

УДК 622.831.325.3

Л.А. Шевченко, В.А. Ковалев, В.Ю. Гришин

ФОРМИРОВАНИЕ ДЕБИТА ГАЗА В ДЛИННЫЕ СКВАЖИНЫ ПРИ НАПРАВЛЕННОМ БУРЕНИИ

Дегазация угольных пластов в условиях непрерывного роста нагрузок на очистной забой является непременным условием высокопроизводительной и безаварийной работы в угольных шахтах. Федеральный закон № 186 ФЗ от 26 июля 2010 года о внесении изменений в статьи 1 и 14 Федерального закона «О государственном регулировании в области добычи и использования угля, об особенностях социальной защиты работников организаций угольной промышленности» требует обеспечить снижение содержаний взрывоопасных газов в угольных пластах и выработанном пространстве. Это неизбежно повлечет за собой в ближайшее время резкий рост буровых работ с целью предварительной дегазации угольных пластов до начала их разработки. При этом необходимо будет обеспечить снижение природной газоносности до 8-9 м³/т.

При средних значениях природной газоносности пластов Кузбасса на достигнутых глубинах разработки 20-25 м³/т, это довольно непростая задача, требующая поиска новых путей совершенствования залаговременной дегазации выемочных полей шахт.

В условиях высоких темпов ведения подготовительных работ и больших скоростей подвигания очистных забоев зачастую не удается выдержать даже минимально нормативных сроков функционирования скважин (180 суток), а тем более обеспечить их более длительную работу в дегазационной сети. В результате этого скважины вскрываются ранее положенного срока и эффект дегазации не достигает желаемого уровня.

Подобная ситуация складывается, как правило, при традиционных схемах дегазации угольных пластов скважинами, пробуренными из подземных выработок по восстанию или падению пласта

длиной не более 80-90 м, включая скважины, пробуренные в купол обрушения из ниш вентиляционного штрека. При дальнейшем росте нагрузок на очистной забой, когда газовый фактор становится реальным барьером для повышения производительности высокотехнологичной выемочной техники, возникает необходимость поиска новых технологий дегазации угольных пластов и выработанных пространств, обеспечивающих более полное извлечение метана на стадии подготовки выемочных полей к отработке.

В 2011 году в ОАО СУЭК-Кузбасс на шахте им. С.Н. Кирова было начато бурение длинных скважин станком направленного бурения VLD-1000A, способным бурить скважины длиной до 1000 м. Первая группа из восьми скважин была пробурена в межпластовую толщу над пластом Болдыревским вдоль нарезанного столба по падению пласта (угол падения 8-9°). Длина скважин составляла от 100 до 650 м (рис. 1). Скважины бурились из одной точки и распределялись в виде веера в межпластовой толще, ориентированного навстречу будущему направлению отработки столба.

Технология бурения длинных скважин данным станком позволяет осуществлять контроль траектории движения бурового инструмента в массиве и при необходимости ее корректировать, если произошло отклонение от заданного направления. Отвод метановоздушной смеси из скважин осуществляется по участковому газопроводу диаметром 273 мм, проложенному по центральному магистральному путевому штреку. Соединение скважин с участковым газопроводом производится с помощью гибкого гофрированного шланга. Газопровод подключен на поверхности к вакуум-насосу ВВН2-150М. На каждой скважине произ-



Рис. 1. Схема бурения скважин в кровлю пласта Болдыревский

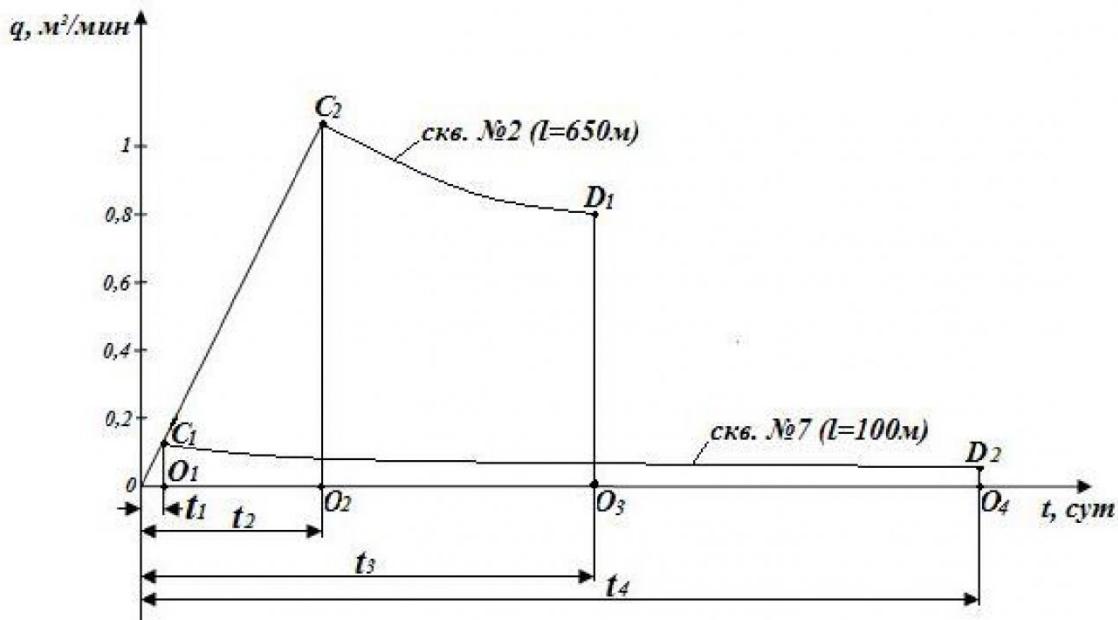


Рис. 2. Дебит газа в скважину № 2, пробуренную в межпластовую толщу над пластом Болдыревским

водились замеры разрежения в газопроводе, концентрации каптируемого метана, перепада давления на диафрагме, расхода газовоздушной смеси и дебита метана. Периодичность замеров составляла два раза в неделю при общем сроке работы скважин до 580 суток.

На рис. 2 представлены кривые газовыделения в скважине № 2 и № 7 как наиболее длинную и наиболее короткую, длина которых составляла соответственно 650 м и 100 м, время функционирования от начала бурения 77 и 580 суток (отрезки t_3 и t_4).

Анализируя кривую дебита в скважину № 2, можно выделить два характерных периода ее работы. Первый период (O_1O_2) характеризует рост газовыделения из скважины в процессе ее бурения, хотя необходимо заметить, что в это время замеры на скважине не ведутся ввиду отсутствия физической возможности их осуществления. Вместе с тем по мере продвижения бурового инструмента вглубь массива и увеличения поверхности обнажения внутри скважины можно сделать допущение о линейном характере роста дебита газа во времени, в результате чего уровень газовыделения достигает точки C_2 , от которой уже начинаются регулярные замеры параметров работы скважины под вакуумом.

Второй период работы скважины (O_2O_3) начинается после подключения ее к дегазационному трубопроводу и сопровождается постепенным снижением дебита метана по мере истощения его запасов в прискважинной зоне массива. На рис. 2 объемы метана, извлеченного во время первого и второго периодов, могут быть соответственно аппроксимированы площадями фигур OC_2O_2 и $O_2C_2D_1O_3$.

Учитывая то обстоятельство, что процесс бу-

рения длинных скважин является довольно продолжительным, первая составляющая дебита газа может иметь достаточно весомую долю в общем объеме метана, каптируемого скважиной. Так, в скважине № 2 при бурении выделилось 27360 м³ газа, а при работе под вакуумом 75840 м³. Если не учитывать газ, извлеченный из массива при бурении скважины, то можно занизить фактический дебит метана на 36%. Для сравнения на рис. 2 также приведена кривая газовыделения в скважину № 7, которая была пробурена в межпластовую толщу над пластом Болдыревским в одной серии со скважиной № 2, но имела длину всего 100 м. На графике газовыделения в скважину № 7 также можно выделить два характерных периода ее работы по аналогии со скважиной № 2, однако, ввиду низкого значения ее общего дебита доля газа, выделившегося в процессе бурения, будет весьма малой по отношению к общему количеству метана, выделившегося за все время ее работы (площадь фигуры OC_1O_1), что позволяет не учитывать эту слагаемую в практических расчетах.

Рассмотрим далее возможные варианты работы длинных скважин с точки зрения длительности периода бурения и последующей работы под вакуумом. На рис. 3 показаны различные варианты кривых газовыделения в скважину в зависимости от длительности процесса бурения. Кривая 1 характеризует случай, если бы период бурения отсутствовал, и внутренняя поверхность скважины образовалась бы мгновенно (теоретический вариант). Для скважины длиной 650 м и диаметром 298 мм площадь этой поверхности составила бы 608,2 м², а газоотдача с нее была бы в начальный момент максимальной с последующим снижением во времени. Поскольку в реальных условиях процесс бурения занимает определенное, а для длин-

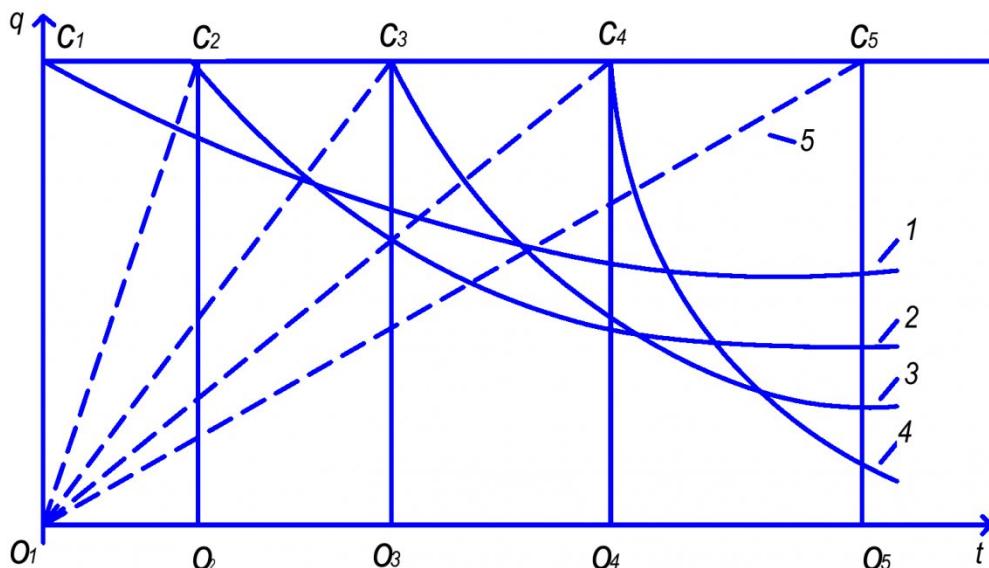


Рис. 3. Кривые газовыделения в длинную скважину с разными сроками бурения

ных скважин и весьма значительное время (10-20 суток), линия, характеризующая газовыделение в скважину во время бурения, будет представлена прямой, наклоненной к оси абсцисс под углом, величина которого зависит от времени бурения (кривые 2-4).

В этом случае объем газа, выделившегося в скважину в период бурения, может быть представлен в виде площади фигур соответственно $O_1C_2O_2$, $O_1C_3O_3$, $O_1C_3O_3$, $O_1C_4O_4$.

Практически возможен и вариант, когда бурение ведется в крепких породах межпластовых толщ и полное время функционирования скважины равно времени, затраченному на ее бурение (кривая 5), вследствие чего полный объем выделившегося метана будет аппроксимирован площадью фигуры $O_1C_5O_5$. При всех вариантах формирования дебита метана суммарный объем газа, каптированного скважиной, постоянный

$$Q_{\delta} + Q_b = Q_{\text{сум}} \quad (1)$$

где Q_{δ} и Q_b – количество метана, выделившегося в процессе бурения скважины, и после герметизации скважины и подключения ее к вакуумнасосу, м^3

Первое слагаемое в (1) может быть определено как площадь треугольника

$$Q_{\delta} = \frac{1}{2} t_{\delta} \cdot q_{\max} \quad (2)$$

где t_{δ} – время бурения скважины, сут;

q_{\max} – дебит метана на момент окончания бурения, $\text{м}^3/\text{сут.}$

Второе слагаемое рассчитывается путем интегрирования функции, характеризующей снижение дебита метана в скважину во времени. При экспоненциальном характере изменения газовыделения в скважину эта величина описывается уравнением

$$Q_b = \frac{q_{\max}}{\beta} (1 - e^{-\beta t}) \quad (3)$$

где β – коэффициент, характеризующий темп снижения дебита газа в скважину во времени, $1/\text{сут.}$

t – время работы скважины после герметизации, сут.

Таким образом, необходимым условием, обеспечивающим точность расчетов объемов газа, извлекаемого из массива длинными скважинами, является регистрация времени бурения скважин и последующие регулярные замеры параметров их работы под вакуумом до полного окончания.

Изложенные результаты первого опыта применения в Кузбассе направленного бурения длинных скважин, ориентированных в пространстве, позволяют обозначить основные подходы к определению их дебита от начала бурения до отключе-ния от вакуум-насоса, что позволит значительно повысить точность расчетов объемов метана, извлекаемого из массива при заблаговременной дегазации выемочных полей шахт.

□ Авторы статьи:

Шевченко
Леонид Андреевич,
докт. техн. наук, проф., зав.
каф. аэрологии, охраны труда и при-
роды КузГТУ,
e-mail : chla@kuzstu.ru

Ковалев
Владимир Анатольевич,
докт. техн. наук, проф.,
ректор КузГТУ,
e-mail : kva@kuzstu.ru

Гришин
Валерий Юрьевич,
зам директора по промыш-
ленной безопасности
ОАО СУЭК-Кузбасс.