ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 622.272.6

Г.Я. Полевщиков, М.В. Шинкевич

МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕ ИЗ ОТБИТОГО УГЛЯ

Процессы поступления метана в горные выработки и разработка соответствующих методов прогноза относится к одной из основных в рудничной аэрогазодинамике. Уровень решений ее научно-технических задач в значительной мере определяет себестоимость добычи угля, производительность и безопасность труда. С достижением скоростей подвигания забоев в десятки метров в сутки, а производительности комбайнов десятки тонн угля в минуту, динамика изменения газовой обстановки на выемочном участке выходит за пределы оперативности традиционных методов ее прогноза, что отрицательно влияет на ритмичность работы забоя. Применение высокопроизводительной техники отработки газоносных угольных пластов, вывело пласт на уровень основного, наиболее трудно управляемого, источника выделения метана.

В последние десятилетия российскими учеными активно развиваются знания о свойствах углеметанового пласта, как твердого углегазового раствора (ТУГР), газосодержание которого связано с действующими вертикальными напряжениями. Тем самым, в расчетную модель газокинетического процесса введена непосредственная связь с геомеханическими следствиями горных работ.

В работе [1] дана эмпирическая функция распада ТУГР во времени. Из ее анализа следует, что распад основной части раствора, за вычетом остаточной газоносности, происходит за 3 часа. Этот период характеризуется высоким снижением скорости газоистощения угля во времени. Дальнейшее снижение газосодержания следует, на наш взгляд, отнести к режиму диффузии под влиянием градиента концентрации газа.

Из физических особенностей твердого углегазового раствора (ТУГР) следует, что скорость газовыделения из отбитого угля должна быть равна скорости распада раствора. Большее выделение газа из внутренней части куска не сможет профильтроваться через соответствующий слой угля, возрастет давление газа в его пустотности (напряжения в угольном скелете), снижающее скорость распада, а при достаточном, относительно прочности скелета, давлении в нем разовьются микротрещины и скорость фильтрации придет в соответствие со скоростью распада.

В условиях длинного очистного забоя процесс распада ТУГР имеет существенные особенности. Прежде всего, на транспортной линии выемочного участка располагаются сотни тонн угля, отбитых в различные моменты времени. С учетом этого получено выражение для определения скорости газовыделения из отбиваемого с постоянной производительностью угля

$$I_{о.у.} = v_к m_в l_{ст} \rho_у \Gamma_{\Delta.о.у.}\left(1 - 1{,}34 C_3 \left(1 + t_x\right)^{C_3 - 1}\right), \quad м^3/мин \qquad (1)$$

где $v_к$ – скорость движения добычного комбайна, м/мин; $m_в$ – вынимаемая мощность пласта, м; $l_{ст}$ – глубина вынимаемой стружки, м; $\rho_у$ – плотность угля, т/м^3; $\Gamma_{\Delta..о.у.}$ – газоносность отбиваемой полосы угля за вычетом газоносности угля выдаваемого за пределы выемочного участка, м^3/т; t_x – время транспортирования угля в пределах выемочного участка, мин; C_3 –коэффициент скорости распада ТУГР.

Здесь

$$\Gamma_{\Delta.о.у.} = \Gamma_{о.у}. - \Gamma_{ост.техн.}., \; м^3/т, \qquad (2)$$

где $\Gamma_{о..у.}$ – газоносность пласта в снимаемой стружке, м^3/т; $\Gamma_{ост..техн.}$ – остаточная газоносность угля выдаваемого за пределы выемочного участка, м^3/т определяется по формуле [1]

$$\Gamma_{ост.техн.} = \Gamma_{о.у.} \cdot (C_3 \cdot 1{,}34 \cdot (1 + t_{об})^{(C_3 - 1)}), \; м^3/т, \qquad (3)$$

где $t_{об}$ – общее время транспортирования отбитого угля по выемочному участку, мин.

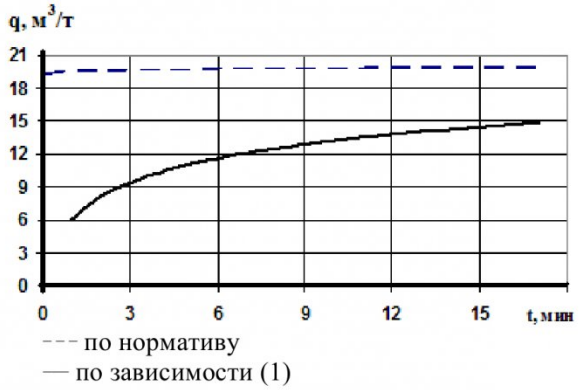

Рис. 1. Рост относительной метанообильности отбитого угля во времени

Для проверки адекватности зависимостей (1-3) проведено сравнение с общепринятыми норма-

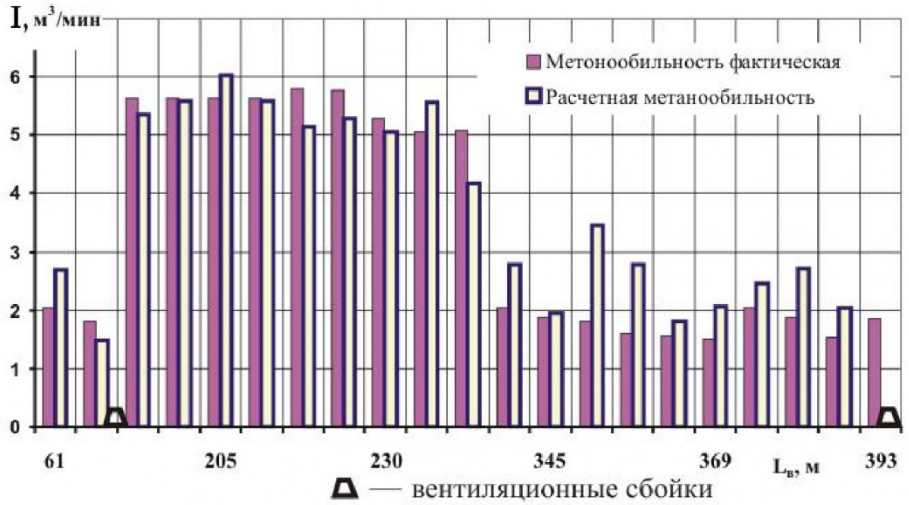

Рис. 2. Метановыделение I из угля за время его транспортирования по конвейерному штреку протяженностью $L_в$, имеющему вентиляционные сбойки с подсвежающей струей воздуха (пласт Поленовский Ленинского месторождения Кузбасса)

тивными положениями [2]. На рис. 1 представлены результаты расчетов.

Из графиков видно, что, несмотря на отмеченную выше высокую начальную скорость газоистощения угля, зависимость (1) имеет существенно меньшие значения выделения метана, чем нормативный метод. Эта особенность потребовала ее промышленной апробации. Исследования выполнялись по данным электронных систем газового контроля, обеспечивающим измерение притока метана непосредственно из отбитого угля с квантованием в десятки секунд, на пяти выемочных участках шахт Кузбасса.

На рис. 2 представлен один из результатов сравнения расчетных и фактических значений выделения метана из угля за время его транспортировании по конвейерному штреку, от лавного перегружателя до ближайшей к очистному забою вентиляционной сбойки с подсвежающей струей воздуха.

В период промышленной апробации установлены более значимые расхождения фактических и расчетных значений концентраций метана при отработке выбросоопасного пласта. В выявленных методом электротомографии потенциально опасных зонах из очистного забоя бурились разгрузочные скважины для предотвращения газодинамических явлений, что и привело к существенно неравномерной дегазации пласта на различных интервалах отработки выемочного столба и, соответственно, росту отклонения между расчетными и фактическими величинами выделения метана из отбитого угля.

Однако из представленных данных видно, что и в этих, очень сложных, условиях сходимость прогноза с фактическими данными существенно

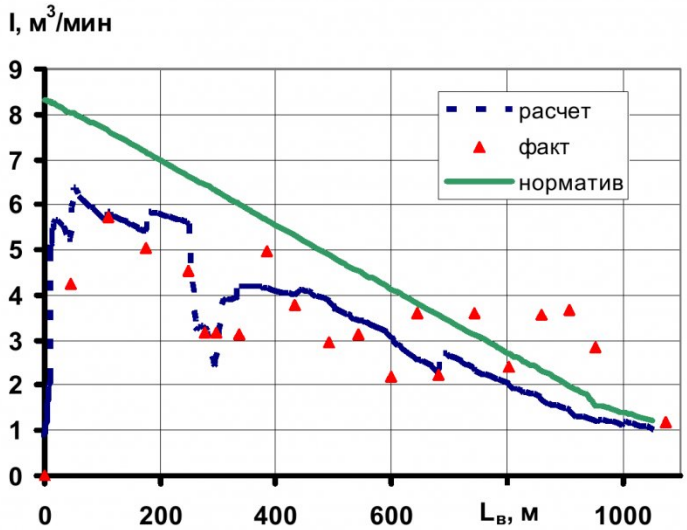

Рис.3. Фактическое выделение метана и его расчетные значения по предлагаемому и нормативному методам для условий лавы пласта 5 Чертинского месторождения Кузбасса

выше известных методов. Более того, можно сделать предварительный вывод, что результаты исследования позволяют относить ситуации превышения данных систем газового мониторинга над результатами прогноза к признакам повышенной газодинамической активности отрабатываемого интервала выемочного столба.

Сравнение расчетного метановыделения с фактическим, в лаве пласта 5 Чертинского месторождения при средней нагрузке 1000 т/сут по концентрации метана в исходящей струе воздуха из забоя приведено на рис. 4 без учета изменений коэффициента распределения воздуха.

Видно, что предлагаемый метод обеспечивает более высокую точность прогноза.

Отметим, что превышения фактических значений над расчетными в конце отработки столба обусловлены снижением коэффициента распределения воздуха и, соответственно, большим поступлениям метана на вентиляционный штрек из выработанного пространства очистного забоя.

Известно, что разработка пласта вызывает интенсивное выделение метана в очистном забое. При современных возможностях добывающих машин движение комбайна даже на небольшое расстояние с технически возможной скоростью нередко вызывает превышение предельно допустимой концентрации метана в исходящей из забоя струе воздуха.

Используя установленную зависимость, появляется возможность определять допустимую скорость движения комбайна с учетом среднесуточ-

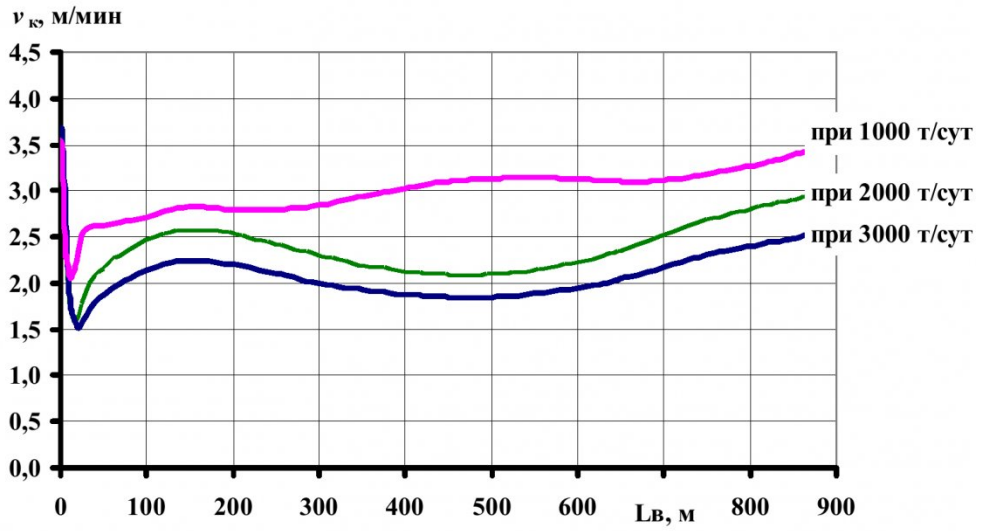

Рис.4.. Максимально допускаемая рабочая скорость комбайна при различной среднесуточной производительности участка и коэффициенте дегазации пласта $K_д$ = 0,3

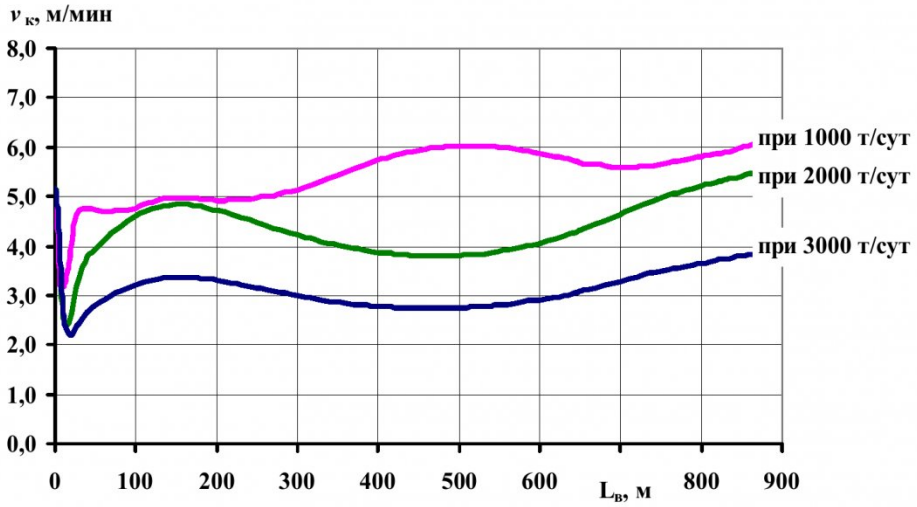

Рис.5. Максимально допускаемая рабочая скорость комбайна при различной среднесуточной производительности участка и коэффициенте дегазации пласта $K_д$ = 0,5

ной нагрузки на выемочный участок.

Исходя из количества воздуха и предельно допустимой концентрации метана в исходящей струе, рассчитаем допустимое метановыделение из отбитого угля по формуле

$$I_{\text{о.у.д.}} = \frac{100 \cdot I_{пл} - C_{\text{д}} \cdot I_{\text{пл}} - C_{\text{д}} Q_{\text{исх}}}{C_{\text{д}} - 100}, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (4)$$

где $I_{\text{пл}}$ – метановыделение с плоскости забоя, м^3/т; $C_{\text{д}}$ – предельно допустимая концентрация метана в исходящей струе участка, %; $Q_{\text{исх}}$ – количество исходящего воздуха из очистного забоя, м^3/мин.

Зная предельно допустимое количество метана, выделяющееся из отбиваемого и транспортируемого угля в исходящей струе воздуха, найдем допускаемую скорость движения комбайна

$$v_{\text{к.д.}} = \frac{I_{\text{о.у..д.}}}{m_{\text{в}} l_{ст} \rho_{y} \Gamma_{\Delta.\text{о.у.}} . (1 - 1{,}34 C_3 (1 + t_x)^{C_3 - 1})}, \text{ м/мин}, \quad (5)$$

Результаты расчетов с различным коэффициентом предварительной дегазации пласта $К_{\text{д}}$=0,3 и $К_{\text{д}}$=0,5 представлены на рис. 4 и 5. Видим, что повышение коэффициента дегазации позволит значительно повысить допускаемую рабочую скорость комбайна. Однако такое значение коэффициента предварительной дегазации может быть достигнуто лишь с применением технологий гидроразрыва пласта.

Сравнение графиков на рис. 4 и 5 показывает, что для производительной работы очистного забоя необходимы инвестиции в разработки технологий высокоэффективной дегазации угольных пластов, которые обеспечат возврат вложений за счет повышения темпов ведения горных работ.

Таким образом, метановыделение из отбитого угля при его транспортировании соответствует газокинетическим показателям распада остаточного газосодержания твердого углегазового раствора. Установленные на этой основе зависимости обеспечивают определение основных характеристик процесса с учетом горно-геологических условий и технологического режима работы забоя: глубины стружки, рабочей скорости комбайна, скорости подвигания очистного забоя, времени транспортирования угля в пределах выемочного участка. Разработанный алгоритм расчета метановыделения из отбитого угля обеспечивает определение его параметров с погрешностью не более 17 %. Появляется возможность корректировать скорость комбайна для исключения превышения максимально допустимой концентрации метана в исходящей струе воздуха.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН № 60 и грантов РФФИ №№ 10-05-90001-Бел_а, 10-05-98009-р_сибирь_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Малышев, Ю.Н.* Фундаментально-прикладные методы решения проблемы угольных пластов / Ю.Н. Малышев, К.Н. Трубецкой, А.Т Айруни - М.:ИАГН, 2000. – 516 с.

2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – Макеевка-Донбасс: Ротапринт МакНИИ, 1989. – 319 с.

Авторы статьи:

Полевщиков Геннадий Яковлевич - докт.техн.наук, проф., зав. лабораторией гозодинамики и геомеханики угольных месторождений Института угля СО РАН, E-mail: Gas_coal@icc.kemsc.ru.

Шинкевич Максим Валериевич - канд. техн. наук, м. н. с лаборатории гозодинамики и геомеханики угольных месторождений Института угля СО РАН, E-mail: Gas_coal@icc.kemsc.ru.

УДК 622.235(088.8): 519.21

Д.Ю. Сирота, В.В Иванов

ЗАВИСИМОСТЬ ПОТЕНЦИАЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ГОРНЫХ ПОРОД ОТ ПЕРИОДИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЕМОГО ДАВЛЕНИЯ

Введение

В работах [1,2,3] Б.Г. Тарасов, В.В. Дырдин, В.В. Иванов, Д.В. Алексеев экспериментально, а затем теоретически установили взаимосвязь между градиентом среднего напряжения в горных породах Земли и напряженностью электрического поля (далее ЭП):

$$\vec{E} = \frac{\Omega}{q} \nabla P, \quad (1)$$

где $\Omega \sim 10^{-29}$ – дилатация кристаллической решетки, м^3; $q \sim e \approx 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ – заряд вакансии,