

ПРОГНОЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПО ДИНАМИКЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ

Розглядається питання впливу порушеності вугільних пластів на динаміку газовиділення. Встановлені залежності приросту початкової швидкості газовиділення від змінення товщини пласта.

PROGNOSING GEOLOGICAL CRUST DISTURBANCES TO IDENTIFY GAS EMISSIONS

The question of the influence of coal layers disturbance on gas evolution dynamics is considered. Dependence of initial speed of gas evolution gain on the layer thickness change is established.

Будущее угольной промышленности в значительной степени определяется научно-техническим прогрессом в этой отрасли. Интенсивная разработка запасов угля привела к тому, что многие шахты ведут работы на глубинах свыше 1000 метров в сложных горно-геологических условиях. Несмотря на сложности, с которыми связана разработка угольных пластов, необходимость увеличивать объем добычи присутствует постоянно, поскольку от устойчивого развития угольной промышленности зависит эффективная работа целого ряда отраслей (энергетической, химической, металлургической и др.). Эффективность работы угольных шахт существенно зависит от наличия в шахтном поле геологических нарушений, поскольку при переходе нарушений очистными и подготовительными выработками снижаются темпы их продвижения, что приводит к увеличению себестоимости добываемого угля.

В результате ведения горных работ, у геологического нарушения, как дизъюнктивного, так и пликативного, возникает дополнительная концентрация напряжений и, при вскрытии забоем выработки не выявленного ранее нарушения на выбросоопасном пласте, создаются благоприятные условия для возникновения газодинамического явления, что значительно снижает безопасность работ [1].

Возникновение повышенных концентраций напряжений у мелкоамплитудных дизъюнктивных и пликативных нарушений при приближении к ним забоя выработки подтверждается и результатами моделирования. Расчет напряженного состояния горного массива выполнялся с помощью метода конечных элементов, при этом решалась задача теории упругости.

Расчеты производились для следующих условий:

- глубина заложения выработки
- мощность пласта до геологического нарушения
- мощность пласта в зоне утолщения
- высота штрека
- амплитуда смещения пласта
- модуль упругости угля
- модуль упругости пород

$$H = 800 \text{ м};$$

$$m = 1 \text{ м};$$

$$m = 1,5 \text{ м};$$

$$h = 3,5 \text{ м};$$

$$\Delta h = 0,5 \text{ м};$$

$$E = 2 \cdot 10^2 \text{ МПа};$$

$$E = (2 \dots 4) \cdot 10^4 \text{ МПа};$$

- коэффициент Пуассона угля $\mu = 0,4;$
- коэффициент Пуассона пород $\mu = 0,3;$
- размер исследуемого массива $47 \times 40 \text{ м.}$

Моделировалось изменение напряжений у забоя выработки при расстоянии от забоя до нарушения равном 4,5; 3,0; 1,5; 0,5 м.

В результате выполненных расчетов установлено, что с приближением выработки к утолщению пласта происходит увеличение протяженности зоны с повышенными напряжениями (зоны опорного давления). Причем в этой зоне наблюдается также и рост максимальных значений напряжений. Так, при расстоянии до нарушения, равном 4,5 м, максимальная величина вертикальных напряжений (рис. 1, а) равна $\sigma_{\text{max}}^{\text{в}} = 63 \text{ МПа}$, что в 3,1 раза выше геостатического значения напряжений $\sigma_2 = \gamma H = 20 \text{ МПа}$ (где γ – объемная плотность пород; H – глубина заложения выработки). При приближении выработки к нарушению на 3,0; 1,5 и 0,5 м наблюдается увеличение максимального значения напряжений до $\sigma_{\text{max}}^{\text{в}} = 80; 97 \text{ и } 113 \text{ МПа}$, соответственно. При этом коэффициент концентрации напряжений увеличился с 3,1 до 4,0; 4,85 и 5,65, т.е. в 1,3; 1,57 и 1,8 раза соответственно при расстоянии до нарушения равном 3,0; 1,5 и 0,5 м.

С уменьшением расстояния до нарушения и увеличением коэффициента концентрации напряжений наблюдается и увеличение протяженности зоны с повышенными напряжениями. Так, с изменением расстояния до нарушения с 4,5 до 0,5 м протяженность зоны с повышенными напряжениями возрастает в 1,88 раза.

Наличие утолщения пласта оказывает влияние и на изменение горизонтальных напряжений (рис. 1, б). Так, с изменением расстояния от забоя штрека до нарушения с 4,5 до 3,0; 1,5 и 0,5 м происходит увеличение максимальных значений горизонтальных напряжений с 23 до 24; 29 и 38 МПа, т.е. в 1,05; 1,21 и 1,7 раза.

При расстоянии до нарушения равном $l_n = 4,5 \text{ м}$ максимальные значения вертикальных и горизонтальных напряжений были равны, соответственно $\sigma_{\text{max}}^{\text{в}} = 61 \text{ МПа}$ и $\sigma_{\text{max}}^{\text{г}} = 22 \text{ МПа}$. Коэффициент концентрации напряжений составил 3,05 и 1,1.

Касательные напряжения в месте изменения мощности пласта при расстоянии до нарушения $l_n = 3,0; 1,5 \text{ и } 0,5 \text{ м}$ также возрастают и достигают, соответственно величины $\tau_{xy} = 3; 7 \text{ и } 10 \text{ МПа}$.

В случае подхода выработки к мелкоамплитудному дизъюнктивному геологическому нарушению также наблюдается увеличение значений вертикальных и горизонтальных напряжений (рис. 2). Так, при расстоянии 0,5 м от нарушения до забоя штрека максимальные значения вертикальных напряжений составляют $\sigma_{\text{max}}^{\text{в}} = 76 \text{ МПа}$, а горизонтальных – $\sigma_{\text{max}}^{\text{г}} = 30 \text{ МПа}$, что в 1,24 и 1,36 раза превышает максимальные значения напряжений при расстоянии до нарушения

$l_n = 4,5 \text{ м}$. Коэффициенты концентрации напряжений при этом увеличились и достигли 3,8 и 1,5, соответственно.

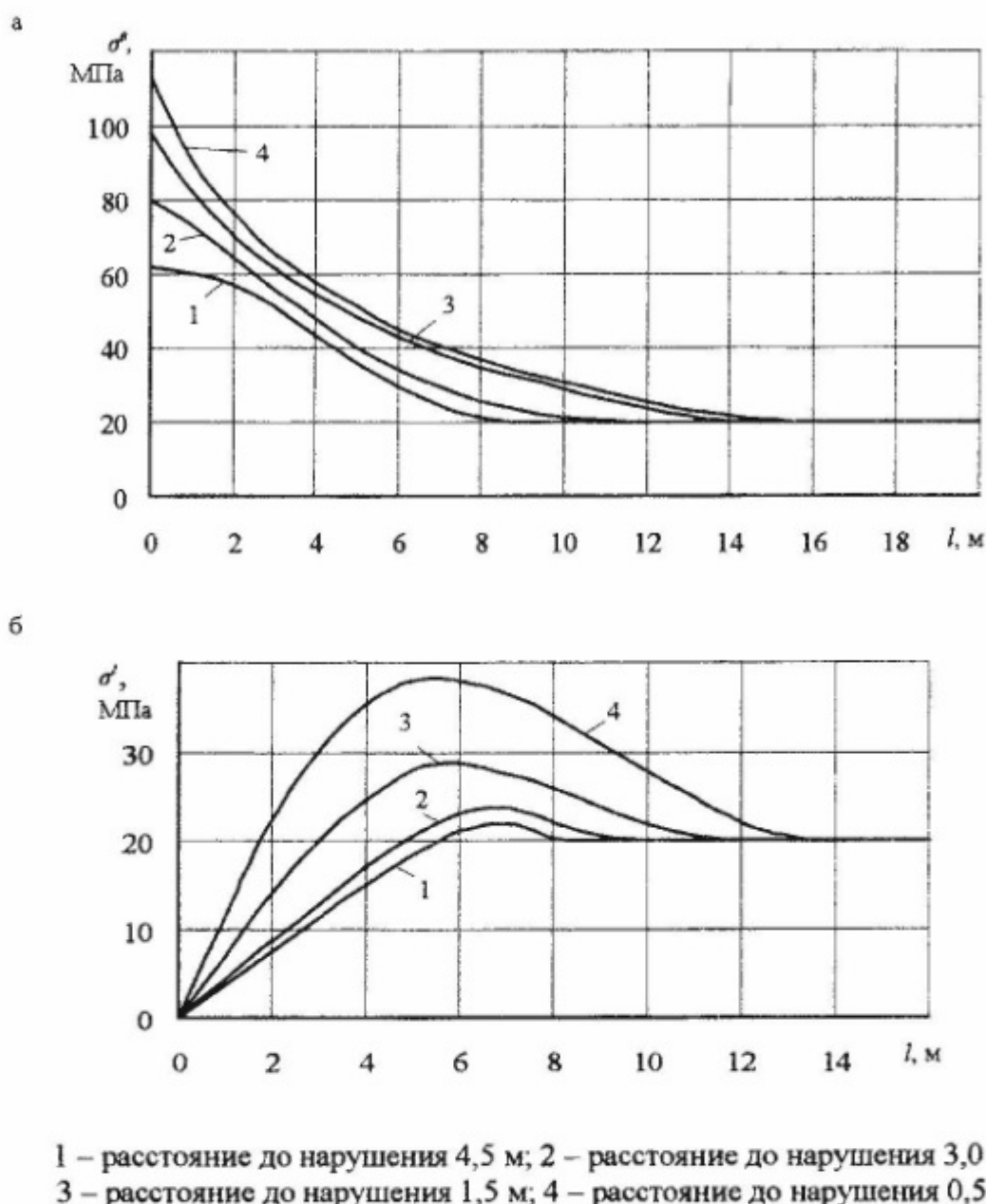
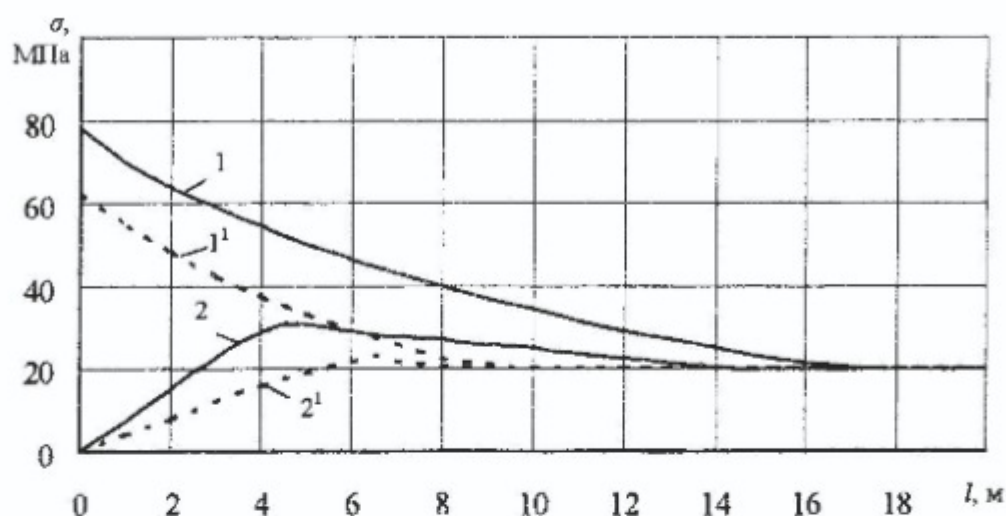


Рис. 1 - Изменение вертикальных (а) и горизонтальных (б) напряжений от расстояния до забоя выработки при утолщении пласта

При уменьшении расстояния от забоя выработки до мелкоамплитудного дизъюнктивного нарушения с 4,5 до 0,5 м происходит увеличение протяженности зоны с повышенной концентрацией напряжений в 2,13 раза.

До настоящего времени нет надежного и легко осуществимого способа прогноза, и, несмотря на наличие большого количества методов прогноза нарушений, часто мелкоамплитудные нарушения не выявляются заблаговременно. Учитывая опасность, которую представляет собой непрогнозируемое вскрытие горной выработкой нарушения, целесообразно перед началом каждого цикла производить мониторинг призабойной части пласта с целью выявления таких нарушений. О наличии в призабойной части пласта концентрации напряжений бесспорно можно судить по параметрам разгруженной зоны. Надежными и информативными характеристиками параметров разгруженной зоны являются начальная скорость газовыделения и

величина выхода штыба. Геологические нарушения также вносят свой вклад в изменение напряженно-деформированного состояния призабойной части пласта, и, выделив степень их участия, с помощью этих характеристик можно вести прогноз расстояния до нарушений и амплитуды смещения пласта.



1; 1¹ – вертикальные напряжения; 2; 2¹ – горизонтальные напряжения;
1; 2 – при расстоянии до нарушения 0,5 м; 1¹; 2¹ – при расстоянии до нарушения 4,5 м.

Рис. 2 - Изменение напряжений от расстояния до забоя штрека при дизъюнктивном нарушении

В результате обработки данных, полученных при замерах динамики газовыделения на нарушенных угольных пластах, установлено, что величина прироста максимальных значений начальной скорости газовыделения зависит от расстояния до мелкоамплитудного дизъюнктивного нарушения. Так, с изменением расстояния до нарушения с 5,2 до 0,5 м величина прироста начальной скорости газовыделения возрастает с 0,05 до 1,9 л/мин. Исходя из этого, установлена зависимость, из которой можно определить расстояние до нарушения по величине прироста максимальных значений начальной скорости газовыделения. Эта зависимость описывается уравнением

$$l_n = 4,8 - 2,2\Delta I, \quad (1)$$

где l_n – расстояние от забоя выработки до нарушения, м; ΔI – величина прироста максимальных значений начальной скорости газовыделения, л/мин.

При этом коэффициент корреляции равен $r = 0,76$, что свидетельствует о тесной связи между рассматриваемыми факторами.

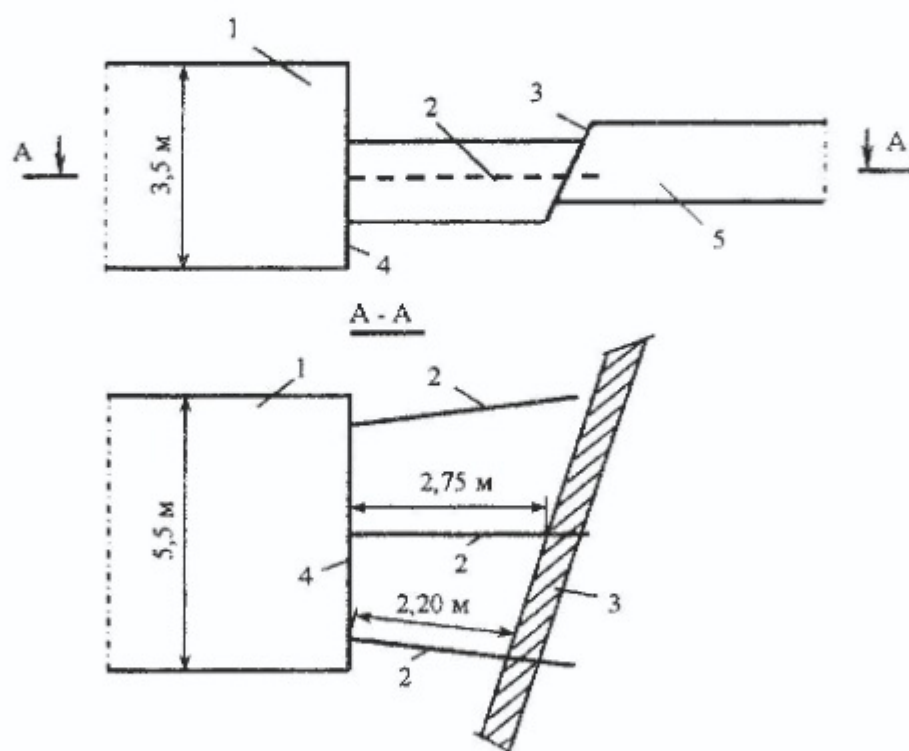
Если $\frac{l_n}{l_{ш}} \leq 1,1$ ($l_{ш}$ – длина шпура, м), то производится определение амплитуды смещения пласта или величины его утолщения по формуле [2]

$$A = 0,435m(0,11 + \Delta I), \quad (2)$$

где A – амплитуда смещения либо величина утолщения пласта, м; m – мощность пласта до нарушения, м.

При значениях $\frac{l_n}{l_m} > 1,1$ определение амплитуды смещения пласта не производится, поскольку в этом случае нарушение находится на расстоянии, превышающем интервал, где определяется начальная скорость газовыделения из шпура.

В промышленных условиях определение расстояния до нарушения и величины утолщения пласта или его смещения в мелкоамплитудном дизъюнктивном нарушении производилась в условиях шахты «Красноармейская-Западная № 1» при проведении выработок по пласту d_4 . Так, при проведении 4-го южного конвейерного штрека блока № 3 для прогноза выбросоопасных зон бурилось три шпура (рис. 3), в которых осуществлялся поинтервально замер начальной скорости газовыделения. Одновременно с определением начальной скорости газовыделения производился поинтервально замер величины выхода штыба.



1 – штрек; 2 – шпуры для замера начальной скорости газовыделения и выхода штыба; 3 – геологическое нарушение; 4 – забой выработки; 5 – пласт угля.

Рис. 3 - Схема расположения геологического нарушения по трассе проведения 4-го южного конвейерного штрека блока № 3

В шпуре, пробуренном в левом боку выработки (140 м от центрального уклона) начальная скорость газовыделения увеличивалась от 0 до 3,32 л/мин (рис. 4, а). Причем с интервала 2,0 м величина начальной скорости газовыделения была стабильной и составляла 3,32 л/мин.

По выходу штыба происходят аналогичные изменения. Максимального значения (1,05 кг) величина выхода штыба достигла в интервалах 2-3,5 м по длине шпура. Такие изменения начальной скорости газовыделения и величины

выхода штыба свидетельствуют об отсутствии геологического нарушения в пределах длины шпура.

В шпуре, который бурился в средней части выработки, до интервала 2,01-2,5 м наблюдается увеличение начальной скорости газовыделения. На интервале 2,51 - 3,0 м происходит уменьшение величины начальной скорости газовыделения с 3,32 до 2,1 л/мин., а в интервале 3,01 - 3,5 м – возрастание начальной скорости газовыделения до 3,32 л/мин (рис. 4, б). Такие изменения величины начальной скорости газовыделения свидетельствуют о наличии геологического нарушения в интервале 2,75 - 3,25 м.

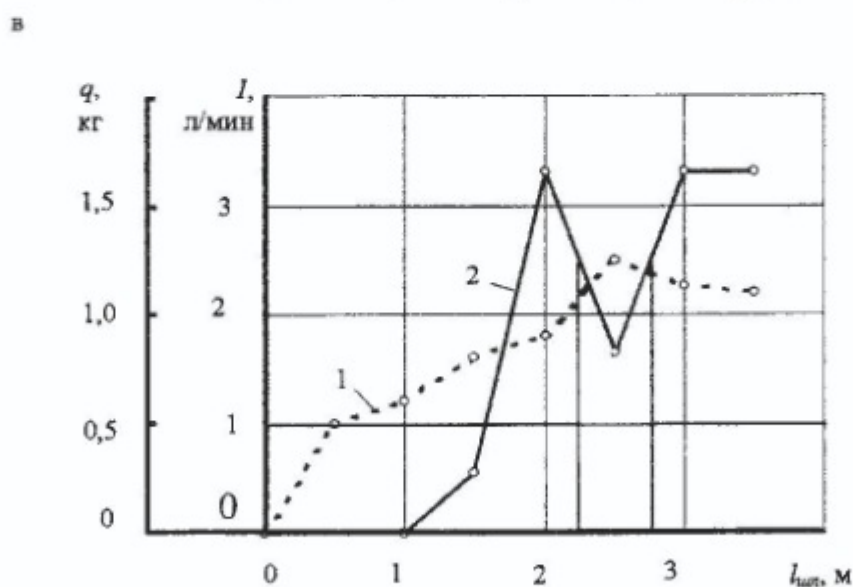
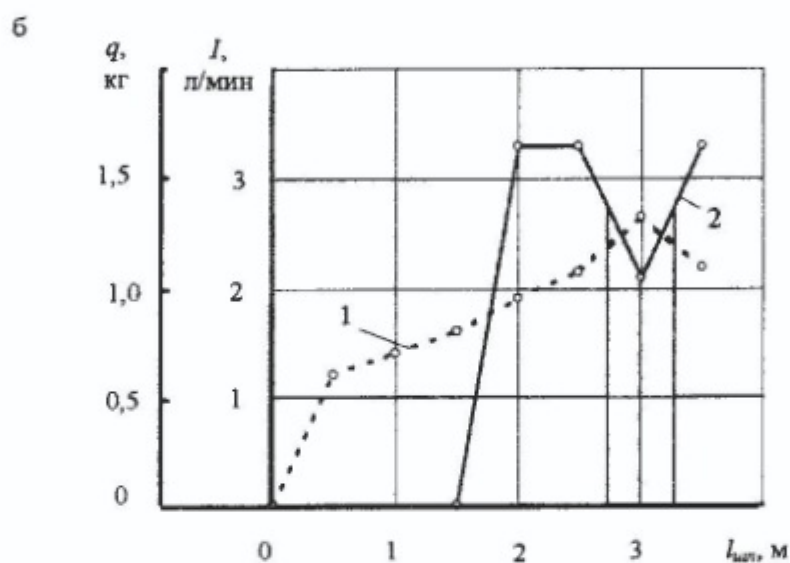
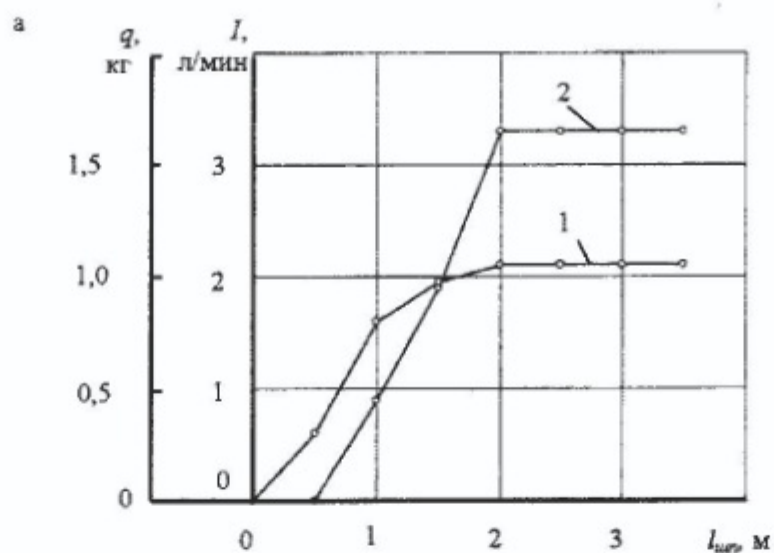
В интервале длины шпура 2,51 - 3,0 м наблюдается максимальный выход штыба, что свидетельствует о зоне с повышенной концентрацией напряжений.

При дальнейшем продвижении выработки было встречено мелкоамплитудное дизъюнктивное нарушение на расстоянии 2,75 м. Расчетное (по формуле 1) значение расстояния от забоя до нарушения, при максимальной величине начальной скорости газовыделения в предыдущих циклах проведения штрека равно $I = 2,32$ л/мин., составило 2,65 м. Отклонение расчетного значения расстояния до нарушения от фактического не превышает 5 %, что свидетельствует о достаточно высокой точности прогноза.

Расчетная (по формуле 2) величина амплитуды смещения пласта составила $A = 0,86$ м при фактическом смещении $A_{\text{ф}} = 0,87$ м.

При бурении шпура в правом боку выработки (см. рис. 3) величина начальной скорости газовыделения возрастала до интервала 2,0 м и составила 3,32 л/мин. На интервале 2,01 - 2,5 м произошло снижение величины начальной скорости газовыделения до 1,66 л/мин, которая затем возросла до 3,32 л/мин (рис. 4, в). Эти изменения величины начальной скорости газовыделения свидетельствуют о наличии в призабойной зоне пласта геологического нарушения на расстоянии 2,25 - 2,75 м от забоя штрека.

В интервале 2,01 - 2,5 м наблюдается увеличение выхода штыба (см. рис. 4, в). С увеличением длины шпура происходит снижение величины выхода штыба. Следовательно, на расстоянии 2,25 - 2,75 м от забоя штрека наблюдается нарушение, в котором напряженное состояние выше, чем до и после него. Расчетное значение расстояния до нарушения и величины смещения пласта составили $I_{\text{р}} = 2,4$ м и $A = 0,78$ м при фактических значениях $I_{\text{н.ф.}} = 2,20$ м и $A_{\text{ф}} = 0,85$ м. Отклонение расчетных значений от фактических составляет соответственно 16 и 8 %, что свидетельствует о довольно высокой точности прогноза расстояния до мелкоамплитудного дизъюнктивного нарушения, а также величины смещения пласта в нарушении.



а – левый бок выработки; б – средняя часть выработки; в – правый бок выработки;
1 - выход штыба; 2 - начальная скорость газовыделения

Рис. 4 - Изменение выхода штыба и начальной скорости газовыделения по длине шпура, пробуренного в левом боку штрека

Приведенный случай свидетельствует, что для более точного прогноза необходимо бурить минимум два шпура, чтобы своевременно улавливать нарушения, пересекающие ось выработки под углом, отличным от 90^0 .

Достаточно высокая сходимость расчетных величин расстояния до геологического нарушения и амплитуды смещения пласта с фактическими значениями дает возможность эффективного использования данного прогноза геологических нарушений на газоносных угольных пластах. Особенно целесообразно его применять на пластах, на которых ведется текущий прогноз выбросоопасности по начальной скорости газовыделения. В этом случае никаких дополнительных средств для выполнения данного прогноза не требуется.

Своевременное выявление мелкоамплитудных дизъюнктивных нарушений, а также утолщений пласта и установление их параметров дает возможность заранее прогнозировать потенциально опасные зоны. Это позволит избежать возникновения газодинамических явлений за счет своевременного применения противовыбросных мероприятий, а также позволит свести к минимуму простой подготовительных забоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кольчик И.Е. К вопросу о формировании выбросоопасных зон у забоя подготовительной выработки // Сб. научных докладов Межд. науч.-техн. конференции «Горная геология, геомеханика и маркшейдерия». – Донецк: УкрНИИМИ НАНУ, 2004. – Часть 2. – С. 456-458.
2. Кольчик И.Е. Влияние нарушенности угольных пластов на динамику газовыделения // Геотехнічна механіка: Між від. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2005. – Вип. 56. – С. 97-100.

УДК 550.8.07/08:553.94

Д-р техн. наук В.А. Гончаренко
(ІГТМ НАН України),

інж. Т.В. Герасименко, інж. В.К. Свистун,
інж. І.Н. Бендик (ДГЭ «Днепрогеофізика»)

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КОЛЛЕКТОРОВ - ПЕСЧАНИКОВ В ЗОНАХ СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА НА ШАХТАХ ДОНБАССА

Пропонується прогнозувати потенційну газоносність колекторів у вуглепородному масиві на основі використання стандартного комплексу геофізичних методів в розвідувальних свердловинах.

GEOPHYSICAL ESTIMATION OF PARAMETERS OF COLLECTORS - SANDSTONES IN THE AREAS OF ACCUMULATION OF METHANE ON THE MINES OF DONBASS

It is suggested to forecast potential gas-bearing of collectors in the coal-rock massive on the basis of application of standard complex of geophysical methods in reconnaissance mining holes

Угольные месторождения на современном этапе развития горного дела в мире целесообразно разрабатывать таким образом, чтобы эффективно и безопасно было добывать не только уголь, но и сопутствующий газ метан. На шахтах Донбасса увеличение глубины разработки и интенсификация горных

224