

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

к.т.н. Спожакин А.И. (ИФГП НАН Украины), инж. Бакаев О.В. (Донбасский государственный технический университет)

*У статті виконаний аналіз геофізичних методів і запропонований спосіб контролю напруженого стану гірського масиву заснований на реєстрації пасивного сейсмоакустичного та електромагнітного випромінювання, з подальшою обробкою одержаної інформації по спеціальному алгоритму.*

### DEFINITION OF AN INTENSE CONDITION OF A FILE OF MOUNTAIN DEVELOPMENT(MANUFACTURE)

Spozhakın A.I., Bakayev O.V.

*In article the analysis of geophysical methods is executed and the way of the control of an intense condition of a hills based on registration of passive seismo-acoustic and electromagnetic radiation, with the subsequent processing the received information is offered to special algorithm.*

Современное развитие угледобывающей промышленности неразрывно связано с освоением и разработкой месторождений на больших глубинах в сложных горногеологических и горнотехнических условиях.

Постоянное возрастание глубины разработок осложняется увеличением шахтопластов, склонных к газодинамическим явлениям, что служит одной из причин снижения дальнейшего роста добычи угля.

При разработке месторождений непрерывно изменяется горногеологическая и горнотехническая ситуация, которая обуславливает необходимость непрерывного контроля напряженного состояния краевой зоны углелесного массива. Известно, что параметры краевой зоны, распределение и величина напряжений в ее пределах, их изменение во времени и пространстве определяют геомеханические и газодинамические процессы: отжим угля, конвергенцию боковых пород, внезапные обрушения и высыпания, горные удары, выбросы угля и газа и обычное газовыделение, сопровождающие разработку полезного ископаемого [1-4].

Состояние краевой зоны, зависящее от физико-механических свойств угля и вмещающих пород и их напряженно-деформированного состояния, определяют также параметры технологических процессов, в частности скорость процесса выемки полезного ископаемого или процесса разрушения при проведении подготовительных и капитальных выработок.

При ведении очистных работ призабойная часть угольного пласта испытывает дополнительные периодические нагрузки от зависания и разрушения пород кровли. В этой связи изменяются условия перераспределения напряжений, вызванные подвиганием угольного забоя, происходит

хрупкое разрушение угля, сопровождающееся выделением энергии в широком спектре частот.

Таким образом, краевая часть пласта служит своеобразным датчиком изменения во времени горного давления в рабочем пространстве горной выработки, а носителем достаточно полной и достоверной информации, на наш взгляд, является электромагнитная и акустическая эмиссия.

В последние годы, как на Украине, так и за рубежом, находят все более широкое применение геофизические методы оценки состояния указанной зоны, поскольку обеспечивают непрерывность контроля массива горных пород [5-8].

Периоды повышенного уровня эмиссии, отмечаемые при подвигании забоя, характеризуют усиление процессов трещинообразования. Частота появления аномальных акустических режимов, их интенсивность и продолжительность зависят от горно-геологических и горнотехнических условий ведения очистных работ. Следовательно, исследование акустических режимов позволяет производить оценку характера процесса трещинообразования в аномальных и спокойных зонах, степень влияния различной технологии выемки угля на перераспределение напряжений, и установить связь между изменением состояния массива и процессом воздействия на него.

Основой большинства способов безопасного ведения горных работ является определение зон углепородного массива с аномальными процессами трещинообразования. Однако процесс выделения таких зон трудосмок и содержит достаточно высокий элемент субъективности.

Поэтому поиск новых методов и средств контроля, органически вписывающихся в технологический процесс и позволяющих при простоте методики измерений и интерпретации результатов, экспрессности и хорошей информативности, решать сложные производственные задачи, является актуальной задачей.

На данный момент накопился довольно обширный материал по возникновению электромагнитной эмиссии (ЭМИ) при хрупком разрушении твердых тел [9-11]. Это и лабораторные исследования, и исследование природных явлений [12]. При этом, в частности, рассматривается структура ЭМИ, его спектральные и амплитудные характеристики, анализируются статистические зависимости. Недостатком является то, что эти работы, как и все, предыдущие, рассматривают только лишь ЭМИ, оставляя без внимания сопровождающую разрушение сейсмоактивность.

Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в нашей стране и в частности, в лаборатории горной геофизики ДонГТУ, позволили обнаружить связь между сейсмоакустической и электромагнитной эмиссией при структурных перестройках в горном массиве, а также изучить спектры излучения для различных горных пород. В результате экспериментальных исследований установлено, что:

- интенсивность сейсмоакустической и электромагнитной эмиссией растет с ростом деформационных нагрузок на горную породу;
- коэффициент корреляции между сейсмоакустической и элек-

тромагнитной эмиссией, для различных горных пород, лежит в пределах 0,75...0,86;

- спектр излучения находится в пределах от 0,05...12МГц.

На основании проведенных работ был разработан новый способ и средства по обнаружению зон с повышенной концентрации напряжений в горном массиве, в основе которого лежит комплексная регистрация сейсмоакустической и электромагнитной эмиссии, и обработка ее по соответствующему алгоритму [13-19].

На рис.1 представлена схема установки прибора в горной выработке, а на рис.2 структурная схема прибора.

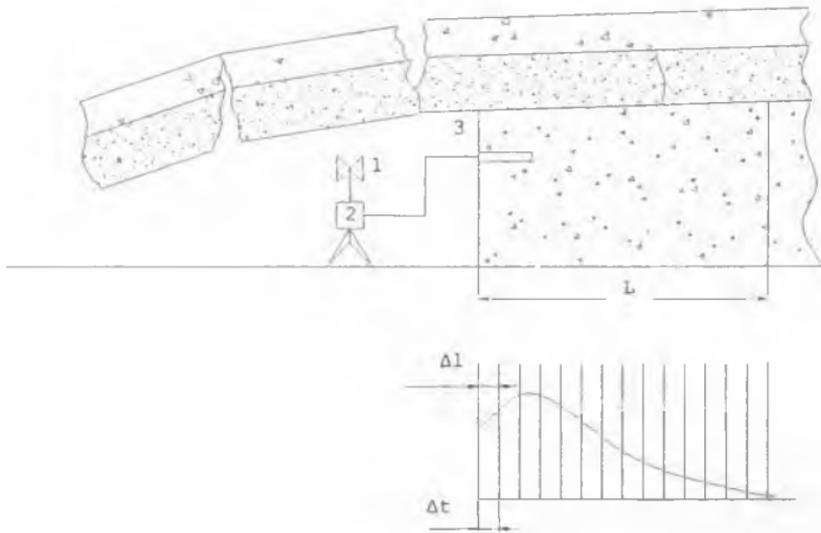
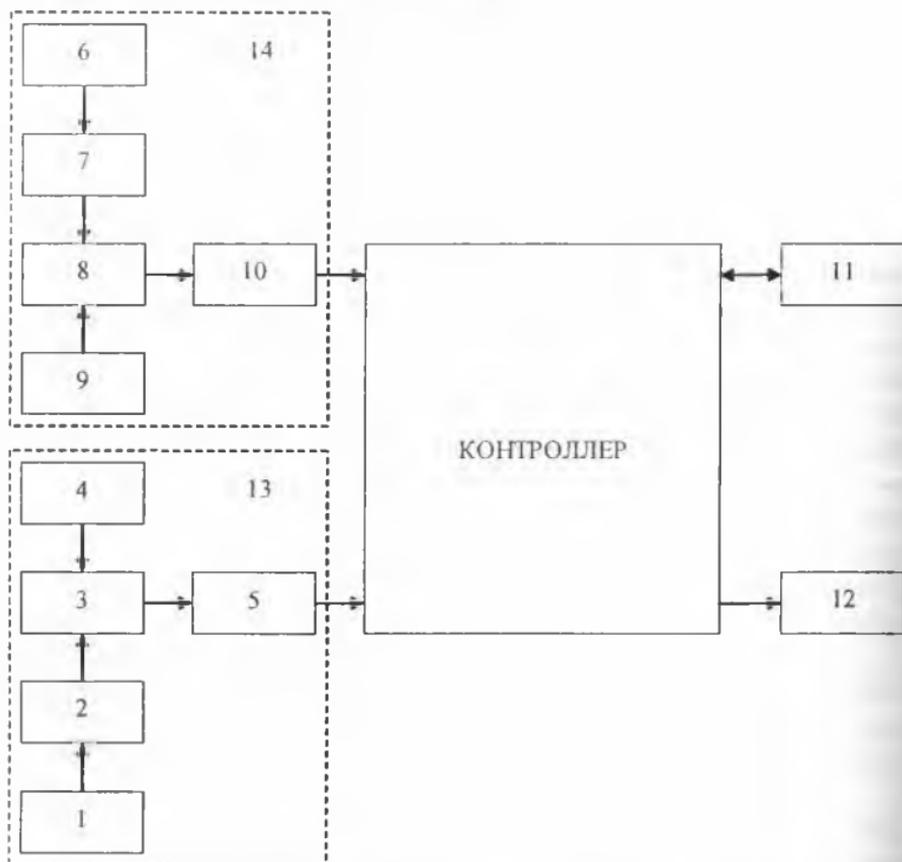


Рис. 1. Установка прибора в горной выработке.

В горной выработке на расстоянии порядка не более одного метра от поверхности забоя, устанавливают широкополосную электромагнитную антенну, соединенную с приемником электромагнитных сигналов. Геофон с предусилителем внедряют на глубину 0,5м для регистрации сейсмоакустических сигналов, причем пространственные оси диаграмм направленности широкополосной пеленгационной антенны и геофона совмещают и ориентируют в нужном направлении. Одним из известных способов предварительно определяют скорость распространения сейсмоакустического сигнала (САС) и задают максимальный размер зоны оценки, а также определяют время распространения САС от конца зоны оценки до пункта приема.

После этого рассчитывают максимально допустимую частоту следования сейсмоакустических и электромагнитных сигналов по формуле

$$F=1/T \quad (1)$$



**Рис. 2.** Структурная схема прибора: 1 - приемник сейсмоакустических сигналов; 2 - усилитель акустического канала; 3 - дискриминатор акустического канала; 4 - блок формирования уровня дискриминации САС; 5 - формирователь сигналов акустического канала; 6 - широкополосная пеленгационная антенна; 7 - приемник электромагнитных сигналов; 8 - дискриминатор электромагнитного канала; 9 - блок формирования уровня дискриминации ЭМС; 10 - формирователь сигналов электромагнитного канала; 11 - клавиатура; 12 - дисплей; 13 - канал акустического сигнала; 14 - канал электромагнитного сигнала.

Далее задают минимально возможные пороговые уровни дискриминаторов 3, 8 таким образом, чтобы частота следования как электромагнитных, так и сейсмоакустических сигналов не превышала максимально допустимую частоту  $F$ . После этого запускают программу регистрации и обработки сигналов ЭМС и САС.

Алгоритм программы обработки сигналов построен таким образом, что для каждой прошедшей дискриминацию пары сигналов, определяется интервал времени запаздывания САС относительно ЭМС. Измерения осуществляют с помощью контроллера. Запуск подпрограммы определения

интервалов времени осуществляется передним фронтом электромагнитного сигнала. Остановка цикла измерения осуществляется либо сейсмоакустическим сигналом, прошедшим дискриминатор, либо таймером при отсутствии САС. Причем таймер выдает сигнал, соответствующий приходу сейсмоакустического сигнала с конца зоны оценки. Запуск таймера осуществляют по переднему фронту ЭМС. По окончании цикла измерения интервала времени формируется элемент матрицы - количество сигналов в заданном интервале времени.

Регистрацию продолжают до тех пор, пока не истечет заданное время исследования зоны оценки. Информация о распределении количества сигналов в заданных интервалах времени запаздывания САС относительно ЭМС отображается на дисплее прибора виде гистограммы, где по оси X отображается длина зоны оценки от поверхности забоя, а по оси Y интенсивность излучения в заданном интервале.

По максимальной интенсивности определяют местоположение зоны с повышенной концентрацией напряжений.

Предварительные испытания методики и аппаратуры, проведенные в очистных и подготовительных выработках ряда шахт ПО "Луганскуголь" и "Стахановуголь" показали перспективность способа при оперативной оценке напряженного состояния горного массива.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходот В.В., Куликов А.П. Современное состояние работ по борьбе с внезапными выбросами угля и газа в угольных шахтах СССР. М., ИГД им. А.А. Скочинского, 1964.
2. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. - М.: Недра, 1980. - 360 с.
3. Горное давление в подготовительных выработках угольных шахт / И.Л. Давидович, Н.П. Бажин, Ю.П. Коренной и др.-М.: Недра, 1971. - 288с.
4. Борисов А.А. Механика горных пород. - Л.: изд.ЛГИ, 1968 - 101 с.
5. Анцыферов М.С. Сейсмоакустические наблюдения на выбросоопасных пластах в комплексе с исследованием их напряженного состояния. М., ИГД им. А.А. Скочинского, 1964.
6. Анцыферов М.С. Сейсмоакустическая аппаратура и возможности применения для контроля горного давления. - В сб. «Методы и приборы для изучения горного давления». М., «Недра» 1964.
7. Анцыферов М.С., Санталова Т.И., Лавров И.М., Анцыферова Н.Г. Сопоставление сейсмоакустических наблюдений с абсолютными измерениями горного давления на выбросоопасном пласте Донбасса. - В сб. «Рудничная аэрология и безопасность горных работ», (науч. сообщ., вып. 121). М., ИГД им. А.А. Скочинского, 1974, с. 36-40.
8. Анализ кинетики акустической и электромагнитной эмиссии при деформации горных пород / Булат А.Ф., Хохолев В.К., Приходченко В.Л.// Инж. геол. - 1990. - № 4. - с 68-74.

9. Егоров П.В., Корнейчиков В.П. Выявление в массиве зон повышенных напряжений по локальному электромагнитному излучению. – В кн. Методология измерения напряжений в массиве горных пород. – Новосибирск, 1978, с 106-111.
10. Исследование ЭМ излучения при изменении напряженного состояния песчаника. – Добыча угля подземным способом: Науч. – техн. реф. Сб. / ЦНИЭИуголь. – 1985. – Вып. 3. – 19,20.
11. Бакаев О.В. Регистрация электромагнитной эмиссии в широком спектре частот.// Горная геофизика. Всесоюзный научный семинар по горной геофизике: Тезисы докладов, Батуми – 1985. – С.48.
12. Ардашев К. А., Ахматов В. И., Катков Г. А. Методы и приборы для исследования проявлений горного давления. – М.: Недра, 1981.–129 с.
13. А.с. 1543076 СССР, МКИ<sup>3</sup> кл. Е 21С 39/00. Способ оценки напряженного состояния массива горных пород./ Бакаев О.В. Заявлено 31.03.88; Оpubл. 15.02.90, Бюл. № 6.
14. Патент України № 11357 E21C39/00. Способ оцінки напруженого стану масива гірничих порід/ Бакаєв О. В.; Оpub. 25.12.96, Бюл. № 4.
15. А.с. 1645512 СССР, МКИ<sup>3</sup> кл. Е 21С 39/00. Способ оценки напряженного состояния массива горных пород./ Бакаев О.В. Заявлено 11.04.89; Оpubл. 30.04.91, Бюл. № 16.
16. Патент України № 11355 E21C39/00. Пристрій для оцінки напруженого стану масива гірничих порід/ Бакаєв О. В.; Оpub. 25.12.96, Бюл. № 4.
17. Прибор геофизического контроля горного массива./ Научно – технические разработки КГМИ./ Каталог. Редакционно-издательский отдел облуправления по печати. – 1991.
18. Геофизический прибор «Лугань - 001»./ Научно – технические разработки КГМИ./ Каталог. Редакционно-издательский отдел облуправления по печати. – 1991.
19. Приемник электромагнитного излучения ПЭМИ-2РМ./ Научно – технические разработки КГМИ./ Каталог. Редакционно-издательский отдел облуправления по печати. – 1991.