

ное омасливание поверхности аполярными реагентами. Это может быть достигнуто за счет отработки оптимального с этой точки зрения режима флотации, а также за счет сокращения доли угля, обогащаемого этим методом.

Список литературы

1. Макаров А.С. и др. Получение высококонцентрированного угольного топлива на основе отходов углеобогащения для использования в энергетическом комплексе Украины. / А.С. Макаров, О.М. Кобитович, А.И. Егурнов, С.Д. Борук, Д.П. Савицкий // Наук.-техн. Зб. «Збагачення корисних копалин». – 2008. – вип. 33(74). – с. 138-148.
2. Макаров А.С. Физико-химические основы получения высококонцентрированных водоугольных суспензий / А.С. Макаров, Е.П. Олофинский, Т.Д. Дегтяренко // Вестник АН УССР – 1989. – №2. – С.65-75.
3. И.Д. Дроздник и др. Рынок угля и перспективные направления его использования: информационно-аналитический обзор. / Дроздник И.Д., Орлов А.В., Черкасов В.В. / – Харьков, 2004. – 188 с.
4. Макаров А.С. Проблемы использования высококонцентрированного водоугольного топлива на основе углей Украины / А.С. Макаров, С.В. Янко / Уголь Украины. – 1992. – С. 3-5.
5. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. - М: Химия, - 1980 - 360 с.
6. Макаров А.С. Структурообразующая способность высокодисперсного углерода в водной среде. / А.С. Макаров, И.А. Андреева, А.Г. Жигонский // УХЖ. – 2001. – Т.67, №2. – С.101-106.
7. Самойлик В.Г. Исследование воздействия аполярных реагентов на текучесть водоугольных суспензий / В.Г. Самойлик, Е.И. Назимко // Наук.-техн. Зб. «Збагачення корисних копалин». – 2012. – вип. 50(91). – с. 147-153.
8. Способ получения стабилизирующей добавки для водоугольной суспензии. А.с. 1378348. СССР, МКИ³ С 10 I/32 / Л.В. Гириня, В.И. Дуленко, И.Н. Думбай и др./ Опубл. 01.11.87, Бюл. №37. – 1с.
9. Гарковенко Е.Е. и др. Особенности флотации и обезвоживания тонкодисперсных углесодержащих материалов. – Донецк: Норд-пресс. – 2002. – 256 с.

Рукопись поступила в редакцию 08.02.12

УДК 622.834

И.В. НАЗИМКО, канд. техн. наук, УкрНИМИ НАН Украины, Донецк

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ПРОИЗВОДСТВА ЭНТРОПИИ В ВИДЕ НЕОБРАТИМЫХ ПОТОКОВ СДВИЖЕНИЙ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

Выполнена проверка результатов закономерностей необратимых потоков сдвижений в натуральных условиях.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Как известно [1], подтвержден факт производства энтропии в виде необратимых потоков сдвижений, которые протекают под действием градиента горного давления. Производство энтропии неизбежно приводит термодинамическую систему в равновесное состояние, вероятность которого стремится к максимуму. С экспериментальной точки зрения важно, что процесс производства энтропии проявляется в виде уравнивания нормальных компонент напряжений в окрестности границ зоны повышенного горного давления (ПГД), в результате чего происходит сглаживание перепада горного давления в указанном месте. Если такое сглаживание будет зарегистрировано в натуральных условиях, это подтвердит высокую достоверность выводов о наличии необратимых потоков сдвижений во времени, которые и являются источником производства энтропии.

Анализ исследований и публикаций. Для изучения перераспределения напряжений с течением времени в массиве горных пород, вмещающем выемочный участок, при неизменных границах выработанного пространства были проведены специальные инструментальные наблюдения за скоростью конвергенции вмещающих пластовую выработку пород на участках пересечения границ «краевая часть угольного пласта - выработанное пространство». Термодинамический анализ [1] позволяет прогнозировать уменьшение с течением времени повышенного горного давления в краевой части и увеличение его в смежном выработанном пространстве. По существу этот процесс означает сглаживание градиента горного давления с течением времени или его релаксацию.

Постановка задачи. Существование указанной закономерности ее достаточно просто подтвердить путем измерения скорости конвергенции на контуре выработки, пересекающей границу перехода от краевой части угольного пласта к выработанному пространству. При обеспечении прочих равных условий сглаживание градиента горного давления можно выявить по уменьшению разницы между скоростями конвергенции на контуре выработки на участках зоны ПГД и разгруженной области с увеличением разрыва между моментом формирования вырабо-

танного пространства и моментом проходки выработки.

Изложение материала и результаты. На рис. 1 показан пример схемы перехода пластовой выработкой границы выработанного пространства, сформированного в 1987 г. Выработку проходили в 1991 г., т.е. через 4 года после отработки лавы. Чем больше разрыв между временем отработки лавы и временем проходки выработки, тем сильнее проявляются процессы производства энтропии в виде необратимых потоков сдвижений из краевой части массива в сторону выработанного пространства и тем заметнее сглаживается градиент горного давления в окрестности границы, что можно зафиксировать по изменению градиента скорости конвергенции.

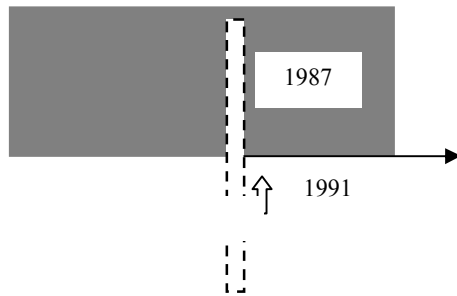


Рис. 1. Схема пересечения вентиляционным ходом выработанного пространства

Для обеспечения достоверности выводов и результатов исследований выполнялись следующие условия. Скорость конвергенции во всех экспериментальных выработках измеряли сразу после их проходки. Это давало возможность получить существенные величины скорости, которая, как известно, максимальна в начальном периоде существования выработки. Другими словами, получив значительные величины скорости, мы избавляемся от

риска сравнения весьма малых величин, которые соизмеримы с погрешностью измерений. Величины конвергенции приводились к стандартному сечению выработки, принятому равным 13 м^2 . Такая величина обоснована тем, что из одиннадцати экспериментальных выработок семь были пройдены сечением 13 м^2 . Кроме того, вводились поправки на глубину заложения выработки. Эти поправки определялись из «Указаний ВНИМИ по расчету смещений на контуре подготовительных выработок» [2].

В конце восьмидесятых годов получил большую популярность способ проведения подготовительных выработок по обрушенным и уплотненным породам. Чаще всего такой способ использовался при проходке фланговых вентиляционных ходков, которые после определенной стадии развития очистных работ в крыле панели или горизонта сооружали для обеспечения прямой схемы проветривания.

Плотность крепи приводилась к стандартной, равной 1,25 рамы на погонный метр. Во всех случаях для крепления экспериментальных выработок применялись металлические арочные крепи. При этом вводились поправочные коэффициенты на профиль арки для приведения ее к стандартному, в качестве которого принимался профиль СПВ22. Постоянно использовался комбайновый способ проходки выработок. Темпы проходки изменялись в пределах 80-120 м/мес, что не оказывало существенного влияния на скорость конвергенции. Величину скорости конвергенции приводили к стандартной глубине, составляющей 800 м. Примерно на такой глубине было расположено большинство экспериментальных выработок.

Величину конвергенции измеряли рулеткой ВНИМИ по боковым стенкам выработки, а также кровле и почве. При этом производилось от четырех до шести сессий замеров для того, чтобы надежно усреднить показания измерений скорости, поскольку при этом получали от трех до пяти значений скорости конвергенции на одном и том же экспериментальном участке.

Для проведения инструментальных наблюдений за конвергенцией на контуре выработок было выбрано два угольных пласта: Наблюдения по конвергенции пород на контуре выработки, пройденной по угольному пласту и пересекающую выработанные пространства в условиях пласта m_3 и l_4 шахт им. Поченкова, им. Засядько, им. Бажанова и им. Абакумова. Именно на указанных шахтах широко применяется способ охраны выработок в обрушенных и уплотненных породах. Наблюдения велись в 1986-1991 годах. Большинство экспериментальных выработок были пройдены по пласту m_3 , который имеет наиболее выдержанную мощность и вмещающие породы в пределах области проведения экспериментальных работ.

Типичные результаты натурального эксперимента демонстрируются примером измерения скорости конвергенции на контуре вентиляционного ходка, пройденного по падению через несколько выработанных пространств, сформированных в разные периоды времени (табл. 1).

Суть эксперимента заключалась в том, что пластовую выработку использовали как датчик концентрации горного давления. Вентиляционный ходок пересекал по своей трассе несколько выработанных пространств разного возраста.

Данные измерений скорости конвергенции на разных участках вентиляционного ходка шахты им. Поченкова

Отработанное позже 1981 г. (пройдено в 1985 г.)					Отработанное ранее 1969 г. (пройдено в 1986 г.)				
расстояние относительно границы, м	станция № 1	станция № 2	среднее по станциям	средние	расстояние относительно границы, м	станция №1	станция №2	среднее по станциям	средние
-100	0,015		0,015		-89	0,32	0,495	0,4075	
-87	0,02	0,068	0,044		-65	0,529		0,529	
-50		0,02	0,02		-25	0,589	0,1	0,3445	0,427714
-20	0,031	0,01	0,0205	0,025625	-10	0,435	0,526	0,4805	
-5	0,031	0,01	0,0205		0	0,73	0,9	0,815	
5	2,317	2,807	2,562		5	0,67	1,1	0,885	
10	3,038	2,1	2,569		12	1,47	1,037	1,2535	
20	2,149	1,4	1,7745	2,5655	24		1,32	1,32	1,422333
40		1,957	1,957		45	1,6	1,347	1,4735	
62	1,708	1,1	1,404		70	1,313	0,93	1,1215	
80	1,728	0,711	1,2195		140	0,953	1,106	1,0295	1,0295
120	1,246	0,965	1,1055	1,1625					

Это дало возможность сопоставить скорости конвергенции на контуре экспериментальной выработки при прочих равных условиях и разным возрастом выработанных пространств.

Было выделено два участка, на которых выработка проходила через границу нетронутого массива с выработанным пространством, сформированным отработкой лавы в 1969 г. и такого, которое было отработано недавно, в 1981 г. Ходок был пройден одной и той же бригадой в 1985-1986 гг., одним и тем же комбайном и крепился одной и той же крепью. Разница заключалась лишь в том, что выработка пересекала выработанные пространства разного возраста. На одном участке перерыв между отработкой лавы и проходкой ходка составлял 4 года (округленно), на втором 17 лет, т.е. временной разрыв между проходкой и отработкой лавы был более 4-х раз.

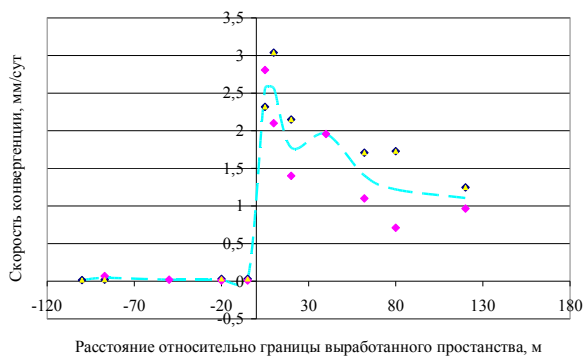


Рис. 2. Распределение скорости конвергенции вдоль ходка в случае его проведения спустя 4 года после отработки лавы

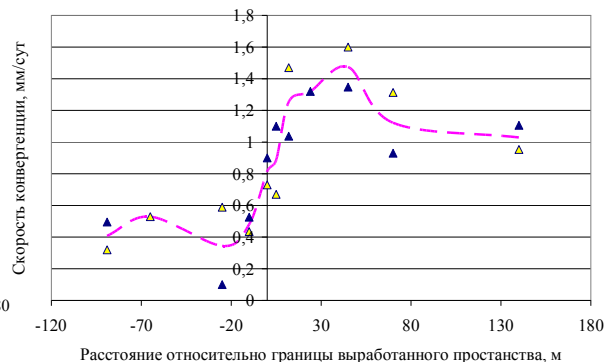


Рис. 3. Распределение скорости конвергенции вдоль ходка в случае его проведения спустя 17 лет после отработки лавы

В табл. 1 приведены результаты инструментальных наблюдений за конвергенцией на контуре экспериментальной выработки. На рис. 2 и 3 показаны графики скорости конвергенции на контуре выработки, которые были получены в течение 3 лет инструментальных наблюдений с начала проходки выработки.

Неоднократно было доказано, что скорость конвергенции на контуре выработки (например, боковых стенок) хорошо коррелирует с концентрацией горного давления, в частности с вертикальной составляющей. Аналогичная связь заложена в «Указания ВНИМИ по расчету смещений на контуре выработки». Таким образом, сопоставление отношения скоростей конвергенции на разных участках выработки с участком, где выработка пройдена вне зоны влияния очистных работ (в нетронутом массиве) дает возможность определить коэффициент концентрации вертикальной компоненты напряжений в массиве горных пород. Разумеется, необходимо выбрать

такое место проведения эксперимента, где не было геологических нарушений и других аномалий напряженного состояния массива горных пород, а также были обеспечены прочие равные условия, о чем говорилось выше.

Сравнивая графики на рис. 2 и 3 можно сделать следующие выводы (табл. 2). С течением времени концентрация горного давления в зоне остаточного опорного давления падает почти в два раза, уменьшаясь от 2,34 до 1,30.

Таблица 2

Показатели	Результаты обобщения данных инструментальных наблюдений		
	Концентрация горного давления		Градиент концентрации горного давления
	на участке пика остаточного опорного давления	в зоне разгрузки (в выработанном пространстве)	
Участок выработки пройден спустя 4 года	2,34	0,02	2,32
Участок выработки пройден спустя 17 лет	1,30	0,4	0,91

В пределах выработанного пространства концентрация горного давления увеличивается от 0,02 до 0,4, т.е. с течением времени разгрузка уменьшается. Разница между пиком концентрации в зоне опорного давления и в зоне разгрузки (градиент давления) также со временем уменьшается - с 2,32 до 0,91 или более чем в два раза. Очевидно, что с феноменологической точки зрения такой эффект, протекающий во времени можно назвать релаксацией напряжений (горного давления) в массиве горных пород.

Физическим понятием «релаксация» удобно пользоваться с нескольких точек зрения. Во-первых, релаксация является обратной стороной эффекта ползучести. Оба параметра широко применяются в теории ползучести, при этом разработаны методики определения параметров ползучести. Это весьма удобно с практической точки зрения. Во-вторых, релаксация горного давления удобна с термодинамической точки зрения, поскольку по сути установленный эффект релаксации является прямой реакцией на возмущение напряженного состояния, возникшего после отработки выемочного участка и формирования границы выработанного пространства. В данном случае время возмущения на порядки меньше периода релаксации, поскольку возмущение возникает в течение нескольких суток, максимум недель, а релаксация, предсказанная теоретически и обнаруженная экспериментально, длится десятилетия.

Как показано [3-5], это соотношение удобно при оценке устойчивости массива горных пород вблизи выемочного участка как термодинамической системы.

Результаты проведенных исследований были обобщены в виде зависимостей, с помощью которых вычисляются поправочные коэффициенты для корректировки параметров зон ПГД в зависимости от времени их существования. На рис. 4 приведены обобщенные кривые для вычисления указанных поправочных коэффициентов для глубины 1000 м.

Средняя кривая соответствует массивам осадочных пород, которые вмещают угли средней степени диагенеза. Именно для построения указанной кривой было использовано наибольшее число экспериментальных данных. При этом кривые строились по результатам численного моделирования, параметры которого настраивались с помощью данных шахтных инструментальных наблюдений и физического моделирования [1]. При вероятности 90 % отклонения экспериментальных точек от расчетных не превышают 28 % (два с.к.о.). Верхняя кривая построена для массивов, вмещающих угли низкой степени диагенеза, нижняя для антрацитов.

Поправочные коэффициенты имеют общую тенденцию изменения, поскольку их величина изменяется с течением времени согласно логарифмической зависимости вида

$$y = \kappa \ln(x) + 1,$$

где κ - эмпирический множитель, равный 0,35; 0,21 и 0,11 для массивов, вмещающих угли низкой степени диагенеза (Западный Донбасс), средней (Донецко-Макеевский район) и высокой (антрациты) соответственно.

Полученные кривые следует использовать при корректировке параметров зон ПГД в зависимости от времени их существования. При этом величину концентрации напряжений и размер зоны ПГД следует разделить на значение поправочного коэффициента. Так, при первоначальной ширине зоны ПГД 80 м спустя 10 лет ее формирования в условиях шахт Донецко-Макеевского района размер зоны станет равным $80/1,49=54$ м. Величина концентрации горного давления в указанной зоне так же уменьшится в 1,49 раза.

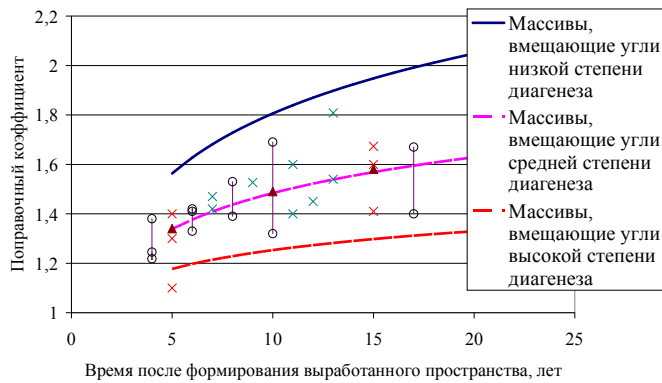


Рис. 4. Графіки для визначення поправочного коефіцієнта для корекції концентрації горного тиску в зоні ПГД

При перетині такої зони в діючому виемочному участку додаткові заходи по зниженню ймовірності негативних проявів горного тиску можна проектувати з урахуванням зменшення розмірів зони ПГД.

Висновки і напрямки подальших досліджень. Отримані наукові результати мають актуальне

практичне значення. Встановлена закономірність релаксації градієнта горного тиску в околицях зон ПГД дає можливість врахувати цю релаксацію при розрахунку параметрів зон в процесі розвитку очистних робіт.

Список літератури

1. Назимко І.В. Фізичне моделювання як метод перевірки результатів термодинамічного аналізу необоротних зсувів в околицях зони ПГД / І.В. Назимко // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг. - Вип. 31, 2012. – С. 101-107.
2. Указання по раціональному розташуванню, охороні і підтриманню горних виробітків на вугільних шахтах СРСР. - Л.:ВНИИМІ, 1985. - 222 с.
3. Ефремов І.А. Дослідження зв'язки між горним тиском і зсувами масива горних порід / І.А. Ефремов, І.В. Назимко // Изв. горного інституту. Донецьк, ДонНТУ, 2010. - № 2 - 50-63.
4. Назимко І.В. Термодинамічний аналіз варіацій деформаційних властивостей породи / І.В. Назимко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. - Донецьк, №7, 2010. – С. 98-112.
5. Опрішко Ю.С. Встановлення причини динамічного прояву горного тиску в природних умовах / Ю.С. Опрішко, І.А. Ефремов, І.В. Назимко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. - Донецьк, №8, 2011. – С. 53-67.

Рукопис прийнятий в редакцію 06.03.12

УДК 629.114:622.002.5

В.С. ГИРИН, д-р техн. наук, проф., І.В. ГИРИН, В.В. ПОТАПЕНКО, ст. преподаватели, ГВУЗ «Криворізький національний університет»
В.В. ТУПОТЕНКО, інженер, ПАО «ИнГОК»

ПЕРСПЕКТИВИ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

На основе использования электронно-оптической аппаратуры предложена методика и усовершенствовано оборудование для определения фактического технического состояния при диагностировании агрегатов горнотранспортного оборудования в условиях ПАО «ИнГОК»

Горнотранспортное оборудование глубоких карьеров эксплуатируется в экстремальных условиях, что значительно снижает ресурс агрегатов, поэтому актуальной является задача обеспечения его надёжности, от которой зависят безопасность, экономичность, ресурсосбережение, конкурентоспособность.

Эксплуатационная надёжность горнотранспортного оборудования определяется организацией системы технического обслуживания и ремонта, где в настоящее время прослеживается потребность в разработке методов обслуживания машин по фактическому состоянию [1]. Успешное решение этой проблемы зависит от качества организационного, информационного, методологического и технического обеспечения, оснащением вычислительной техникой, экспериментальной и производственной базой, уровнем метрологии. Не только статистика отказов, но и прогнозирование поведения машины, специальные испытания, регламентация условий эксплуатации позволят повысить эффективность использования техники за счёт оснащённости центров обслуживания. Идентификация фактического состояния, обнаружение пре-