

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра горного дела

**УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ
ГОРНОГО МАССИВА**

*Методические указания и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения специальности 130404
«Подземная разработка месторождений полезных ископаемых»*

Апатиты
2007

УДК 622.274

ББК 33.15

У 66

Составитель – Эдуард Варужанович Каспарьян, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник Горного института КНЦ РАН, профессор кафедры горного дела Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой 6 октября 2003 г., протокол № 2

Рецензент – В.В. Рыбин, канд. техн. наук, доцент кафедры горного дела Мурманского государственного технического университета

Редактор Е.В. Попова

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО–МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.....	5
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	6
СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА И УКАЗАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ.....	29
ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	33

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания и контрольные задания по дисциплине “Управление состоянием горного массива” составлены в соответствии с типовой и рабочей программами дисциплины “Управление состоянием горного массива” для специальности 130404 “Подземная разработка месторождений полезных ископаемых”.

Настоящие методические указания включают контрольные задания по дисциплине “Управление состоянием горного массива” и список рекомендуемой литературы.

Цель дисциплины – сформировать у студентов знание основных методов управления состоянием массива горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых и подземном строительстве.

Задачи дисциплины – ознакомить студентов с современными подходами к выбору и обоснованию методов управления геомеханическими процессами при использовании различных систем разработки месторождений полезных ископаемых и подземном строительстве.

Приобретенные знания должны использоваться при изучении других специальных дисциплин, а также при курсовом и дипломном проектировании.

Курс “Управление состоянием горного массива” включает чтение лекций, самостоятельную работу студентов, выполнение контрольной работы – написание реферата.

По окончании изучения курса сдается экзамен.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование темы	Количество часов по плану заочного обучения		
		лекций	индивидуальных работ	самостоятельной работы
1	Введение	1	1	-
2	Факторы, определяющие формы проявления геомеханических процессов	1	1	5
3	Управление геомеханическими процессами при проведении капитальных выработок и строительстве подземных сооружений	1	2	5
4	Особенности напряженно-деформированного состояния массива пород вокруг очистных выработок	1	1	5
5	Управление геомеханическими процессами при системах с естественным поддержанием выработанного пространства	1	2	5
6	Управление геомеханическими процессами при системах с искусственным поддержанием выработанного пространства: с закладкой выработанного пространства	1	2	5
7	Управление геомеханическими процессами при системах с искусственным поддержанием выработанного пространства: с магазинированием полезного ископаемого и креплением очистного пространства	1	1	5
8	Управление геомеханическими процессами при системах с обрушением полезного ископаемого и вмещающих пород.	1	2	5
9	Управление геомеханическими процессами при подработке водных объектов	1	2	5
10	Управление геомеханическими процессами при комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых	1	2	5
11	Управление геомеханическими процессами в условиях динамических проявлений горного давления	1	1	5
12	Меры охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ	1	1	5
Итого по курсу		12	18	55

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Галаев, Н.З. Управление состоянием массива горных пород при подземной разработке рудных месторождений : учебник для вузов / Н.З. Галаев. – М. : Недра, 1990. – 176 с.
2. Казикаев, Д.М. Геомеханика подземной разработки руд : учебник для вузов / Д.М. Казикаев. – М. : Изд-во МГГУ, 2005. – 542 с.
3. Каспарьян, Э.В. Геомеханика : метод. пособие / Э.В. Каспарьян, А.А. Козырев, М.А. Иофис, А.Б. Макаров. – М. : Высшая школа, 2006. – 503 с.
4. Проскуряков, Н.М. Управление состоянием массива горных пород : учебник для вузов / Н.М. Проскуряков. – М. : Недра, 1991. – 368 с.
5. Турчанинов, И.А. Основы механики горных пород / И.А. Турчанинов, М.А. Иофис, Э.В. Каспарьян. – Л. : Недра, 1989. – 488 с.

Дополнительная

6. Баклашов, И.В. Механические процессы в породных массивах : учебник для вузов / И.В. Баклашов, Б.А. Картозия. – М. : Недра, 1986. – 372 с.
7. Борисов, А.А. Основы геомеханики горных массивов / А.А. Борисов. – Л. : Изд-во ЛГИ, 1989. – 93 с.
8. Бронников, Д.М. Разработка руд на больших глубинах / Д.М. Бронников, Н.Ф. Замесов, Г.И. Богданов. – М. : Недра, 1982. – 292 с.
9. Булычев, Н.С. Механика подземных сооружений / Н.С. Булычев. – М. : Недра, 1994. – 382 с.
10. Влох, Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках / Н.П. Влох. – М. : Недра, 1994. – 208 с.
11. Зорин, А.Н. Управление динамическими проявлениями горного давления / А.Н. Зорин. – М. : Недра, 1978. – 175 с.
12. Инструкция по креплению горных выработок на рудниках Открытого Акционерного Общества «Апатит». – Апатиты–Кировск : Изд-во КНЦ РАН, 2003. – 73 с.
13. Казикаев, Д.М. Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке руд / Д.М. Казикаев. – М. : Недра, 1981. – 120 с.

14. Казикаев, Д.М. Разработка рудных месторождений под водными объектами / Д.М. Казикаев, Ю.С. Осипенко. – М. : Недра, 1989. – 145 с.
15. Каспарьян, Э.В. Устойчивость горных выработок в скальных породах / Э.В. Каспарьян. – Л. : Наука, 1985. – 183 с.
16. Кузьмин, Е.В. Упрочнение горных пород при подземной добыче руд / Е.В. Кузьмин. – М. : Недра, 1991. – 253 с.
17. Максимов, А.П. Горное давление и крепь выработок / А.П. Максимов. – М. : Недра, 1982. – 288 с.
18. Орлов, Г.В. Сдвигение горных пород и земной поверхности под влиянием подземной разработки : учеб. пособие / Г.В. Орлов, М.А. Иофис. – М. : Изд-во МГИ, 1990. – 116 с.
19. Петухов, И.М. Механика горных ударов и выбросов / И.М. Петухов, А.М. Линьков. – М, Недра, 1983. – 280 с.
20. Петухов, И.М. Предотвращение горных ударов на рудниках / И.М. Петухов, П.В. Егоров, Б.Ш. Винокур. – М. : Недра, 1984. – 230 с.
21. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам (Хибинские апатито-нефелиновые месторождения) (Открытое акционерное общество «Апатит»). – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2002. – 98 с.
22. Указания по управлению обрушением покрывающих пород, охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудниках ОАО «Апатит». – Апатиты–Кировск : Изд-во КНЦ РАН, 2000. – 45 с.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Введение

Содержание курса и его связь со смежными дисциплинами. Основные понятия и определения. Взаимосвязь геомеханических процессов, протекающих в массивах пород, методов ведения горных работ и естественного геомеханического состояния массива. Анализ современных подходов к вопросам управления состоянием массива пород и перспективные направления их решения с целью повышения эффективности и безопасности ведения подземных горных работ и сокращения их негативных воздействий на окружающую среду.

Методические указания

Дисциплина «Управление состоянием горного массива» является практическим приложением к курсу «Геомеханика» и направлена на ознакомление студентов с подходами и методами решения практических задач геомеханики, с которыми сталкиваются горняки в своей повседневной деятельности.

При этом под *управлением состоянием массива горных пород* необходимо понимать управление геомеханическими процессами в массиве, т. е. целенаправленное регулирование характера и параметров геомеханических процессов с целью повышения безопасности горных работ и их эффективности.

Регулируя развитие геомеханических процессов в массиве пород, стремятся достичь такого положения, чтобы процессы развивались в желательном безопасном направлении и их параметры находились в пределах заранее установленных величин.

Необходимо обратить внимание, что при управлении геомеханическими процессами не всегда стремятся уменьшить величины действующих напряжений, иногда специально их увеличивают.

Управление состоянием массива пород необходимо осуществлять на всех стадиях освоения месторождений полезных ископаемых или подземного строительства, при этом наиболее эффективными методами управления геомеханическими процессами в массиве пород являются *методы целенаправленного выбора технологических процессов* разработки месторождений и подземного строительства.

Литература: [1], [3], [5].

Вопросы для самопроверки

1. Определение геомеханики как науки.
2. Каковы основные процессы, изучаемые геомеханикой?
3. Что понимают под управлением состоянием массива пород?
4. Как осуществляется управление состоянием массива пород на различных стадиях освоения месторождений или подземного строительства: на стадиях составления проекта, эксплуатации и ликвидации или вывода из эксплуатации объектов?

5. В чем проявляется взаимосвязь геомеханических процессов, методов ведения горных работ и естественного геомеханического состояния массива?

6. Каковы основные способы управления состоянием массива горных пород?

Тема 2. Факторы, определяющие формы проявления геомеханических процессов

Состав, строение и физические свойства горных пород. Структурные особенности массивов горных пород. Естественное напряженное состояние массивов пород.

Методические указания

Геомеханическое состояние массивов определяется тремя составляющими: свойствами слагающих массив горных пород; структурными особенностями; напряженным состоянием.

Необходимо обратить внимание на классификацию свойств пород и структурных неоднородностей.

В результате широкого распространения разномасштабных структурных неоднородностей массивы пород имеют ярко выраженную иерархически-блочную структуру, которая обуславливает закономерности деформирования и разрушения пород в зависимости от размеров деформирующихся объектов.

По современным представлениям напряженное состояние любых массивов пород в общем случае обусловлено действием двух независимых полей – гравитационного и тектонического. Гравитационное поле неотделимо от материальных тел и действует повсеместно, тектонические поля проявляются в 60 % случаев для массивов, представленных магматическими породами и в 20 % – для массивов осадочных пород.

Литература: [3], [5], [15].

Вопросы для самопроверки

1. Какими основными составляющими определяется состояние массива горных пород в общем случае?

2. Классификация горных пород по характеру связей между слагающими их частицами.
3. Классификация физических свойств горных пород по характеру взаимодействия с внешними полями.
4. Классификация структурных неоднородностей массивов горных пород.
5. Что такое масштабный эффект и как он проявляется при испытаниях горных пород?
6. Что такое коэффициент структурного ослабления, каковы его значения для различных свойств массивов горных пород?
7. Дайте определение «структурного блока» и «структурной неоднородности».
8. Что такое «эффективная структурная неоднородность»?
9. Что такое «интегральный» и «дифференциальный» пути определения свойств неоднородных сред?
10. Современные представления о естественном напряженном состоянии массивов горных пород.
11. Что такое «коэффициент бокового распора»?

Тема 3. Управление геомеханическими процессами при проведении капитальных выработок и строительстве подземных сооружений

Типы проявлений горного давления в капитальных и подготовительных выработках. Задачи управления горным давлением и основные принципы обеспечения устойчивости горных выработок. Закономерности изменения напряженного состояния приконтурного массива выработок при их различных положениях в пространстве относительно поля напряжений в массиве пород и преобладающих структурных неоднородностей. Выбор и обоснование оптимальных форм и размеров поперечных сечений, рациональной ориентации выработок. Целенаправленное изменение свойств окружающего массива. Основные типы крепи горных выработок и методы их расчета. Основные типы крепи подземных сооружений.

Методические указания

Управление состоянием массива пород вокруг капитальных выработок и подземных сооружений заключается в разработке мероприятий по

регулированию напряженно-деформированного состояния приконтурного массива в целях обеспечения безопасной эксплуатации и создания необходимых условий ведения горных работ.

Поскольку виды проявлений горного давления в капитальных и подготовительных выработках определяются *соотношением величин действующих напряжений и деформационных характеристик окружающего массива пород*, мероприятия по управлению горным давлением должны быть направлены:

- на снижение действующих напряжений в массиве;
- на повышение деформационной способности и прочностных характеристик приконтурной части массива.

По первому направлению снижение величин действующих напряжений достигается:

- 1) исключением или, по мере возможности, снижением опасности возникновения высоких концентраций напряжений в приконтурных областях массива;
- 2) приданием выработкам наиболее устойчивых форм поперечных сечений в соответствии с видом и параметрами напряженного состояния массива пород и его структурными особенностями;
- 3) выбором оптимальной ориентации сечений вертикальных выработок или направлений горизонтальных выработок в пространстве конкретного массива пород.

Второе направление реализуется путем:

- 1) искусственного упрочнения пород вокруг выработок;
- 2) проведения мероприятий, направленных на максимальное использование несущей способности пород;
- 3) предотвращения изменения свойств пород приконтурного массива под влиянием агентов выветривания.
- 4) возведения в выработках несущей крепи.

Особое внимание следует обратить на общие принципы расчета отдельных видов крепи.

Литература: [9], [12], [16], [17].

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные типы проявлений горного давления в капитальных и подготовительных выработках, чем они определяются?

2. Что следует понимать под управлением состояния приконтурного массива пород?

3. Что лежит в основе мероприятий по управлению геомеханическими процессами в приконтурном массиве пород?

4. Основные закономерности распределения напряжений вокруг одиночных выработок при различных типах естественного напряженного состояния массива горных пород.

5. Мероприятия, направленные на снижение величин напряжений в приконтурном массиве пород.

6. Выбор оптимальных форм и размеров поперечных сечений выработок.

7. Выбор оптимальной ориентации осей выработок в пространстве конкретного массива пород.

8. Мероприятия по целенаправленному изменению свойств приконтурного массива.

9. Режимы взаимодействия крепи и приконтурного массива пород.

10. Основные типы крепи, применяемые для крепления капитальных и подготовительных горных выработок.

11. Основные принципы расчета крепи горных выработок.

12. Методы расчета деревянной крепи.

13. Методы расчета бетонной и железобетонной крепи.

14. Методы расчета набрызгбетонной крепи.

15. Методы расчета штанговой крепи.

16. Основные типы крепи подземных сооружений.

Тема 4. Особенности напряженно-деформированного состояния массива пород вокруг очистных выработок

Характерные типы проявлений горного давления в очистных выработках. Напряженно-деформированное состояние массива пород вокруг очистной выработки. Зоны опорного давления и разгрузки. Взаимное влияние очистных выработок при разработке обособленных и сближенных пластов и рудных тел. Основные принципы выбора способа управления горным давлением при ведении очистных работ. Классификация применяемых систем разработки месторождений твердых полезных ископаемых.

Методические указания

По сравнению с капитальными выработками очистные выработки обладают особенностями (большие размеры поперечных сечений, непрерывное движение забоя и большая интенсивность воздействия технологических процессов (взрывных работ), существенно меньшее время эксплуатации), которые определяют специфические проявления горного давления в них. В процесс деформирования пород вокруг очистных выработок вовлекается большее количество структурных неоднородностей низших порядков (крупноблоковой трещиноватости, геологических нарушений и пр.). Вследствие этого достаточно часто реализуются такие виды деформирования массива, как *пластическое течение, вязкое деформирование и разрушение*.

В очистных выработках часто поддерживают не всю отработанную площадь, а лишь рабочую зону в непосредственной близости от забоя, ограничено применяя мощные жесткие виды крепи.

Для управления состоянием массива в очистных выработках применяют:

- методы естественного поддержания выработанного пространства;
- методы искусственного поддержания путем магазинирования полезного ископаемого, закладки или крепления выработанного пространства;
- методы обрушения полезного ископаемого и (или) вмещающих пород.

Литература: [1], [2], [7], [10].

Вопросы для самопроверки

1. Особенности геомеханического состояния очистных выработок в сравнении с капитальными и подготовительными выработками.
2. Типы проявлений горного давления в очистных выработках.
3. Специфика методов управления геомеханическими процессами в массивах пород вокруг очистных выработок.
4. Напряженно-деформированное состояние пород вокруг очистных выработок. Зоны разгрузки и опорного давления.
5. Взаимное влияние очистных выработок при отработке обособленных и сближенных пластов и рудных тел.

6. Основные принципы выбора способа управления горным давлением при ведении очистных работ.

7. Классификация применяемых систем разработки месторождений твердых полезных ископаемых исходя из геомеханических факторов.

8. Что такое лимитирующий элемент?

Тема 5. Управление геомеханическими процессами при системах с естественным поддержанием выработанного пространства

Общие замечания. Определение размеров допустимых обнажений кровли очистного пространства. Поддержание выработанного пространства целиками. Форма целиков. Несущая способность целиков в условиях их упругого деформирования и хрупкого разрушения. Несущая способность целиков при их склонности к неупругому деформированию. Особенности нагружения и разрушения целиков на наклонных залежах. Учет динамических воздействий взрывных работ при определении оптимальных параметров очистных выработок и целиков. Погашение целиков и ликвидация пустот. Правила безопасного ведения работ при системах разработки с открытым очистным пространством.

Методические указания

Управление геомеханическими процессами при системах разработки с естественным поддержанием выработанного пространства осуществляется *поддержанием открытого выработанного пространства и налегающей толщи (часть, до поверхности) целиками, оставляемыми в выработанном пространстве на длительный срок.*

Основные расчетные параметры – параметры очистных камер, сетка оставления целиков, размеры целиков (ширина или диаметр) – должны обеспечить:

- устойчивость всех элементов системы разработки, в частности, очистных камер и целиков;
- безопасность ведения горных работ в открытом выработанном пространстве;
- условия для эффективного применения высокопроизводительного (самоходного) оборудования;
- минимальные значения потерь и разубоживания руды.

При изучении данной темы необходимо обратить внимание на принципы определения устойчивых параметров камер с учетом иерархически-блочного строения вмещающего массива, а также на методы расчета устойчивых параметров целиков при условии упругого и неупругого их деформирования и с учетом технологических воздействий.

Литература: [1], [3], [5], [15].

Вопросы для самопроверки

1. Как осуществляется управление геомеханическими процессами при системах разработки с естественным (открытым) очистным пространством?
2. Что является «лимитирующим элементом» при системах разработки с открытым очистным пространством?
3. Основные расчетные параметры, используемые для управления геомеханическими процессами при системах разработки с открытым очистным пространством.
4. Определение предельных размеров обнажений пород в очистных выработках по методу В.Д. Слесарева.
5. Определение предельных размеров обнажений пород в очистных выработках с учетом иерархически-блочной структуры массива пород.
6. Определение предельных размеров обнажений пород в очистных выработках по результатам производственных экспериментов.
7. Основные режимы работы целиков, оставляемых в очистных выработках при системах разработки с открытым очистным пространством.
8. Расчет параметров целиков, работающих в режиме заданной нагрузки.
9. Расчет параметров целиков, работающих в режиме заданной деформации.
10. Определение параметров целиков в условиях неупругого деформирования массива пород.
11. Особенности расчета параметров целиков в условиях наклонного залегания пластов или рудных тел.
12. Как учитываются динамические воздействия взрывных работ при определении оптимальных параметров очистных выработок и целиков?

Тема 6. Управление геомеханическими процессами при системах с искусственным поддержанием выработанного пространства: с закладкой выработанного пространства

Общие сведения. Типы, виды и назначение закладки. Особенности развития геомеханических процессов при закладке очистных камер сухой или гидравлической закладкой. Особенности развития геомеханических процессов при закладке камер твердеющей закладкой. Нормативная прочность закладочного материала. Создание искусственных массивов из твердеющих смесей. Влияние взрывных работ на искусственный массив. Правила безопасного ведения работ при системах разработки с закладкой.

Методические указания

Управление геомеханическими процессами при использовании несвязной (сухой или гидравлической) породной закладки осуществляется путем *учета влияния закладки камер на состояние междукammerных целиков и регулированием взаимодействия закладки с массивом пород целиков.*

Принципиально возможны две различных схемы взаимодействия массивов пород междукammerного целика и закладки:

- целик находится между заложённой и незаложенной (пустой) камерами, т. е. под односторонним боковым давлением;
- целик с обеих сторон граничит с заложёнными камерами.

В первом случае междукammerный целик испытывает одностороннее боковое давление и подвергается дополнительным изгибающим усилиям, что отрицательно влияет на его устойчивость.

Во втором случае наблюдается эффект возрастания (и достаточно резкого) сопротивления разрушению горных пород по мере перехода от одноосного напряженного состояния к двухосному и далее к объемному состоянию.

В случае применения твердеющей закладки управление геомеханическими процессами заключается *в определении оптимальных параметров искусственных целиков или закладочных массивов (геометрических и прочностных свойств, а также состава).*

Основным расчетным параметром твердеющей закладки является нормативная прочность закладочного материала, т.е. прочность закладочного массива, при которой обеспечивается безопасное проведение работ в принятые проектом сроки. Величина нормативной прочности (временное

сопротивление материала закладки на одноосное сжатие) выбирается в зависимости от горно-геологических условий, принимаемого варианта системы разработки и порядка выемки.

Литература: [1], [2], [6], [8], [10].

Вопросы для самопроверки

1. Типы и виды применяемой закладки, назначение, условия применения.
2. Как осуществляется управление геомеханическими процессами при системах разработки с закладкой очистного пространства?
3. Что является лимитирующим элементом при системах с закладкой очистного пространства?
4. Основные расчетные параметры, используемые для управления геомеханическими процессами при системах разработки с закладкой.
5. Особенности развития геомеханических процессов при закладке камер сухой или гидравлической закладкой.
6. Особенности развития геомеханических процессов при закладке камер твердеющей закладкой.
7. Что такое нормативная прочность закладочного материала, как она определяется?
8. Основы технологии создания искусственных массивов из твердеющих смесей.
9. Как учитывается влияние взрывных работ на искусственные массивы и целики?

Тема 7. Управление геомеханическими процессами при системах с искусственным поддержанием выработанного пространства: с магазинированием полезного ископаемого и креплением очистного пространства

Общие сведения. Особенности развития геомеханических процессов при системах разработки с магазинированием полезного ископаемого. Особенности развития геомеханических процессов при системах с креплением выработанного пространства. Правила безопасного ведения работ при системах разработки с магазинированием полезного ископаемого и креплением очистного пространства.

Методические указания

Управление геомеханическими процессами при системах с магазинированием полезного ископаемого заключается *в выборе устойчивых параметров целиков, восстающих и выпускных выработок блоков сообразно величинам нагрузок, обусловленных магазинированным полезным ископаемым.*

Мелкокусковой материал магазина можно рассматривать как сыпучую среду, не имеющую сцепления, но обладающую трением. В крупнокусковом и уплотнившемся материале, кроме трения, наблюдается зацепление между отдельными глыбами.

Для определения давления магазинированного полезного ископаемого на стенки выработанного пространства и крепь откаточных штреков и восстающих пользуются расчетными методами статики сыпучих сред. При этом вертикальная составляющая давления равняется весу магазинированных пород, а горизонтальная составляющая – величине бокового распора, которая зависит от величины угла внутреннего трения φ . В свою очередь величина φ изменяется в зависимости от гранулометрического состава, увлажнения и уплотнения сыпучего материала.

Необходимо обратить внимание, что уплотнение магазинированного полезного ископаемого может возрастать за счет смещения боковых пород. Величина таких деформаций пропорциональна увеличению пролетов обнажения и времени отработки блоков. Наибольшие величины смещений висячего бока наблюдаются в средней части магазина, а также в местах нарушений и расслоений. В результате конвергенции (сближения) стенок выработанного пространства происходит зажатие отбитой руды в магазине, вследствие чего ее выпуск становится затруднительным и опасным, а иногда – невозможным.

Геомеханические процессы при всех системах разработки с креплением очистного пространства развиваются идентично.

Управление состоянием горного массива при системах разработки с креплением очистного пространства осуществляется путем расчета параметров крепи, обеспечивающих необходимую устойчивость окружающих пород, безопасность людей и эффективность ведения горных работ.

Литература: [1], [2], [4], [8], [17].

Вопросы для самопроверки

1. Условия применения полного магазинирования для поддержания выработанного пространства.
2. Что представляют собой системы с частичным магазинированием, при каких условиях они применяются?
3. При каких условиях применяются системы разработки с креплением очистного пространства?
4. Как осуществляется управление геомеханическими процессами при системах разработки с магазинированием полезного ископаемого и креплением очистного пространства?
5. Что является лимитирующим элементом при системах разработки с магазинированием полезного ископаемого и креплением очистного пространства?
6. Основные расчетные параметры, используемые для управления геомеханическими процессами при системах разработки с магазинированием полезного ископаемого и креплением очистного пространства.
7. Особенности развития геомеханических процессов при системах разработки с магазинированием полезного ископаемого.
8. Особенности развития геомеханических процессов при системах разработки с креплением выработанного пространства.
9. Виды крепи, применяемой для крепления очистных забоев.
10. Методы расчета деревянной крепи очистных забоев.

Тема 8. Управление геомеханическими процессами при системах с обрушением полезного ископаемого и вмещающих пород

Общие сведения. Факторы, определяющие характер сдвижения и обрушения пород. Условия устойчивого состояния земной поверхности при разработке месторождений. Закономерности сдвижения горных пород. Основные закономерности процессов обрушения пород. Параметры обрушения пород. Взаимосвязь обрушения пород с опорным давлением. Методы снижения опорного давления. Расчет толщины предохранительной подушки для защиты выработок от воздушного удара. Расчет возможных объемов обруше-

ния пород. Правила безопасного ведения работ при системах разработки с обрушением.

Методические указания

Управление геомеханическими процессами при системах разработки с обрушением вмещающих пород заключается в *целенаправленном регулировании параметров систем разработки, в частности, величин деформаций поверхности, последовательности и шага обрушения пород, величины опорного давления на краевую часть массива др.*

Основными расчетными параметрами при этом являются шаг обрушения и объем обрушаемых пород, мощность предохранительной рудопородной подушки, величина опорного давления.

Величина шага обрушения зависит от воздействия многих факторов, из которых наиболее существенными являются свойства массива и величины сил подпора со стороны ранее обрушившихся пород.

При применении систем разработки с массовым обрушением во избежание динамических воздействий обрушающихся пород, в том числе воздушных ударов, действующие выработки в отрабатываемом этаже или подэтаже не должны иметь прямого контакта с незаполненным выработанным пространством и должны быть защищены предохранительной подушкой из раздробленной горной массы.

Минимальная необходимая толщина предохранительной подушки определяется, главным образом, из условия: перепад давления воздуха в действующих выработках при массовом обрушении покрывающих пород не должен превышать 0,02 МПа.

Между обрушением налегающих пород, величиной и распределением опорного давления существует тесная взаимосвязь, поэтому *управление геомеханическими процессами в данном случае состоит в выборе таких параметров отрабатываемых блоков руды, при которых обрушение зависящих пород наступало бы прежде, чем возникнут опасные деформации рудного массива.* Для снижения опорного давления, обеспечения безопасного и эффективного проведения горных работ необходимо постоянное и планомерное обрушение подрабатываемых пород по мере продвижения фронта очистных работ.

Литература: [1], [2], [18], [22].

Вопросы для самопроверки

1. Условия применения систем разработки с обрушением полезного ископаемого и вмещающих пород.
2. Как осуществляется управление геомеханическими процессами при системах разработки с обрушением полезного ископаемого и вмещающих пород?
3. Что является лимитирующим элементом при системах разработки с обрушением полезного ископаемого и вмещающих пород?
4. Основные расчетные параметры, используемые для управления геомеханическими процессами при системах разработки с обрушением полезного ископаемого и вмещающих пород.
5. Какие основные факторы определяют характер сдвижения и обрушения пород?
6. При каких условиях будет сохраняться устойчивость пород на земной поверхности?
7. Основные закономерности и параметры сдвижения пород земной поверхности.
8. Основные закономерности развития процессов обрушения налегающей толщи пород. Параметры обрушения пород.
9. Взаимосвязь обрушения пород с опорным давлением.
10. Как можно снижать опорное и давление и предотвращать его негативное воздействие на горные выработки?
11. Что такое воздушный удар, каковы условия его возникновения?
12. Меры защиты выработок от воздушных ударов.
13. Когда возникает необходимость выполнять расчет возможных объемов обрушения пород?

Тема 9. Управление геомеханическими процессами при подработке водных объектов

Классификация подрабатываемых водных объектов. Гидрогеомеханические явления при подработке водных объектов. Системы разработки месторождений полезных ископаемых, применяемые при подработке водных объектов. Мероприятия по предотвращению негативных последствий подработки водных объектов. Нагрузки и деформации, вызванные депрессионным уплотнением массива пород и меры защиты горных выработок. Защита

горных выработок от затопления. Правила безопасного ведения работ при угрозе прорывов воды, рассолов и газов в горные выработки.

Методические указания

Обратить особое внимание на классификацию водных подрабатываемых объектов по следующим признакам:

- вид воды в водном объекте;
- положение водного объекта относительно земной поверхности;
- характер распространения водного объекта.

В соответствии с видом воды все водные объекты подразделяются на три типа: *истинные*, *переходные* и *специфические*. Внутри каждого типа водные объекты по их расположению относительно земной поверхности делятся на два класса: *поверхностные* и *подземные*. Как поверхностные, так и подземные водные объекты по характеру распространения подразделяются на *площадные* и *линейные*.

При подработке истинных водных объектов возможны внезапные катастрофические прорывы воды в горные выработки, затопление участка горных работ или всей шахты, вторичное обводнение подготовленных к выемке или ранее осушенных запасов, повышение влажности добытого ископаемого сверх установленных нормативных значений и т. д.

Подработка переходных водных объектов может сопровождаться внезапным прорывом в горные выработки псевдоплавунных пород вместе с водой и интенсивным выносом размытых горных пород.

При подработке специфических водных объектов могут происходить внезапные прорывы в горные выработки пльвунов, увлажненных глин и песчано-глинистых пород.

В зависимости от типа, класса и вида водных объектов применяются различные системы разработки месторождений, тип и параметры которых определяются исходя из определенных соотношений между пространственным расположением водного объекта, геометрическими параметрами месторождения и параметрами зон геомеханического преобразования массива горных пород.

В зависимости от типа подрабатываемых водных объектов и сопровождающих подработку опасных горно-геологических явлений все горные предприятия разделяются на категории с точки зрения опасности:

- прорывов воды;

- прорывов воды с интенсивным выносом размытых горных пород;
- прорывов увлажненных песчано-глинистых грунтов.

В случае, когда основную опасность представляют прорывы воды, предохранительными мероприятиями могут служить: предварительное осушение водных объектов, создание противодиффузионных завес, устройство водопроницаемых перемычек в горных выработках, усиление общерудничной системы водоотлива. При этом в случаях осушения массива пород необходимо предусматривать защиту выработок и сооружений от развивающихся в массиве депрессионных деформаций.

При угрозах прорыва в выработки увлажненных или плавунных грунтов в качестве защитных мер могут применяться оставление рудопородных подушек или слоя обрушенных пород.

Литература: [2], [14].

Вопросы для самопроверки

1. Классификация подрабатываемых водных объектов.
2. Условия применения различных систем разработки при подработке водных объектов.
3. Типовые схемы подработки водных объектов.
4. Условия возникновения катастрофических прорывов воды, смеси воды с породами и пород.
5. Категории опасности рудников и шахт исходя из возможности прорывов воды, смеси воды с породами и пород в очистные выработки.
6. Методы расчета параметров водопритоков в горные выработки.
7. Мероприятия по предотвращению негативных последствий подработки водных объектов.
8. Методы определения нагрузок и деформаций, вызванных депрессионным уплотнением массива пород.
9. Меры защиты выработок от депрессионных деформаций массива и затопления.

Тема 10. Управление геомеханическими процессами при комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых

Классификация способов комбинированной разработки месторождений полезных ископаемых. Особенности геомеханических задач при комбинированной разработке месторождений. Устойчивость подработанных бортов и уступов карьеров. Особенности развития работ в карьере и руднике при комбинированной разработке месторождений. Особенности напряженно-деформированного состояния опорных и потолочных целиков в зоне влияния карьера. Погашение подземных пустот в бортах и под дном карьера.

Методические указания

Комбинированная (открыто-подземная) разработка – самостоятельный способ извлечения полезных ископаемых из недр. В основу выделения отдельных разновидностей комбинированной разработки положены принципы пространственного и временного сочетания открытых и подземных разработок в пределах одного месторождения. При этом основным признаком комбинированной разработки является проведение открытых и подземных горных работ в *зонах их взаимного геомеханического влияния*.

К комбинированным методам принципиально могут быть отнесены и способы повторной разработки месторождений.

При *комбинированной разработке* возникает ряд особых геомеханических задач. Специфика их обусловлена тем, что разработка проводится в массиве, свойства и состояние которого изменены в результате предыдущих горных работ.

Кроме того, возникает ряд дополнительных вопросов, связанных с обеспечением безопасности в условиях одновременного ведения работ в карьерах и подземном пространстве. Основными из них являются: условия формирования зон обрушения в результате проведения подземных работ в пределах действующего карьера, ведение открытых горных работ над пустотами, методы погашения пустот, образовавшихся в результате подземных горных работ, особенности напряженно-деформированного состояния опорных и потолочных целиков в зоне влияния карьера.

Литература: [2], [13].

Вопросы для самопроверки

1. Классификация способов комбинированной разработки месторождений полезных ископаемых.
2. Какие специфические геомеханические задачи возникают при комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых?
3. Особенности оценки устойчивости подработанных бортов и уступов карьеров.
4. Основные требования к направлению и порядку организации подземных работ при подработке откосов.
5. Особенности напряженно-деформированного состояния опорных и потолочных целиков в зоне влияния карьера.
6. Методы погашения подземных пустот в бортах и под дном карьера.

Тема 11. Управление геомеханическими процессами в условиях динамических проявлений горного давления

Общие сведения. Условия возникновения динамических проявлений горного давления и представления об их механизме. Прогноз и регистрация динамических проявлений горного давления. Методы прогноза удароопасности и выбросоопасности на различных стадиях освоения месторождений. Способы предупреждения горных ударов и внезапных выбросов пород и газа. Принципы ведения горных работ в условиях возможного проявления горных ударов и внезапных выбросов пород и газа.

Методические указания

С физической точки зрения все динамические проявления горного давления представляют собой лавинообразные процессы хрупкого разрушения (трещинообразования) пород в том или ином объеме массива.

Прогноз и предупреждение горных ударов и внезапных выбросов пород и газа в значительной степени базируются на одних и тех же принципах, поскольку эти явления близки по своей природе и определяются сочетанием повышенной напряженности массива горных пород и способностью пород массива накапливать и быстро выделять упругую энергию.

Основные направления решения этих проблем заключаются в следующем:

- определение степени напряженности массива пород и ее снижение, т. е. разгрузка соответствующих частей массива полезного ископаемого или пород от опасных напряжений;

- исследование свойств массива и направленное изменение механических характеристик (в первую очередь, с целью повышения способности к пластическим деформациям).

Кроме того, в целях предупреждения внезапных выбросов пород и газа, дополнительно исследуют газовый режим месторождений и производят дегазацию пластов, слоев и залежей.

Различают региональные меры предупреждения горных ударов и внезапных выбросов пород и газа, охватывающие обширные пространства разрабатываемых рудных тел или пластов, и локальные меры, относящиеся к отдельным горным выработкам.

К *региональным мерам* относятся: опережающая отработка защитных пластов (слоев, залежей); предварительная дегазация массива скважинами; профилактическое увлажнение или рыхление пласта перед забоями очистных выработок или на подготавливаемом горизонте.

Кроме этого, к профилактическим мероприятиям регионального масштаба относят применение соответствующих технологических схем и приемов ведения горных работ, при которых существенно снижается вероятность горных ударов и внезапных выбросов пород и газа.

Локальными мерами являются: бурение опережающих разгружающе-дегазирующих скважин из действующих выработок; обработка опасного массива нагнетанием воды в пласт под давлением в режиме гидрорыхления, гидроотжима и гидроразрыва; гидровывод полостей и щелей; взрывное рыхление, применение разгрузочных щелей и опережающей крепи.

Литература: [3], [5], [11], [19], [20], [21].

Вопросы для самопроверки

1. Что представляют собой динамические явления с физической точки зрения?

2. Виды горных ударов и внезапных выбросов пород и газа.

3. Условия возникновения горных ударов и внезапных выбросов пород и газа и общие представления об их механизме.

4. Как осуществляется прогноз и регистрация динамических проявлений горного давления?

5. Как подразделяются месторождения с точки зрения возможности динамических проявлений горного давления?

6. Прогноз видов динамических проявлений горного давления по месту их возникновения.

7. Прогноз видов динамических проявлений горного давления по времени их возникновения.

8. Какие предвестники горных ударов и выбросов пород и газа могут наблюдаться в горных выработках?

9. Какие меры предупреждения горных ударов и выбросов пород и газа применяются на региональном уровне?

10. Каковы локальные способы предупреждения горных ударов и выбросов пород и газа?

11. Основные принципы ведения горных работ в условиях возможного проявления горных ударов и выбросов пород и газа.

12. Как осуществляется вскрытие месторождений в условиях возможного проявления горных ударов и выбросов пород и газа?

13. Как осуществляется выбор системы разработки месторождений в условиях возможного проявления горных ударов и выбросов пород и газа?

14. Как осуществляется выемка целиков в условиях возможного проявления горных ударов и выбросов пород и газа?

15. Какие существуют меры защиты людей от горных ударов и выбросов пород и газа?

Тема 12. Меры охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ

Основные принципы выбора мер охраны. Профилактические меры охраны. Горнотехнические меры охраны. Методы ведения горных работ при подработке сооружений. Ведение горных работ при отработке свит пластов (жил). Предохранительные целики. Конструктивные меры защиты подрабатываемых сооружений.

Методические указания

Для защиты объектов и сооружений от негативного влияния подземных горных работ применяют различные меры охраны, которые можно

разделить на четыре группы: профилактические, горнотехнические, конструктивные и комплексные.

Профилактические меры охраны имеют основным назначением предотвращение или снижение негативных последствий горных работ и заключаются в оптимальном расположении различных объектов народного хозяйства относительно месторождений полезных ископаемых и будущих фронтов развития горных работ.

Горнотехнические меры охраны направлены на уменьшение деформаций земной поверхности и подрабатываемых объектов. Они включают в себя специальные методы ведения горных работ и оставление предохранительных целиков.

Конструктивные меры охраны имеют целью приспособить здания и сооружения к перенесению деформаций с минимальными последствиями.

Комплексными считаются любые сочетания перечисленных выше мер. Применение комплексных мер обычно сопровождается постоянным инструментальным и визуальным контролем.

Полную защиту сооружений (т. е. полное предотвращение деформаций) применяют относительно редко, так как она связана с большими материальными затратами, трудно осуществима и не всегда необходима. Наиболее распространенной является частичная защита, допускающая появление деформаций подрабатываемых объектов в пределах, которые не ведут к их разрушению, не влекут за собой прекращение эксплуатации объектов и не представляют опасности для людей в охраняемых зданиях и сооружениях. Последствия подработки при таком способе защиты сооружений обычно (при необходимости) устраняют послеосадочным ремонтом.

При выборе мер охраны подрабатываемых объектов проводят технико-экономический анализ возможных вариантов. В качестве базового обычно принимают вариант оставления предохранительных целиков, который является наиболее безопасным, но и наиболее дорогостоящим.

Литература: [3], [5], [18].

Вопросы для самопроверки

1. Основные принципы выбора мер охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ.
2. В чем заключаются профилактические меры охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ?
3. В чем заключаются горнотехнические меры охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ?
4. Как осуществляются горные работы при отработке свит пластов (жил), если необходимо минимизировать деформации земной поверхности?
5. Как выполняются горные работы при подработке водных объектов?
6. Как определяются оптимальные параметры предохранительных целиков?
7. В чем заключаются конструктивные меры охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА И УКАЗАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

Программа курса предусматривает написание студентом контрольной работы, которая выполняется в форме реферата.

Цель контрольной работы – закрепление знаний по изучаемому предмету и совершенствование навыков пользования учебной и специальной литературой.

Реферат должен представлять собой связное изложение указанной темы, включать необходимые таблицы и рисунки, а также библиографические ссылки. Объем работы 10–15 страниц.

Оформляется на стандартных листах бумаги с полями 20 мм с каждой стороны. Структурными элементами реферата являются:

- 1) титульный лист;
- 2) содержание (оглавление);
- 3) основная часть;
- 4) список использованных источников.

Титульный лист должен содержать: полное наименование университета, его филиала, факультета и кафедры, название дисциплины, по которой написана работа, академические звания, инициалы и фамилию преподавателя – научного руководителя студента, фамилию и инициалы студента, номер курса, группы, отделение, на котором учится студент, название

города, а также год написания работы. Образец оформления титульного листа реферата приведен в приложении.

Каждый студент выполняет один из семи вариантов тем рефератов. Выбор варианта определяется значением последней цифры номера зачетной книжки студента (см. таблицу):

Последняя цифра шифра	0	1-2	3-4	5-6	7	8	9
Номер-варианта	1	2	3	4	5	6	7

Темы рефератов

1. Управление геомеханическими процессами при проведении капитальных выработок и строительстве подземных сооружений.
2. Управление геомеханическими процессами при системах разработки с естественным поддержанием выработанного пространства.
3. Управление геомеханическими процессами при системах с закладкой выработанного пространства.
4. Управление геомеханическими процессами при системах с magazинированием руды и креплением очистного пространства.
5. Управление геомеханическими процессами при системах с обрушением руды и вмещающих пород.
6. Управление геомеханическими процессами при подработке водных объектов.
7. Управление геомеханическими процессами при комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых.

Примерный план реферата

1. Основные элементы технологии проведения горных работ.
 2. Особенности геомеханических процессов.
 3. Основные принципы управления геомеханическими процессами.
- Какие параметры геомеханических процессов целенаправленно изменяют?

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Основные методы управления состоянием массива пород при разработке месторождений полезных ископаемых.
2. Основные факторы, определяющие формы проявления геомеханических процессов.
3. Управление геомеханическими процессами при проведении капитальных выработок и строительстве подземных сооружений.
4. Управление геомеханическими процессами при системах с естественным поддержанием выработанного пространства.
5. Управление геомеханическими процессами при системах с закладкой выработанного пространства.
6. Управление геомеханическими процессами при системах с креплением выработанного пространства.
7. Управление геомеханическими процессами при системах с magazинированием полезного ископаемого в выработанном пространстве.
8. Управление геомеханическими процессами при системах с обрушением руды и вмещающих пород.
9. Управление геомеханическими процессами при подработке водных объектов.
10. Управление геомеханическими процессами при комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых.
11. Управление геомеханическими процессами в условиях динамических проявлений горного давления.
12. Меры охраны объектов и сооружений в зоне влияния горных работ.
13. Принципы выбора мер охраны объектов и сооружений от негативного влияния горных разработок.
14. Основные принципы ведения горных работ в условиях возможного проявления горных ударов и внезапных выбросов пород и газа.
15. Методы прогноза и предупреждения динамических проявлений горного давления.
16. Особенности геомеханических задач при комбинированной разработке месторождений.
17. Методы определения устойчивых обнажений кровли камер при системах с естественным поддержанием выработанного пространства.

18. Основные закономерности процессов обрушения пород и взаимосвязь обрушения пород и опорного давления.

19. Условия устойчивого состояния земной поверхности при разработке месторождений и основные закономерности сдвижения горных пород.

20. Особенности развития геомеханических процессов при системах разработки с креплением выработанного пространства.

21. Особенности развития геомеханических процессов при системах разработки с магазинированием полезного ископаемого в выработанном пространстве.

22. Особенности развития геомеханических процессов при закладке камер твердеющей закладкой.

23. Особенности развития геомеханических процессов при закладке камер несвязной закладкой.

24. Поддержание выработанного пространства целиками и определение их несущей способности в условиях упругого деформирования и хрупкого разрушения.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
“МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”
Апатитский филиал**

Кафедра горного дела

Контрольная работа

По дисциплине _____

Тема _____

Выполнил: _____
(шифр) (подпись) (Ф.И.О.)

Оценка: _____

Проверил: _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Дата: _____

Апатиты
2007