

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

  
Ю.А. Кашников  
д.т.н., профессор, зав. кафедры МДГиГИС

« 19 » « мая » 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры**

**«Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и  
горная теплофизика»**

**Научная специальность**  
**Направленность (профиль) программы**  
**аспирантуры**

2.8.6. Недропользование и горные науки  
Геомеханика, разрушение горных пород,  
рудничная аэрогазодинамика и горная  
теплофизика

**Выпускающая(ие) кафедра(ы)**

Маркшейдерское дело, геодезия и  
геоинформационные системы,  
Разработка месторождений полезных ископаемых

**Форма обучения**  
**Курс: 3**

Очная  
**Семестр: 5**

**Виды контроля с указанием семестра:**  
Экзамен: 5

Пермь 2022

## 1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований 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)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области геомеханики, разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики, способствующих подготовке диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук.

### 1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.6.8. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### Знать:

- процессы деформирования и разрушения, происходящих в массиве горных пород;
- механические свойства и механическое состояние массива горных пород;
- факторы, влияющие на процесс деформирования и разрушения горных пород;
- основные тенденции развития теоретических и экспериментальных исследований в области геомеханики, разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики;
- методы исследования и решения задач геомеханики, разрушения горных пород, рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики;
- геомеханические процессы, происходящие в массивах горных пород при подземной, открытой и открыто-подземной разработке полезных ископаемых;
- физическую сущность и параметры разрушения разрабатываемых горных пород и перемещения горной массы;

- основные законы аэродинамики применительно к рудничной атмосфере;
- геомеханику и природу опасных по динамическим явлениям для разработки методов прогнозирования и предупреждения геодинамических явлений при разработке месторождений полезных ископаемых;
- газодинамические процессы в шахтах (рудниках) и их характеристики;
- основные законы термодинамики и требования к тепловому режиму в горных выработках;
- нормативные документы, регламентирующие ведение горных работ в условиях влияния различных геомеханических факторов.

#### **Уметь:**

- устанавливать закономерности изменения природного напряженно-деформированного состояния массива горных пород;
- определять систему технологических методов управления геомеханическими и геодинамическими процессами в массиве горных пород;
- устанавливать закономерности развития деформационных процессов и зависимости его параметров от основных влияющих факторов;
- выполнять теоретические и экспериментальные исследования физических процессов горного производства, анализировать и оформлять полученные результаты;
- моделировать на ЭВМ геомеханические и аэрогазодинамические процессы при подземной, открытой и открыто-подземной разработке полезных ископаемых;
- проводить лабораторное моделирование геомеханических, аэрогазодинамических процессов, процессов горной теплофизики;
- выполнять анализ и типизацию горно-геологических условий месторождений полезных ископаемых;
- решать задачи о деформации и разрушении горных пород при освоении месторождений полезных ископаемых;
- прогнозировать горно-геологические явления и процессы;
- разрабатывать технические решения в области рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики с учетом знаний современной приборной базы и программно-вычислительных комплексов;
- анализировать проектные решения на основе действующих нормативных документов;
- рассчитывать параметры замораживания при формировании ледопородных ограждений;
- обосновывать методы прогнозирования и предупреждения геодинамических процессов.

#### **Владеть:**

- методами для установления закономерностей изменения природного напряженно-деформированного состояния при комбинированном способе разработки месторождений полезных ископаемых;
- методами и средствами проведения инструментальных наблюдений за процессами сдвижений горных пород, деформациями горных выработок и устойчивым состоянием элементов систем разработки;
- математическим аппаратом и вероятно-статистическим методом для оценки и обработки показателей, характеризующих состав, строение, свойства и состояние массива горных пород;
- научным, инженерным и организационным потенциалом для решения задач горного производства и реализации технического регламента процессов добычи и переработки полезных ископаемых на основе знания их физической сущности;
- навыками применения закономерностей изменения геомеханических процессов, происходящих в разрабатываемых массивах горных пород и напряженно-деформированном

состоянии вокруг горных выработок, аэрогазодинамических процессов, процессов горной теплофизики в процессе отработок полезных ископаемых;

- навыками работы экспериментального определения эксплуатационных материалов и методами оценки поведения материалов под воздействием на них различных эксплуатационных факторов;
- методами контроля за напряженно-деформированным состоянием массива горных пород в области влияния горных работ;
- навыками расчета параметров разрушения горных пород с целью рационального освоения георесурсного потенциала недр;
- методологией прогнозирования, управления и предупреждения геодинамических процессов;
- методами и средствами контроля состава рудничной атмосферы;
- методами и средствами выбора способов нормализации температуры рудничного воздуха.

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	20
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	9
	Самостоятельная работа (СР)	88
	Форма итогового контроля:	Экзамен

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### Раздел 1. Геомеханика.

##### (Л-2, ПР-2, СРС - 22)

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.

Понятие о массивах горных пород, их физических состояниях и важнейших физико-механических свойствах, а также о причинах различия свойств массива и образцов горных пород. Масштабный эффект и масштабные уровни. Геологическое и тектоническое строение массивов горных пород. Классификация массивов по прочности, слоистости, трещиноватости и склонности к разрушению. Методы изучения и прогнозирования состава, строения, состояния и свойств горных массивов.

Деформируемость, прочность и разрушение горных пород и массивов. Механические модели пород: упругие, жесткопластические, упругопластические, реологические. Теории прочности и критерии разрушения пород. Полные диаграммы прочности. Деформационные, прочностные и реологические характеристики горных пород, их физический смысл и размерность. Паспорт прочности горных пород, методы и технические средства его построения. Методы и средства испытаний пород в лабораторных и натуральных условиях.

Начальные гравитационные и тектонические поля напряжений в массивах горных пород, их связь с геодинамическим полем напряжений. Характер напряженно – деформированного состояния массива при таких полях, оценка компонентов тензора напряжений в его заданных точках. 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. Процессы разупрочнения и предразрушения горных пород при добыче полезных ископаемых. Управление тяжелыми кровлями угольных месторождений. Особенности деформирования и разрушения породных массивов вблизи забоя, устья и сопряжений выработок. Деформирование и разрушение кровли, почвы и породных целиков очистных выработок. Зоны опорного давления в окрестности выработок. Физическая природа концентрации напряжений в зонах опорного давления и характер распределения напряжений в зависимости от ряда определяющих природных и производственных факторов.

Сдвигание породных массивов под влиянием подземных и открытых горных работ. Связь сдвигания горных пород и газовыделения в горные выработки и на поверхность. Определение параметров сдвигания 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 управления состоянием бортов карьеров.

Понятие о сейсмических волнах, их параметры и воздействие сейсмических сигналов на строящиеся и эксплуатируемые подземные сооружения. Принципы и приемы геомеханического воздействия на массив для повышения интенсивности и продолжительности нефте- и газоотдачи скважин. Методы контроля. Связь между геомеханическими и геодинамическими процессами.

Методы исследований геомеханических процессов в лабораторных и натуральных условиях. Предметное и аналоговое моделирование. Критерии подобия. Методы: эквивалентных материалов, фотоупругости, центробежного моделирования.

Снижение напора подземных вод в водоносных породах и их осушение. Влияние подземных вод на устойчивость горных выработок и откосов горных пород. Горно-строительный дренаж. Осадка толщ горных пород в результате глубокого водопонижения.

## **Раздел 2. Разрушение горных пород. (Л-1, ПР-2, СРС - 22)**

*Разрушение горных пород взрывом.* Особенности применения взрыва при открытом и подземном способе разработки месторождения. Классификация взрывчатых веществ (ВВ), средств взрывания и области их эффективного применения. Влияние структуры и диаметра заряда на параметры детонации. Методы определения работоспособности и расчета детонационных параметров ВВ. Бризантные и фугасные свойства

непредохранительных и предохранительных ВВ. Объемная концентрация энергии заряда ВВ, способы и средства ее регулирования. 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. 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 работы (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.

*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 и другие комбинированные способы бурения. Влияние основных физико-механических свойств горных пород на показатели бурения и расширения шпуров и скважин, энергоемкость разрушения. Интенсификация и оптимизация процессов бурения и расширения, техника и технология бурения и расширения шпуров и скважин.

*Разрушение негабаритов:* Способы, техника и технология взрывного, механического, термического, электротермического, электрофизического разрушения. Механизм разрушения и расчет параметров разрушения каждым из указанных способов.

*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.

Свойства горных пород, влияющих на процессы механического разрушения углей и угольных пластов. Типизация угольных пластов по разрушаемости.

Физические особенности разрушения горных пород и углей резцовым инструментом, дисковыми и штыревыми шарошками, комбинированным 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. 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 при помощи многоструйных погружных резаков.

*Разрушение горных пород и твердых материалов гидроабразивными струями.* Сущность способа. Факторы, определяющие эффективность процесса разрушения горных пород и других материалов гидроабразивными струями воды.

*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 различными типами механического инструмента. Методы расчета рациональных параметров и режимов гидромеханического разрушения угля и горных пород.

*Дробление горной массы:* типы дробилок, область их применения, механизм разрушения, параметры дробления и его энергоемкость.

*Измельчение горной массы:* типы мельниц, условия их применения, механизмы измельчения, энергозатраты и способы их снижения, влияние различных факторов на параметры измельчения, управление режимами и параметрами измельчения в мельницах и их расчет.

### **Раздел 3. Рудничная аэрогазодинамика (Л-1, ПР-1, СРС - 22)**

*Рудничная газодинамика шахт и рудников.* 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. 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.

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.

#### **Раздел 4. Горная теплофизика (Л-1, ПР-1, СРС - 22)**

*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.

*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 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 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.* Тепло-массоперенос в горных породах при замораживании. Термодиффузия влаги при замораживании пород. Расчет параметров замораживания пород вокруг одиночной скважины. Расчет параметров замораживания при формировании ледопородных ограждений.

*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).

*Скважинные геотехнологии добычи полезных ископаемых на основе теп-лофизики.* 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).

*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. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер раздела дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Расчет параметров устойчивых уступов и бортов карьера.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	1	Расчет устойчивости карьерных откосов по круглоцилиндрической поверхности скольжения.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	1,2	Физико-механические свойства горных пород, особенности деформирования и разрушения горных пород при добыче полезных ископаемых, управление геомеханическими процессами в шахтах.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	3	Газодинамические явления в шахтах, механизм разрушения, методы прогнозирования и способы предотвращения газодинамических явлений	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	3	Состав атмосферы рудников и предъявляемые к нему требования. Виды выделения метана в шахтах. Прогноз газовыделения в горные выработки. Управление газовыделением.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№	Номер	Наименование темы	Наименование	Представление
---	-------	-------------------	--------------	---------------

п.п.	раздела дисциплины	самостоятельной работы	оценочного средства	оценочного средства
1	1	Классификация горных пород по составу.  Определение текстуры осадочных пород	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	1	Расчет показателей механических свойств горных пород: упругость, пластичность, компрессионная способность, хрупкость, ползучесть, прочность, твердость и т.д.	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	1	Общие представления о напряжениях и деформациях. Условия специального предельного равновесия горных пород	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	1	Переход от прочностных характеристик образца горных пород к прочностным характеристикам массива горных пород. Прогнозирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород.	Творческое задание	Темы творческих заданий
5	1	Методы управления деформационными процессами, связанные с изменением схемы вскрытия, системы разработки и режима горных работ	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	1	Геомеханика комбинированного способа разработки месторождений	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	3	Безопасная подработка охраняемых объектов в зонах влияния горных работ. Безопасная и предельная глубина разработки.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
8	3	Методы прогнозирования и способы предотвращения газодинамических явлений при подземной разработке рудных месторождений.	Творческое задание	Темы творческих заданий
9	1	Методы прогноза степени удароопасности пород, прилегающих к горной	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		выработке.		
10	1	Геомеханический мониторинг состояния массива горных пород и подземных сооружений.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
11	1	Прогнозирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород и геомеханических процессов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

### 6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

#### 6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Певзнер М.Е. Геомеханика / Певзнер М.Е., Иофис М.А., Попов В.Н.- Москва изд-во МГГИ, 2005.- 437 с.	2005-5; 2008-5.
2	Турчанинов И. А. Основы механики горных пород / И. А. Турчанинов, М. А. Иофис, Э. В. Каспарьян. - Ленинград: Недра, 1989.-488 с.	19
3	Болдырев Г.Г. Полевые методы испытаний грунтов Пенза, 2013-356 с.	НЭБ
4	Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ Учебник для вузов, М., Горная книга 2012.-480 с.	2003 - 6
5	Бордовская Н.В. Психология и педагогика: учебник для вузов / Н.В. Бордовская, С.И. Розум. – Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2014. – 620 с., 50, 31 сд. Печ. Л.: ил.	5
6	Соловьев В.А., Аптуков В.Н., Ваулина В.Б. Поддержание горных выработок в породах соленосной толщи. – Новосибирск: Наука. – 2017. – 264 с.	каф. РМПИ
7	Соловьёв В. А., Секунцов А. И. Разработка калийных месторождений: практикум. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2013. - 264 с.	21
8	Половинкин А. И. Основы инженерного творчества : учебное пособие. 6-е изд., стер. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2018. 361 с. 19,32 усл. печ. л.	6

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
9	Ревенков А. В., Резчикова Е. В. Теория и практика решения технических задач : учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Москва : ФОРУМ, 2009. 382 с.	4
10	Андрейко С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: методы прогнозирования и способы предотвращения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во. ПГТУ, 2007. – 208 с.	9
11	Андрейко С.С. Механизм образования очагов газодинамических явлений в соляном породном массиве. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 196 с.	14
12	Барях А.А. Асанов В.А. Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учеб. пособие. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. - 199 с.	34
13	Мохирев Н.Н., Радько В.В. Инженерные расчеты вентиляции шахт. Учебник для студентов горных специальностей вузов М.: Недра 2007, 324 с.	51
14	Казаков Б.П., Левин Л.Ю., Шалимов А.В. Теория и практика прогнозирования, профилактики и борьбы с аварийными нарушениями проветривания рудников. – М.: Недра. – 2016. – 244 с.	1
15	Ломоносов Г. Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений: учебник для вузов. Москва: Горн. кн., 2011. 517 с. 40,95 усл. печ. л., 7 л. фот.	2
16	Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках ОАО «Сильвинит»/ОАО «Галургия». – Новосибирск: Наука. – 2011. – 487 с.	7
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	Кашников Ю.А. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья. / Ю.А. Кашников, С.Г. Ашихмин. - М.: Недра, 2007. - 467 с.	2+10 экземпляров на кафедре+ЭБ
2	Основы геомеханики / И. В. Баклашов. - М.: Изд-во МГГУ, 2004. - (Геомеханика : учебник для вузов : в 2 т.; Т. 1). - 208 с.	23
3	Карташов Ю.М. Прочность и деформируемость горных пород / Ю. М. Карташов, Б. В. Матвеев, Г. В. Михеев, А. Б. Фадеев. - М.: Недра, 1979. - 269 с.	2
4	Баклашов И. В. Деформирование и разрушение породных массивов / И. В. Баклашов. - М.: Недра, 1988. - 271 с.	2
5	Борзаковский Б. А., Папулов Л. М. Закладочные работы на Верхнекамских калийных рудниках, справочник. М.: Недра, 1994. 234 с.	14
6	Агошков М.И. Борисов С.С., Боярский В.А. Разработка рудных и нерудных месторождений, учебник. М.Недра, 1983. 424с.	3
7	Латышев О. Г. Физика разрушения горных пород при бурении и	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	взрывании : учебное пособие для вузов. Екатеринбург : Изд-во УГГГА, 2004. 200 с.	
8	Муштаев В. И., Токарев В. Е. Основы инженерного творчества : учебное пособие для вузов. Москва : Дрофа, 2005. 254 с.	77
9	Шпаков П.С., Попов В.Н. Статистическая обработка экспериментальных данных : Учеб. пособие для вузов. М. : Изд-во МГГУ, 2003. 268 с.	1
10	Казикаев Д. М. Геомеханика подземной разработки руд : учебник для вузов. 2-е изд., стер. М. : Изд-во МГГУ, 2009. 542 с.	5
11	Геомеханика : учебное пособие для вузов / Каспарьян Э. В., Козырев А. А., Иофис М. А., Макаров А. Б. М. : Высш. шк., 2006. 503 с.	14
12	Медведев И.И. Аэрология: учебник для студентов горных специальностей вузов / К. З. Ушаков., А. С. Бурчаков, И.И. Медведев. – Москва : Недра, 1978. – 440с.	26
13	Бондарик Г. К., Пендин В. В., Ярг Л. А. Инженерная геодинамика : учебник для вузов. 4-е изд., доп. Москва : Университет, 2015. 472 с. 29,5 печ. л.	4
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Механика <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	НЭБ
2	Известия РАН. Механика твердого тела. <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	НЭБ
3	Горный журнал : научно-технический и производственный журнал. Москва : Руда и металлы, 1825 - .	НЭБ
4	Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. Москва : Мир горн. кн. : Изд-во МГГУ : Горн. кн., 1992 - .	НЭБ
5	Известия высших учебных заведений. Горный журнал. Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 1958 - .	НЭБ
6	Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых : научный журнал. Новосибирск : Ин-т горн. дел СО РАН, 1965 - .	НЭБ
7	Горное эхо : вестник Горного института научный и общественно-политический журнал : Пермь : Гор. ин-т УрО РАН, 1998 - .	НЭБ
8	Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело : Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011 - 2020.	НЭБ
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	ГОСТ 21153.2-84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. - М., 1985, 10 с.	Техэксперт
2	ГОСТ 21153.3-85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении. - М., 1987, 18 с.	Техэксперт
3	ГОСТ 21153.8-88. Породы горные. Методы определения предела прочности при объемном сжатии. - М., 1989, 17 с.	Техэксперт
4	ГОСТ 28985-91. Породы горные. Метод определения	Техэксперт

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	деформационных характеристик при одноосном сжатии. - М., 1992, 11 с.	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Федеральный закон "О недрах" № 2395-1 от 21.02.1992.	КонсультантПлюс

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

Вид литературы ЭБС	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
основная	Андрейко С. С. Современные проблемы науки и производства в области горного дела : учебное пособие. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3180">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3180</a>	сеть Интернет / авторизованный доступ
основная	База патентов на изобретения РФ.	<a href="http://ru-patent.info/">http://ru-patent.info/</a>	сеть Интернет; свободный доступ
дополнительная	Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках Верхнекамского калийного месторождения. Москва : Недра, 1992. 468 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/rd/RUPNRPUelib6135">https://elib.pstu.ru/rd/RUPNRPUelib6135</a>	сеть Интернет / авторизованный доступ
дополнительная	Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Комбинированная разработка рудных месторождений, М.: Горная книга, 2012	<a href="https://elib.pstu.ru/vufind/Record/lan66432">https://elib.pstu.ru/vufind/Record/lan66432</a>	сеть Интернет / авторизованный доступ
Дополнительная	База знаний горняка	<a href="http://basemine.ru">http://basemine.ru</a>	сеть Интернет / свободный доступ
Основная литература	Государственный рубрикатор научно-технической информации представляет собой универсальную иерархическую классификацию областей знания, принятую для систематизации всего потока научно-технической информации.	<a href="http://www.extech.ru/library/spravo/grnti/">http://www.extech.ru/library/spravo/grnti/</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Информационно-поисковая система Роспатента, Федерального института промышленной собственности. Обеспечивает поиск информации по изобретениям, полезным моделям и товарным знакам, зарегистрированным в России.	<a href="http://www.fips.ru">http://www.fips.ru</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Информационно-справочная система, описывающая универсальную десятичную классификацию (УДК). Ресурс содержит описание 126441 кода УДК.	<a href="http://teacode.com/online/udc/">http://teacode.com/online/udc/</a>	сеть Интернет; свободный доступ

#### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>

(eLIBRARY.RU)	
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>
Библиографическая и реферативная база данных международных индексов научного цитирования Web of Science	<a href="http://webofknowledge.com">http://webofknowledge.com</a>
Библиографическая и реферативная база данных международных индексов научного цитирования Scopus	<a href="https://www.scopus.com/home.uri">https://www.scopus.com/home.uri</a>
Электронные ресурсы издательства Springer	<a href="https://www.springer.com/gp">https://www.springer.com/gp</a>
Национальная электронная библиотека (НЭБ)	<a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>
Центральная научная библиотека Уральского отделения Российской академии наук (ЦНБ УрО РАН)	<a href="http://cnb.uran.ru">http://cnb.uran.ru</a>
ГКБУ «Пермская государственная ордена «Знак Почета» краевая универсальная библиотека им. А.М. Горького»	<a href="http://gorkilib.ru.">http://gorkilib.ru.</a>
Единая база ГОСТов РФ "ГОСТ Эксперт"	<a href="http://gostexpert.ru/">http://gostexpert.ru/</a>

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.
1	Программный комплекс – операционная система Microsoft Windows (№ договора 7149 от 12.10.2007) Лицензия 42615552 Программный комплекс – Microsoft Office (№ договора 7201 от 15.10.2007) Лицензия 42661567
2	FLAG 7,0; PFC2D 4,0; FLAG 3D 5,0 с модулями C++ Plug-Inи Greep Option – договор №3346/Б от 20.09.2013
3	Golden Software Surfer 11 11-20 User CD (per User) (G0901311A01)
4	Statistica Base for Windows v. 12 English/v. 10 Russian Academic
5	IBM SPSS Statistics Standard Campus Edition
6	ГИС Map Info Professional 11,5 для Windows (русская версия) для образовательных целей – договор №3341/Б от 23.09.2013
7	Неисключительное право на воспроизведение, ограниченное правом инсталляции и запуска ПО ANSYS Academic Teaching Mechanical (25 task) - договор № 1856-ПО/2016-ПФО от 02.12.2016.
8	Программный продукт – IsamGEO - договор №3517/Б
9	Программный продукт - 3DEC – Лицензия 215-007-0002-17517

## 7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	18	Оперативное управление	215
2	Установка ПИК-УИДК/ПЛ	1	Собственность	032/1
3	гидравлический испытательный пресс – 1 шт. универсальная испытательная машина Zwick z050 – 1 шт принтер LaserJet 1120 монитор Acer сист. Блок		Оперативное управление	Центр изучения свойств геоматериалов 614090, Пермский край, г. Пермь, ул. Комсомольский просп., д. 29, ауд. 107 к. Б
4	Акустический прибор для измерения скорости продольных волн- 1 шт электронные весы – 1 шт прибор для измерения пористости -1 шт прибор для измерения электросопротивления – 1 шт		Оперативное управление	Лаборатория физики горных пород. 614090, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., д. 29, ауд. 113 к. Б
5	AMD Atlon	1	Оперативное управление	Лаборатория геоинформационных технологий и математического моделирования, 614090, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., д.29, корпус Б, ауд.211
6	Взрывные и контрольно-измерительные приборы; Муляжи огнепроводного и детонирующего шнуров; Муляжи электродетоната ров и средств зажигания огнепроводного шнура; Комплект СИНВ Стенд для исследования характеристик электро детонаторов		Оперативное управление	Лаборатория разрушения горных пород, 614090, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., д.29,корпус Б, ауд.108

7	<p>Прибор для определения электрических свойств горных пород «Резистивиметр – 2000» Многоканальный измерительный комплекс МСВесы лабораторные электронные АЖ – 620 СЕПрибор для определения пористости горных пород «Экспресспор – 2000»</p> <p>Научно-учебный измерительный комплекс для изучения гравитационного поля и выявления плотностных неоднородностей в массиве горных пород</p> <p>Научно-учебный измерительный комплекс для мониторинга за деформациями приконтурной части массива горных пород в выработках, обнаружения деформаций стволов шахт, смещения пород на оползневых участках</p>		Оперативное управление	Лаборатория физики горных пород, 614090, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., д.29, ауд.113
8	<p>Газовый пермеаметр-порозиметр ULTRA-POROPERM–500 для автоматизированного определения проницаемости и пористости керна</p> <p>Научно-учебная станция газогеохимического контроля для глубинного (до 1500 м) мониторинга за процессами дегазации породного массива и утечками из подземных резервуаров</p>		Оперативное управление	Лаборатория научно-исследовательской работы студентов, 614090, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., д.29, корпус Б, ауд.207
9	<p>Мультимедиа комплекс на 15 мест в составе: персональный компьютер, принтер HP LaserJet 1010 формат А4, Сканер Bear Paw 1200 CU формат А4, проектор BenQ, экран настенный доска учебная, Тепловизор – 1 шт;</p> <p>Микроанометр – 1 шт;</p> <p>Аналитические весы – 1 шт;</p> <p>Электроаспиратор – 1 шт;</p> <p>Анемометр АПР-2 – 1 шт;</p> <p>Цифровой барометр DPI-740 – 1 шт;</p> <p>Газоанализатор химический – 1 шт;</p> <p>Доплеровский анемометр – 1 шт;</p> <p>Лазерная рулетка – 1 шт</p>		Оперативное управление	Компьютерный класс и лаборатория аэрологии и безопасности горных работ 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., д.29, ауд. 110 к. Б

## 8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является кандидатский экзамен, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

#### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

**Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче экзамена:**

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на экзамене

Оценка	Критерии оценивания
5	Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов. Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.
4	Аспирант продемонстрировал сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал недостаточно уверенные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов. Аспирант выполнил контрольное задание билета с небольшими неточностями. Показал в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.
3	Аспирант продемонстрировал неполные знания при ответе на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал неуверенные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей. Аспирант выполнил контрольное задание билета с существенными неточностями. Показал в целом успешное, но не систематическое <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.
2	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично усвоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении

Оценка	Критерии оценивания
	профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

### 9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

### 10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика». разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

#### Типовые творческие задания:

1. Составить модель механизма разрушения твердых тел.
2. Составить модель для выявления структурных уровней прочности массива горных пород для конкретного месторождения.
3. Выявить закономерности процесса разрушения горных пород взрывом для конкретных условий.
4. Составить модель для формирования поля напряжений и энергозатрат при разрушении горных пород взрывом.
5. Снижение способности пород, прилегающих к выработке, к накоплению потенциальной энергии.
6. Сущность регионального метода прогнозирования газодинамических явлений.
7. Прогнозирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород на основе использования физического и математического моделирования.
8. Распределение напряжений вокруг подготовительных и очистных выработок.
9. Шахтные вентиляционные сети, последовательное, параллельное, диагональное соединения выработок, методы расчета вентиляционных сетей и систем проветривания горных выработок.
10. Ламинарное течение газа по трубам. Турбулентное течение газа по горным выработкам.

#### Типовые контрольные задания:

1. Выполнить анализ геомеханических процессов вокруг капитальных горных выработок.
2. Что называется системой трещин? Как она влияет на прочностные свойства массива?
3. Выполнить расчет устойчивости обнажения в очистной выработке.
4. Выполнить расчет величин сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности.

5. Обосновать последовательность действий лица технического надзора (горного мастера) при появлении в забое выработки предвестников газодинамического явления.
6. Осуществить прогноз возможности проявления горных ударов в процессе отработки полезного ископаемого в скальных породах. Определить критическую глубину. Заданы: коэффициент концентрации напряжений вокруг выработок, объемный вес вышележащих пород, прочность вмещающих пород. Поле напряжений в рассматриваемом массиве относится к гравитационному типу.
7. Осуществить анализ данных, полученных при измерении статического давления, с целью определения депрессии участка вентиляционной сети.
8. Разработать схему проветривания добычного участка для заданных условий.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедрах «МДГиГИС» и «РМПИ».

Пример типовой формы экзаменационного билета

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

«Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

**Программа**

Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

**Кафедра**

Маркшейдерское дело, геодезия и геоинформационные системы..

Разработка месторождений полезных ископаемых

**БИЛЕТ № 1**

1. Почему различают понятия «свойства горных пород» и «свойства массива горных пород»?
2. Методы изучения деформирования горных пород под влиянием горных работ.
3. Построить диаграмму напряжения Мора.
4. Выполнить расчет несущей способности конструктивных элементов.

Заведующий кафедрой МГГиГИС \_\_\_\_\_

(подпись)

Кашников Ю.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ г.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

«Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

**Программа**

Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

**Кафедра**

Маркшейдерское дело, геодезия и геоинформационные системы..

Разработка месторождений полезных ископаемых

**БИЛЕТ № 2**

1. Распределение напряжений вокруг подготовительных и очистных выработок.
2. Ламинарное течение газа по трубам. Турбулентное течение газа по горным выработкам.
3. Обосновать последовательность действий лица технического надзора (горного мастера) при появлении в забое выработки предвестников газодинамического явления.

Заведующий кафедрой РМПИ \_\_\_\_\_

(подпись)

Андрейко С.С.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ г.

**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		