

УДК 622. 831. 322: 635

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ПРИЗАБОЙНОЙ ЧАСТИ ПЛАСТА D₄

Киселев Н. Н.,

(НТЦ «ОНИС при УкрНИИМИ НАНУ», г. Донецк, Украина)

Коптиков В. П., Радченко А. Г.

(МакНИИ, г. Макеевка, Украина)

Радченко А. А.

(Донбасская НАСА, г. Макеевка, Украина)

Теорія фракталів була використана при дослідженні газового та напруженого станів в умовах пологих порушених вугільних пластів.

Fractal theory was used during investigations of gas and strained conditions on gently sloping broken coal seams.

Горный массив представляет собой сложную самоорганизующуюся систему: вмещающие породы – угольный пласт. Для описания поведения указанной системы в настоящее время стали применять не только основные положения геомеханики, но и всё чаще применяются методы теории синергетики и теории фракталов: [1, 2, 3, 6, 7, 8].

Так, в работе [2] на основании выполненных экспериментальных исследований установлено, что впереди движущегося забоя выработки наблюдается чередование зон разрыхленных и уплотненных пород. Волнообразное изменение опорного давления впереди движущегося забоя проявляется в чередовании зон повышенного горного давления и зон разгрузки, таким образом, зоны сжатия чередуются с зонами растяжения. Последние открытия в области геомеханики [3, 7] раскрывают сущность самоорга-

низации породных массивов и подчеркивают важность учета волновых колебаний, происходящих в горном массиве впереди движущейся выработки.

Согласно работе Г. Хакена [1], исследование сложных систем необходимо проводить на следующих уровнях: а) микро-; б) мезо-; в) макро-уровне. Так, исследования на микроуровне выполнены в механике разрушения твердого тела, процессы зарождения и роста трещин описаны с позиций теории фрактальной геометрии [6]. С позиций фрактальной геометрии на макроуровне также выполнены обширные исследования региональной тектоники Донбасса [8]. В то же самое время, исследования поведения пород кровли и угольного пласта на мезоуровне с позиций теории синергетики и геомеханики весьма малочисленны.

Поэтому, целью настоящей работы является исследование возможности применения на мезоуровне теории фракталов при анализе изменения ГДС и НДС угольных пластов пологого падения. Анализ изменения ГДС и НДС был выполнен нами в условиях ш/у «Покровское» в блоке № 10 в призабойной части угольного пласта d_4 .

Пласт d_4 по всей площади блока № 10 характеризуется относительной выдержанностью по мощности, которая колеблется от 0,60 м до 2,58 м; угол падения пласта изменяется от 3° до 8° (вне зон горно-геологических нарушений – ГГН).

В блоке № 10 имеет место широко развитая микро- и мелко-амплитудная нарушенность пласта d_4 . Природная газоносность пласта составляет $10 \div 25,0$ м³/т.с.б.м., весовой выход летучих веществ изменяется в пределах $V^{\text{daf}} = 28 \div 33$ %, коэффициент крепости угля $f = 0,8 \div 1,2$ ед. по шкале Протоdjeяконова. В кровле пласта залегает песчаный сланец мощностью $m = 1,05 \div 9,85$ м, крепостью $f = 5 \div 6$, часто во многих местах блока № 10 кровля пласта представлена песчаником мелкозернистым, $m = 7,80 \div 15,7$ м, крепостью $f = 6 \div 7$. Почва пласта d_4 сложена песчаным сланцем $m = 0,35 \div 0,80$ м и $f = 5 \div 6$.

Согласно [9], по пласту d_4 ведется текущий прогноз выбросоопасности угольных пластов по начальной скорости газовыделения из шпуров – g_n и по параметрам акустического сигнала по данным аппаратуры АПСС – коэффициент выбросоопасности –

$K_{\text{выб.}}$ и другие показатели.

Для выяснения общих закономерностей изменения g_n нами был выполнен анализ колебаний суммарного газовыделения из шпуров – $\sum g_{\text{шп.}}$ в блоке № 10 в 3-м, 4-м и 5-м южных конвейерных штреках. Следует отметить, что анализировались участки различной протяженности: $l = 20 \div 90$ м, причем участки с зонами горно-геологических нарушений – ГГН и участки с нормальными условиями залегания пласта – НУ анализировали отдельно. В начале был выполнен анализ изменчивости g_n в 4-м южном конвейерном штреке блока № 10 с пикета ПК 10+5,0 м по ПК 19+6,5 м, протяженность участка составила 90 м. Анализируемый участок характеризуется высокой тектонической нарушенностью, наличием зон ГГН: микросбросов, взбросов, надвигов и т.д. Согласно [9], текущий прогноз выбороопасности по g_n в блоке № 10 ведется на интервалах шпура: 1,5 м; 2,5 м; 3,5 м. По каждому шпуру рассчитывали суммарное значение газовыделения – $\sum g_{\text{шп.}}$. Далее анализируемый участок длиной 90 м был разбит на 15 относительно однородных отрезков-интервалов по значениям $\sum g_{\text{шп.}}$. После этого рассчитывали среднее арифметическое значение суммарной скорости газовыделения по шпурам для каждого отдельно взятого однородного отрезка-интервала: $\sum g_{\text{шп.}}$. Затем в 3-м южном конвейерном штреке блока № 10 были выбраны два участка:

- 1) участок с нормальными условиями залегания пласта d_4 на пикетах ПК 8+2,5 ÷ ПК 94+0,5 м;
- 2) участок с зонами ГГН длиной $l = 71$ м на пикетах ПК 40+5,0 ÷ ПК 47 + 6,0 м.

Указанные анализируемые участки также были разделены на сравнительно однородные отрезки-интервалы. После этого также был выполнен анализ изменения $\sum g_{\text{шп.}}$ по каждому отрезку-интервалу. В результате данного анализа $\sum g_{\text{шп.}}$ в зонах ГГН по 3-му южному конвейерному штреку, а также на участке с нормальными условиями залегания угольного пласта d_4 показал следующее. Как в зонах ГГН, так и на участке с нормальными условиями залегания пласта наблюдается чередование отрезков с пониженными и повышенными значениями $\sum g_{\text{шп.}}$. Более подробное описание изменений значениями $\sum g_{\text{шп.}}$ в таблицах и графиках

приведено в работе [5].

Установленные нами квазипериодические, волновые колебания значений параметра $\sum g_{\text{шп.}}$ по 3-му и 4-му южным конвейерным штрекам блока № 10 по пласту d_4 хорошо согласуются с основными положениями работ [2, 3, 6, 7], которые были рассмотрены нами ранее.

Далее по 5-му южному конвейерному штреку блока № 10 пласта d_4 был выполнен детальный анализ изменения газодинамического состояния – (ГДС) пласта по параметру $\sum g_{\text{шп.}}$ и напряженно-деформированного состояния НДС пласта по параметру коэффициент пригрузки или, по мнению ряда исследователей, коэффициент выбороопасности - $K_{\text{выб.}}$. Анализ ГДС был выполнен на двух участках: № 2 и № 3, анализ НДС был выполнен на трех участках: №№ 1, 2, 3 – (табл. 1).

Таблица 1
 Результаты анализа изменения ГДС и НДС по 5-му конвейерному штреку блока № 10 пл. d_4

Участок	ПК	\bar{a}	σ	σ^2	$K_{\text{вар.}} \%$	$K_{\text{из.1}}$	$K_{\text{из.2}}$	Примеч.
1. Анализ ГДС								
2	30+4 – 41+9	1,70	0,8291	0,6873	49,60%	1,13	0,196	Н.У.
3	42+1 – 57+9	2,20	1,1482	1,3184	52,90%	1,64	0,280	ГГН
2. Анализ НДС								
1	0+5м–14+1	1,57	0,7250	0,5256	46,20%	1,01	2,169	Н.У.
2	29+6,2 – 41+9,0	1,23	0,6170	0,3807	50,30%	0,98	0,111	Н.У.
3	41+9 – 57+9	1,08	0,4822	0,2325	44,90%	0,79	0,094	ГГН

Участки №№ 1, 2 характеризовались нормальными условиями залегания пласта d_4 , а участок № 3 находился в зоне горно-геологических нарушений – (ГГН). Зоны ГГН были представлены сбросами и надвигами с амплитудами $A = 0,10 \div 0,90$ м. Всего было перейдено 16 сместителей геологических нарушений, расстояние между сместителями нарушений составляло от 2 до 17 м.

Для анализа ГДС пласта по участкам №№ 2, 3 строили значения $\sum g_{\text{шп.}}$ через каждые 1,0 – 2,0 м подвигания выработки, а для

анализа НДС строили значения $K_{\text{выб.}}$ через каждые 0,5–0,8 м подвигания подготовительного забоя. Методические и методологические трудности интерпретации изменения параметров $\sum g_{\text{шп.}}$ и $K_{\text{выб.}}$ заключались в том, что указанные параметры изменяются дискретно, хаотически и применение аппарата математической статистики правомерно лишь в первом приближении. Поэтому, согласно [6], была применена теория фракталов для исследования особенностей изменения ГДС и НДС в призабойной части проводимой выработки.

Задача решалась путем «понижения» исходных топологических размерностей кривых ГДС и НДС, т.е. путем уменьшения количества изломов, путем уменьшения «изрезанности» исходных кривых ГДС и НДС. Для исследования изменения ГДС пласта было применено одноуровневое преобразование параметра $\sum g_{\text{шп.}}$, а для исследования изменения НДС пласта применялось последовательное двухуровневое преобразование параметра – $K_{\text{выб.}}$. Анализ кривых изменения ГДС пласта показал, что для параметра $\sum g_{\text{шп.}}$ значения среднего арифметического значения – \bar{a} , стандарта – σ , дисперсии – σ^2 , коэффициента вариации – $K_{\text{вар.}}$, % и коэффициентов изменчивости $K_{\text{из.1}}$ и $K_{\text{из.2}}$ в зонах ГГН (уч. № 3) выше, чем для участка № 2 – участка с нормальными условиями залегания пласта – см. табл. 1. Для характеристики изменений параметра $\sum g_{\text{шп.}}$ после одноуровневого преобразования были использованы коэффициенты изменчивости $K_{\text{из.1}}$ и $K_{\text{из.2}}$, которые рассчитывались по следующим формулам:

$$K_{\text{из}} = \frac{\sum |\Delta'|}{K} \quad (1)$$

$$K_{\text{из}} = \frac{\sum |\Delta'|}{L} \quad , \quad (2)$$

где $\sum |\Delta'|$ – сумма абсолютных значений первых разностей в числовом ряду анализируемого параметра;

K – количество первых разностей;

L – длина проекции исследуемого профиля, м;

Согласно [2, 3, 5, 7] квазипериодические посадки непосредственной и основной кровель обуславливают чередование зон

сжатия и растяжения. Это приводит к изменению газопроницаемости угольного пласта и в свою очередь вызывает квазипериодические изменения суммарного газовыделения из пласта - $\sum g_{\text{шп.}}$.

Поэтому, был выполнен детальный анализ изменения НДС в призабойной части выработки на участках №№ 1, 2, 3. Анализ изменения параметра $K_{\text{выб.}}$. После двухуровневого преобразования показал, что в зонах нарушений параметры \bar{a} , σ , σ^2 , $K_{\text{вар.}}$, $K_{\text{из.1}}$, $K_{\text{из.2}}$ оказались ниже, по сравнению с нормальными условиями залегания пласта d_4 – на участках №№ 1, 2 – см. табл. 1. Зоны ГГН способствовали снижению НДС пласта и указанные зоны ГГН на участке № 3 были отнесены к пассивным по выбросам угля и газа. Анализ изменения параметра $\sum g_{\text{шп.}}$ в условиях шахты им. А. А. Скочинского ГП «Донецкуголь» по пласту h'_6 показал, что значения $\sum g_{\text{шп.}}$ изменяются волнообразно по 2-й западной лаве УПЦП пласта h'_6 как по простиранию, так и по падению пласта.

Выводы

1. На основании выполненного анализа параметров $\sum g_{\text{шп.}}$ и $K_{\text{выб.}}$, измеренных в шахтных условиях, доказана принципиальная возможность описания изменений НДС и НДС в призабойной части пологих нарушенных угольных пластов с позиций теории фракталов.

2. Установлены квазипериодические колебания параметров $\sum g_{\text{шп.}}$ и $K_{\text{выб.}}$ на пологих нарушенных угольных пластах как в зонах ГГН, так и в нормальных условиях залегания пластов.

3. Квазипериодические колебания НДС обусловлены периодическими посадками непосредственной и основной кровель, что в свою очередь вызывает квазипериодические изменения НДС пологих угольных пластов.

4. Применение теории фракталов с целью исследования изменения НДС и НДС угольных пластов относится к весьма перспективным направлениям и позволяет решать ряд практических задач горного дела: установление шага посадки непосредственной и основной кровель и т.д.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический поход к сложным системам: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 240 с.
2. Закономерности самоорганизации грунтовых и породных массивов, ослабленных подземными выработками / М.А. Ильяшов, Б.М. Усаченко, А.А. Яланский [и др.]. // Материалы международной конференции «Форум горняков – 2008».- Днепропетровск: НГУ, 2008. – С. 59 – 72.
3. Научное открытие № 318. Закономерность самоорганизации грунтовых и породных массивов вокруг протяженных горных выработок / Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, В.В. Левит [и др.]. – М.: РАЕН, 2006. – 6 с.
4. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. – М.: Мир, 1968. – 408 с.
5. Минеев С.П., Рубинский А.А., Витушко О.В., Радченко А.Г. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах: [Монография]. – Донецк: ООО «Східний видавничий дім», 2010. – 603 с.
6. Булат А.Ф., Дырда В.И., Звягильский Е.Л., Привалов В.А., Панова Е.А. Фракталы в геомеханике. Киев, Наукова думка, 2007, 389 с.
7. Научное открытие № 188. Явление образования перемещающихся нарушенных зон в напряженных горных породах / В.Я. Кириченко, Е.Л. Звягильский, А.В. Левшин [и др.] // Сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез. – 2002. – С. 62 – 63.
8. Привалов В.А. Фрактальный геометрический образ разрывных нарушений Донбасса // Наукові праці ДонНТУ. Сер гірн.-геол. – 2003. Вип. 62. – С. 204 – 216.
9. СОУ 10.1.00174088.011-2005 Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. – Киев: Минуглепром Украины, 2005. – 225 с.