.
- Аэрология карьеров.

21. Состав атмосферы карьеров и предъявляемые к нему требования. Вредные примеси атмосферного воздуха, их свойства, предельно допустимые концентрации.
22. Источники загрязнения атмосферы карьеров пылью и газами, их виды. Источники ионизирующего излучения.
23. Методы и средства контроля состояния атмосферы. Микроклимат карьеров и его влияние на воздухообмен. Основные элементы микроклимата карьеров.
24. Температурная стратификация атмосферы в карьерах. Возникновение воздушных потоков в результате неравномерного распределения тепла по бортам карьера.
25. Основы аэромеханики и газовой динамики.
26. Физические свойства воздуха.
27. Основные законы аэродинамики. Элементы теории пограничного слоя. Распространение газа, выделяемого точечным и линейным источниками.
28. Основные характеристики газовых факелов. Распространение вредных газов и пыли при взрывных работах. Характеристики пылегазового облака.
29. Проветривание карьеров за счет энергии ветра. Конвективная схема проветривания (условия возникновения, схемы движения воздуха, скорость и режим движения воздуха, вынос вредностей из карьера).
30. Инверсионная схема движения воздуха (условия возникновения, схемы движения воздуха, скорость накопления вредностей в карьерном пространстве). Комбинированные схемы проветривания.
31. Интенсификация естественного воздухообмена. Способы и средства искусственной вентиляции.
32. Способы и средства нормализации атмосферы карьеров.
33. Создание комфортных условий в кабинах горных и транспортных машин. Пылеулавливание. Нейтрализация вредных газов. Снижение запыленности воздуха при массовых взрывах.
34. Основы проектирования вентиляции карьеров.

Тема 2. Горная теплофизика

1. Основы термодинамики горных пород. Термодинамические системы. Термодинамические процессы.
2. Энтальпия и энтропия термодинамических процессов. Термодинамическая вероятность.
3. Фазовые переходы в горных породах. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса.
4. Тепловые свойства твердых тел. Изменение свойств горных пород и минералов в зависимости от температуры.
5. Тепломассоперенос. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Сопло Ловаля.
6. Температура адиабатного торможения потока. Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия. Критерии подобия в термодинамике.
7. Виды теплоносителей и теплообмена. Пограничный слой и механизм конвективного теплообмена. Определение термодинамических параметров теплоносителей.
8. Методы расчета параметров нагрева твердых тел.
9. Тепло земных недр. Термодинамические параметры земной коры. Источники тепла земных недр. Теплоперенос в недрах Земли. Использование тепла земных недр.
10. Теплообмен в горных выработках. Требования к тепловому режиму в подземных выработках.
11. Каналы теплообмена человека. Источники тепла в горных выработках. Методы нормализации температурного режима рудничного воздуха.

12. Промерзание связных пород на открытых разработках. Уравнение колебаний температуры внешней среды. Расчет глубины промерзания.
13. Расчет толщины и свойств теплоизоляционных покрытий с целью полного или частичного предотвращения промерзания пород.
14. Технология получения теплоизоляционных покрытий.
15. Оттаивание связных пород на открытых разработках. Оттаивание прямым нагревом. СВЧ - методы оттаивания (механизм, техника, технология, область применения). Гидрооттаивание (механизм, параметры, техника и технология, область применения).
16. Замораживание пород при строительстве подземных сооружений. Тепломассоперенос в горных породах при замораживании. Термодиффузия влаги при замораживании пород.
17. Расчет параметров замораживания пород вокруг одиночной скважины. Расчет параметров замораживания при формировании ледопородных ограждений.
18. Термическое разрушение горных пород. Разрушение плавлением.
19. Хрупкое термическое разрушение (ХТР). Поле температур и напряжений при ХТР. Механизм и параметры ХТР. Термическое бурение шпуров и скважин, термическое расширение скважин (техника, технология, режимы и параметры, область применения).

Вопросы для собеседования

Раздел 1. Рудничная аэрогазодинамика

Рудничная газодинамика шахт и рудников.

1. Рудничная атмосфера: физические и химические свойства газов.
 2. Газоносность угольных пластов, горных пород, горных выработок и шахт. Виды выделения метана в шахтах.
 3. Прогноз газовыделения в горные выработки. Управление газовыделением.
 4. Способы дегазации и их эффективность.
 5. Тепловой баланс шахт и кондиционирование шахтного воздуха.
 6. Шахтная пыль. Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли.
 7. Статика и динамика рудничных вентиляционных систем.
 8. Газодинамические процессы в шахтах (рудниках) и их характеристики.
 9. Основные закономерности аэрогазодинамики тупиковых выработок и камер, выемочных участков, выработанных пространств.
- Аэрология карьеров.
10. Методы и средства контроля состояния атмосферы.
 11. Основы аэромеханики и газовой динамики.
 12. Проветривание карьеров за счет энергии ветра, конвективная схема проветривания.
 13. Способы и средства нормализации атмосферы карьеров.
 14. Основы проектирования вентиляции карьеров.

Раздел 2. Горная теплофизика

1. Тепловые свойства твердых тел. Изменение свойств горных пород и минералов в зависимости от температуры.
2. Виды теплоносителей и теплообмена. Определение термодинамических параметров теплоносителей.
3. Методы расчета параметров нагрева твердых тел.
4. Теплообмен в горных выработках.
5. Промерзание связных пород на открытых разработках.
6. Расчет толщины и свойств теплоизоляционных покрытий с целью полного или частичного предотвращения промерзания пород.
7. Технология получения теплоизоляционных покрытий.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Тепловой режим горных выработок.
2. Тепловой баланс шахт. Кондиционирование шахтного воздуха.
3. Режимы движения воздуха в шахтах.
4. Основные законы движения воздуха в шахтных вентиляционных сетях.
5. Методы расчета естественного воздухораспределения и регулирования в шахтных вентиляционных сетях.
6. Шахтные вентиляторы.
7. Регулирование распределения воздуха в шахтной вентиляционной сети.
8. Аэродинамическое сопротивление выработок.
9. Стационарные и нестационарные газодинамические процессы.
10. Прогноз газообильности шахты.
11. Устойчивость движения воздуха в выработках.
12. Газовыделение в шахтах.
13. Управление метановыделением в горные выработки.

Темы рефератов

1. Температурный режим горного массива.
2. Теплообмен между вентиляционным потоком и горным массивом.
3. Прогнозирование температуры шахтного воздуха.
4. Вентиляционные сооружения на шахтах.
5. Схемы вентиляции выемочных участков угольных шахт.
6. Вентиляция с помощью вентиляторов местного проветривания.
7. Нагнетательный, всасывающий и комбинированный способ вентиляции.
8. Схемы вентиляции шахт.
9. Управления вентиляцией шахты.
10. Методы и технические средства контроля параметров атмосферы горных предприятий.
11. Термодинамика атмосферы карьеров.
12. Методы и средства нормализации состава атмосферы карьера.
13. Вентиляция карьеров.

Темы докладов (презентаций)

1. Температурный режим горного массива.
2. Статика и динамика рудничных вентиляционных систем.
3. Газодинамические процессы в шахтах (рудниках) и их характеристики.
4. Состав атмосферы карьеров и предъявляемые к нему требования.
5. Методы и средства контроля состояния атмосферы карьеров.
6. Физические свойства воздуха.
7. Проектирование вентиляции карьеров.
8. Энтальпия и энтропия термодинамических процессов.
9. Фазовые переходы в горных породах.
10. Изменение свойств горных пород и минералов в зависимости от температуры.
11. Источники тепла земных недр.
12. Теплоизоляционные покрытия.
13. Замораживание пород при строительстве подземных сооружений.
14. Термическое разрушение горных пород.
15. Термическое бурение шпуров и скважин.

7.3. Шкала академических оценок освоения дисциплины

Таблица 7

Виды оценок	Оценки			
Академическая оценка по 4-х балльной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Академическая оценка по 2-балльной шкале (зачет)	Не зачтено	Зачтено		

7.4. Система оценки достижений обучающегося по дисциплине

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета

Таблица 8

Оценка зачета (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>Зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями, знает особенности развития аэрогазодинамических и теплофизических процессов в массиве горных пород при добыче полезных ископаемых, имеет представление об особенностях современных методов и средств обеспечения безопасности, о специфике разработки угольных пластов Информирован и способен делать анализ проблем и намечать пути их решения.
<i>не зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики. Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и или не в состоянии наметить пути их решения.

Оценивание доклада (презентации)

№	Балл	Традиционная оценка
1	6-9	Зачтено – соответствие работы теме, полнота раскрытия темы, последовательность изложения, отсутствие лишней информации, креативность представления материала.
2	0-5	Не зачтено - тема раскрыта не полностью, изложение не логичное, стандартное (не творческое), представленный материал малоинформативен и дублируется.

Таблица 9

Критерий 1. Обзор источников информации		Баллы
1.	Дан исчерпывающий, глубокий обзор использованных источников информации	2
2.	Обзор использованных источников информации носит поверхностный характер	1

3.	Обзор использованных источников информации не осуществлен	0
Критерий 2 . Логика изложения материала		
1.	Материал изложен связно, последовательно	2
2.	Материал изложен недостаточно связно / последовательно	1
3.	Материал изложен несвязно / непоследовательно	0
Критерий 3. Убедительность сформулированных выводов		
1.	Сделаны выводы, которые сформулированы чётко и убедительно	2
2.	Сделаны не все выводы / сделанные выводы сформулированы недостаточно четко	1
3.	Выводы не сформулированы	0
Критерий 4 . Качество выступления с докладом		
1.	Речь автора соответствует требованиям выступления, автору удалось заинтересовать аудиторию, выступление не вышло за рамки регламента.	3
2.	Речь автора соответствует требованиям выступления, автору удалось заинтересовать аудиторию, выступление вышло за рамки регламента.	2
3.	Речь автора не полностью соответствует требованиям выступления, автору не удалось заинтересовать аудиторию, выступление не вышло за рамки регламента.	1
4.	Речь автора не соответствует требованиям выступления, автору не удалось заинтересовать аудиторию, он вышел за рамки регламента.	0

Оценивание реферата

№	Балл	Традиционная оценка
1	3-6	Зачтено – соответствие работы теме, полнота раскрытия темы, последовательность изложения, отсутствие лишней информации, креативность представления материала.
2	0-2	Не зачтено - тема раскрыта не полностью, изложение не логичное, стандартное (не творческое), представленный материал малоинформативен и дублируется.

Таблица 10

Критерий 1. Обзор источников информации		Баллы
1.	Дан исчерпывающий, глубокий обзор использованных источников информации	2
2.	Обзор использованных источников информации носит поверхностный характер	1
3.	Обзор использованных источников информации не осуществлен	0
Критерий 2 . Логика изложения материала		

1.	Материал изложен связно, последовательно	2
2.	Материал изложен недостаточно связно / последовательно	1
3.	Материал изложен несвязно / непоследовательно	0
Критерий 3. Убедительность сформулированных выводов		
1.	Сделаны выводы, которые сформулированы чётко и убедительно	2
2.	Сделаны не все выводы / сделанные выводы сформулированы недостаточно четко	1
3.	Выводы не сформулированы	0

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература

1. Артемьев В.Б. Внезапные выбросы метана: теоретические основы/ В.Б. Артемьев, Е.А. Колесниченко, И.Е. Колесниченко И.Е. – М.: Горное дело, 2013, 232 с.
2. Репин Н.Я. Процессы открытых горных работ: учебник для вузов /Н.Я. Репин, Л.Н. Репин. – М.: Изд. «Горная книга», 2015. – 518 с.

8.2. Дополнительная литература

3. Аэрология горных предприятий / К.З. Ушаков [и др.]. – М.: Недра, 1987.
4. Аэрология и безопасность горных предприятий: Сборник научных трудов / под ред. В.Б. Артемьев. – М.: Горное дело, 2013, 245с.
5. Васючков Ю.Ф. Физико-химические способы дегазации угольных пластов. – М.: Недра, 1986.
6. Гендлер С.Г. Тепловой режим подземных сооружений. – Л.: Изд-во Ленингр. горн. ин-та, 1987.
7. Глузберг Е.И. Теоретические основы прогноза и профилактики эндогенных пожаров. – М.: Недра, 1986.
8. Дмитриев А.П., Гончаров С.А. Термическое и комбинированное разрушение горных пород. – М.: Недра, 1987.
9. Дмитриев А.П., Гончаров С.А. Термодинамические процессы в горных породах. – М.: Недра, 1990.
10. Дмитриев А.П., Гончаров С.А., Германович Л.Н. Термическое разрушение горных пород. – М.: Недра, 1990.
11. Дядькин Ю.Д. Разработка геотермальных месторождений. – М.: Недра, 1989.
12. Кравченко В.Т., Шувалов Ю.В. Тепловой режим глубоких рудников. – М.: Недра, 1993.
13. Кудряшов Б.Б., Пудовкин М.А. Проблемы управления тепловым режимом скважины // Физические процессы горного производства. – Л.: Изд-во Ленингр. горн. ин-та, 1982. – Вып. 12. – С. 24–31.
14. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в мерзлых породах. – М.: Недра, 1983.
15. Лидин Г.Д. Газообильность каменноугольных шахт СССР. – М.: Недра, 1990.
16. Мисник Ю.М. Основы разупрочнения мерзлых пород СВЧ-полями. – Л.: Изд-во Ленингр. горн. ин-та, 1982.
17. Мясников А.А., Рябченко А.С., Садчиков В.А. Управление газовыделением при разработке угольных пластов. – М.: Недра, 1987.
18. Насонов И.Д., Федюкин В.А., Шуплик М.Н. Технология строительства подземных сооружений. – М.: Недра, 1983.

19. Павлов И.А., Гендлер С.Г., Смирнова Н.Н. Теплообмен в технологических процессах при разработке месторождений полезных ископаемых. – Л.: Изд-во Ленингр. горн. ин-та, 1989.
20. Пучков Л.А. Аэродинамика подземных выработанных пространств / Моск. гос. геол. ун-т. – М., 1993.
21. Пучков Л.А., Каледина И.О. Динамика метана в выработанных пространствах шахт / Моск. гос. геол. ун-т. – М., 1995.
22. Пучков Л.А., Бахвалов Л.А. Методы и алгоритмы автоматического управления проветриванием угольных шахт. – М.: Недра, 1992.
23. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С. Извлечение метана из угольных пластов. – М.: Изд-во Моск. гос. геол. ун-та, 2002.
24. Рудничная вентиляция: справ. / под ред. К.З. Ушакова. – М.: Недра, 1988.
25. Сергеев И.В., Бухны Д.И., Фитерман А.Е. Теоретические и экспериментальные методы исследования газового состояния массива. – М.: Наука, 1988.
26. Соколов Э.М., Качурин Н.М. Углекислый газ в угольных шахтах. – М.: Недра, 1987.
27. Справочник по сооружению шахтных стволов специальными способами / под ред. Н.Г. Трупака. – М.: Недра, 1980.
28. Теплофизические аспекты освоения ресурсов недр / В.Ж. Аренс [и др.]. – Л.: Недра, 1988.
29. Теплофизические свойства горных пород / В.В. Бабаев [и др.]. – М.: Недра, 1987.
30. Управление газовыделением в угольных шахтах при ведении очистных работ / И.В. Сергеев [и др.]. – М.: Недра, 1992.
31. Ушаков К.З. Газовая динамика шахт. – М.: Недра, 2004.
32. Филиппов В.А. Технология сушки и термоаэроклассификация углей. – М.: Недра, 1987.
33. Шувалов Ю.В. Регулирование теплового режима шахт и рудников Севера (энерго-сберегающие технологии). – Л.: Изд-во Ленингр. горн. ун-та, 1988.
34. Щербань А.Н., Брайчева Н.А., Черняк В.П. Методы расчета температуры вентиляционного воздуха подземных сооружений. – Киев: Наукова думка, 1981.

8.3. Интернет-ресурсы

1. Научная электронная библиотека elibrary.ru
<http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база дан-ных Web of Science
http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=N1ueGpOv8ndHm2xXVE2&preferencesSaved=
3. Электронные ресурсы удаленного доступа ГПНТБ России
<http://www.gpntb.ru/elektronnye-resursy-udalennogo-dostupa.html>
4. Электронные каталоги и базы данных ГПНТБ СО РАН
http://webirbis.spsl.nsc.ru/irbis64r_01/cgi/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=CAT&P21DBN=CAT
5. Электронная библиотека ГПНТБ СО РАН
<http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/index-new1.html>

8.4. Методические указания к лабораторным занятиям

Лабораторные занятия не предусмотрены

8.5. Методические указания к практическим занятиям

Практические занятия предназначены для углубленного изучения материала дисциплины. На этих занятиях идет проработка теоретического материала, формируется умение убедительно формулировать собственную точку зрения, приобретаются навыки профессиональной деятельности. Формы проведения практических занятий: дискуссия, представление и обсуждение доклада-презентации. Рекомендуется применение информационных технологий.

8.6. Методические указания к видам самостоятельной работы

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины. В ходе освоения курса предполагается написание рефератов и подготовка докладов, выполнение расчетно-графических работ.

К видам самостоятельной работы аспирантов относятся:

- проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы;
- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой;
- подготовка к опросу с привлечением специальной технической литературы (справочников, нормативных документов и т.п.);
- подготовка рефератов докладов, презентаций;