

УДК 622.817.47

К ВОПРОСУ О НАУЧНОМ СОПРОВОЖДЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

TO THE QUESTION ABOUT THE SCIENTIFIC SUPPORT OF THE OP- ERATION OF DEGASSING SYSTEMS

Шевченко Леонид Андреевич, профессор, д.т.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)

Shevchenko Leonid Andreevich, professor, doctor of engineering sciences.
(KuzSTU, Kemerovo)

Рассматривается процесс газового истощения угольного массива через внутреннюю поверхность скважины в различные моменты времени. Скважина рассматривается как горная выработка в миниатюре, проходящая при бурении участка угольного пласта с различными значениями газоносности от минимальных, в начале бурения с бортов выработки, до максимальных, при входе забоя скважины в зону природной газоносности.

Отмечается сложный характер формирования дебита метана в скважину на разных этапах ее работы. Предлагается аналитическая аппроксимация газовыделения в виде экспоненциальной функции, характеризующей зависимость дебита метана от времени, построенная на замерах фактических показателей режима на устье скважин. Высказывается целесообразность определения всех параметров работы скважин экспериментальным путем с целью формирования собственного банка данных, пригодных для расчетов на аналогичных объектах.

Ключевые слова: угольный пласт, скважина, дегазация, дебит газа, газоносность, газовое давление.

The process of gas depletion of a coal mass through the inner surface of a well at various points in time is considered. Wells are considered as a miniature mine working during drilling of a section of a coal seam with different values of gas content from the minimum, at the beginning of drilling from the sides of the development, to maximum, when the bottom of the well enters the natural gas content zone. The complex nature of the formation of methane flow rate in the well is noted at different stages of its operation. An analytical approximation of gas release in the form of an exponential function characterizing the dependence of the methane production rate on time, based on measurements of the actual performance indicators at the wellhead is proposed. Expressed the expediency of determining all the parameters of the wells experimentally in order to form their own data bank, suitable for calculations on similar objects.

Key words: coal seam, well, degassing, gas flow rate, gas-bearing capacity, gas pressure.

В вопросах теории и практики дегазации угольных пластов большое значение имеет адекватное представление о процессах фильтрации метана в массиве к искусственно создаваемым поверхностям обнажения в виде скважин. Ввиду того, что в скважине, которая бурится из горной выработки, давление без особой погрешности можно считать равным атмосферному, а в угольном пласте оно может достигать десятки атмосфер, формируются условия, побуждающие интенсивную фильтрацию газа в направлении скважины. Учитывая, что угольный пласт имеет осадочное происхождение и соответственно трещиновато-пористую структуру, интенсивность газового потока кроме градиента давления будет зависеть еще и от ряда других факторов, среди которых ориентация трещин относительно направления движения газа и их совпадение, либо несовпадение с наиболее проводящими трещинами, которыми, как правило, являются трещины напластования, ориентированные параллельно плоскости пласта. Об этом свидетельствуют многочисленные экспериментальные данные по дебиту скважин, по-разному ориентированных в угольных пластах, когда газовыделение в скважины, расположенные вкрест простирания пласта превышают дебит скважин, пробуренных параллельно плоскости пласта на один-два порядка [1, 2].

Соответственно изменяется и конфигурация прискважинной зоны угольного пласта, формирующейся за счет разгрузки от газового давления. В первом случае это круговой цилиндр с радиусом, равным радиусу влияния скважины, во втором – это эллиптический цилиндр, большая ось основания которого направлена по напластованию, а малая – перпендикулярно ему. При составлении проектов дегазации этот фактор должен учитываться с целью более полного охвата дегазируемого объема угольного массива.

Независимо от ориентации скважин в пласте кривые их дебита имеют качественную аналогию при достаточно большом диапазоне количественных показателей. В то же время кривая дебита газа в скважину является наиболее точным показателем ее продуктивности, а также фильтрационных и иных свойств угольного пласта. Она позволяет определить собственные газодинамические характеристики угольного массива и осуществлять их прогноз. На рис. 1 представлена типовая кривая дебита газа в скважину, на которой можно выделить два этапа ее работы – период бурения, когда дебит газа интенсивно растет и период свободного истечения метана в горную выработку, в том числе работу под вакуумом.

Аналитически график роста дебита газа в первом периоде находится в прямой зависимости от времени бурения, а объем выделившегося метана может быть представлен в виде площади треугольника $O A_0 B_0$

$$Q_0 = \frac{1}{2} \cdot q_0 t_6 \quad (1)$$

где q_0 – дебит газа на момент окончания бурения, $\text{м}^3/\text{сут}$; t_6 – время бурения, сут.

Время бурения зависит от длины скважины и может длиться до нескольких суток при бурении скважин большой длины до 1000 м, что, в частности, практикуется на шахтах СУЭК-Кузбасс. В этом случае объемом метана, выделившегося при бурении скважины, нельзя пренебрегать и он должен учитываться при расчете общего объема, извлеченного скважиной из угольного пласта за все время ее работы [3, 4, 5].

Газовыделение на втором этапе работы скважины носит более сложный характер и требует аналитической аппроксимации в виде определенной функции. Для убывающих функций имеется достаточное количество аналитических выражений, но, на наш взгляд, наиболее адекватной в этом случае может быть функция экспоненциального типа

$$q_i = q_0 e^{\beta t} \quad (2)$$

где β – коэффициент, характеризующий темп снижения дебита газа, 1/сут.

Для нахождения коэффициента β необходимо накопление некоторого числа замеров дебита газа, что может потребовать 1,5-2 месяца. В качестве компенсации за затраченное время мы получаем уверенный прогноз газовыделения в скважину, что впоследствии позволит составлять качественные проекты дегазации угольных пластов. Имея функцию дебита газа в скважину, можно смоделировать поэтапные изменения газоотдачи прискважинной зоны угольного массива в различные моменты времени [6, 7]. Взяв за основу кривую дебита метана после окончания бурения второй этап), используя функцию (2) и взяв ее интеграл, получим объем извлеченного метана на момент времени t_1

$$Q_i = \frac{q_0}{\beta} \cdot \left(1 - e^{-\beta t_1}\right) \quad (3)$$

Тогда приращение извлеченного объема метана за отрезок времени от t_i до t_{i+1} будет равно

$$\Delta Q_i = \frac{q_0}{\beta} \cdot \left[\left(1 - e^{-\beta t_i}\right) - \left(1 - e^{-\beta t_{i+1}}\right) \right] \quad (4)$$

или

$$\Delta Q_i = \frac{q_0}{\beta} \cdot \left(e^{-\beta t_{i+1}} - e^{-\beta t_i} \right) \quad (5)$$

Величина ΔQ_i зависит от разности $(t_{i+1} - t_i)$ и при ее уменьшении стремится к нулю.

Суммарное количество газа, выделившегося в скважину за все время ее работы, составит

$$Q = Q_0 + \sum_{i=1}^n Q_i \quad (6)$$

где Q_0 – объем газа, выделившегося за время бурения скважины, м³.

Необходимо иметь ввиду, что газ, выделившийся в скважину за время бурения, которое, как отмечалось выше, может достигать нескольких суток, не улавливается системой изолированного газоотвода, а поступает непосредственно в горную выработку, откуда осуществляется бурение, создает дополнительную нагрузку на вентиляцию, что должно учитываться при обурывании участка. Отношение объема газа, выделившегося при бурении, к объему, извлеченному за весь последующий период работы скважины, определяет коэффициент газоулавливания и характеризует в целом экологическую чистоту шахтной атмосферы

$$K = \frac{Q_0}{\sum Q_i} \quad (7)$$

Как показывает практика, значение этого коэффициента зависит от длины скважины и с ее увеличением растет, так как при бурении газ десорбирует из угля наиболее интенсивно, поскольку скважина внедряется в недегазированный массив с высокой природной газоносностью.

В этом плане необходимо максимально сокращать время бурения скважин, особенно скважин большой длины с целью уменьшения Q_0 , а следовательно коэффициента K в целом. Достичь этого можно за счет более полного использования бурового оборудования и сокращения простоев.

В заключение следует отметить, что в свете современных тенденций повышения темпов подземной угледобычи дегазация угольных пластов становится самостоятельной технологической операцией, требующей тщательного подхода к ее организации и практической реализации. Это требует от работников соответствующих служб шахт принципиально иного подхода к данной проблеме и качественного научного сопровождения при эксплуатации дегазационных систем с целью повышения их эффективности.

Список литературы

1. Шевченко Л.А. Пути повышения эффективности предварительной дегазации угольных пластов Кузбасса. / Горный информационно-аналитический бюллетень. Вып. 7. «Аэрология, метан, безопасность» – М.: МГГУ. – 2011. – С. 242-245.
2. Ковалев В.А. Формирование дебита газа в длинные скважины при направленном бурении. В.А. Ковалев, В.Ю. Гришин, Л.А. Шевченко / Вестник КузГТУ – 2013. – № 4. – С. 58-60.

3. Шевченко Л.А. Процессы газоотдачи газоносного массива в длинные скважины. / Вестник КузГТУ. – № 3. – 2014. – С. 51-55.
4. Шевченко Л.А. Влияние длины дегазационных скважин на динамику газоотдачи угольного массива. / Безопасность труда в промышленности. – № 7. – 2015. – С. 44-47.
5. Шевченко Л.А. О физической модели газодинамики угольного массива в зонах влияния скважин. / Уголь. – № 9. – 2015. – С. 39-41.
6. Ткаченко Д.А. Математическое моделирование газодинамического состояния угольного массива в зоне влияния скважины в процессе бурения. Д.А. Ткаченко, С.Н. Астрakov, Л.А. Шевченко. / Вестник КузГТУ. – № 1. – 2016. – С. 67-79.
7. Ткаченко Д.А. Физические аспекты массопереноса метана в зонах влияния скважин при дегазации угольных пластов. / Известия вузов. Горный журнал. – № 5. – 2019. – С. 37-43.