

УДК 622.272

В.В. Мельник, Л.И. Шулятьева, А.В. Шабловский
ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕГАЗАЦИИ
ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТОВ
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫМИ ОЧИСТНЫМИ
КОМПЛЕКСАМИ

Изложен метод обоснования параметров дегазации выемочных полей шахты. Рассмотрены методы дегазации, применяемые на шахтах России и Казахстана. Изложен алгоритм совместной оптимизации параметров технологических схем дегазации и очистных работ. Приведены результаты расчёта продолжительности дегазации для различных горно-геологических условий.

Ключевые слова: газообильность, газоотдача, параметры дегазации, нагрузка на забой, технологические схемы очистных работ, скважинная дегазация, совместная оптимизация.

Семинар № 16

Применение высокопроизводительных очистных комбайнов обусловило необходимость исследования и построения пространственно временной модели работы очистного забоя. Проведенные исследования на основании пооперационного моделирования затрат времени позволили установить зависимость сменной нагрузки на очистной забой от основных горнотехнических факторов при уступной схеме работы комбайна

$$D_{сут} = n_{сут} 1210 r (0,977 m_{в} - 0,624) \times \\ \times \left[\frac{V_{cp}}{0,557 V_{cp} + 2,479} \right] \left(1,46 - \frac{61,464}{L_l} \right) \times \\ \times (1,014 - 0,0092 \alpha_l) \quad (1)$$

где $n_{сут}$ - количество суток работы лавы по добыче; $m_{в}$ - вынимаемая мощность пласта, м; α_l - угол наклона лавы, град.; L_l - длина лавы, м; r - ширина захвата исполнительного органа комбайна, м; V_{cp} - средняя ра-

бочая скорость подачи комбайна, м/мин.,

$$V_{cp} = \frac{V_{cp.3} + V_{cp.8}}{2} \quad (2)$$

$V_{cp.3}, V_{cp.8}$ - скорость движения комбайна соответственно по выемке и зачистке.

Однако, на практике, величина сменной нагрузки в значительной степени определяется газообильностью участка. В связи с этим целью проведенных исследований было установление оптимальных параметров мероприятий по дегазации выемочного столба для обеспечения выполнения условия

$$D_{cm}^{ef} - D_{cm} \geq 0, \quad (3)$$

где D_{cm}^{ef} - предел допустимой нагрузки на лаву по газовому фактору, т/см.

Снижение нагрузки на забой предполагает необходимость снижения скорости подачи комбайна. В этой связи стоит проблема обоснова-

ния целесообразности использования высокопроизводительной техники на высокогазоносных пластах при низкой газоотдаче, которая определяет низкий коэффициент дегазации пласта.

Газодинамическое состояние угольных пластов и вмещающих пород является одним из сдерживающих факторов очистных и подготовительных работ. При этом наиболее частые выбросы угля и газа на шахтах Карагандинского бассейна приходятся на долю горно-подготовительных работ. Как показали исследования [6], в связи с тем, что с углублением горных работ величина горного давления приближается к пределу прочности углей на сжатие (что приводит к снижению устойчивости трещин), значительно снижается эффективность проведения дегазационных мероприятий. В работе рассматриваются ТС ведения дегазационных мероприятий, проводимых в период эксплуатации горизонта в сочетании с другими способами снижения газобильности выемочного участка, так как в соответствии с распределением запасов угля на шахтах Карагандинского бассейна, основная их часть расположена на глубине 400...700 м. Дальнейшее углубление горных работ является фактором, усложняющим поиск эффективных методов дегазации пластов и борьбы с внезапными выбросами угля и газа. Результаты проведения дегазационных мероприятий путем бурения скважин и капитажа метана с дневной поверхности или со сближенных отрабатываемых пластов при моделировании параметров дегазации в период вскрытия, подготовки и отработки выемочных полей рассматриваются как исходная информация.

Наиболее распространенный способ дегазации газоносных пластов в

России и Казахстане – дегазация скважинами, пробуренными как с дневной поверхности, так и с газодренажных и подготовительных выработок. Производительность одной скважины за период времени T_{deg} (P_t) [3],

$$P_t = q_0 \frac{1 - \exp(-\beta T_{deg})}{\beta} l_{скв}, \text{ м}, \quad (4)$$

где q_0 - начальное удельное метано-выделение из скважины, $\text{м}^3/\text{сут.м}$; $l_{скв}$ - длина скважины, м; β - коэффициент, учитывающий влияние газопроницаемости угля,

$$\beta = 0,003 \times \exp(-7,6K), \quad (5)$$

K - коэффициент газопроницаемости, мдарси; T_{deg} - продолжительность дегазации на длину скважины, сут.

Количество газа-метана в выемочном столбе

$$Q = L_{cm} L_{ll} m_n x, \text{ м}^3, \quad (6)$$

где m_n - полная мощность разрабатываемого пласта, м; L_{cm} - длина столба, м.

Остаточная газоносность после проведения дегазационных мероприятий в течение времени T_{deg}

$$x_0 = \frac{Q - N_{скв} P_t}{L_{cm} L_{ll} m_n \gamma_{cp}}, \text{ м}^3/\text{т}, \quad (7)$$

где $N_{скв}$ - количество скважин, в массиве угля выемочного столба.

В табл. 1 приведена остаточная газоносность массива при дегазации пласта скважинами, пробуренными как с дневной поверхности, так и с газодренажных выработок для некоторых горнотехнических условий.

В табл. 2 приведены рассчитанные значения P_t для некоторых пластов Карагандинского бассейна.

Продолжительность дегазации выемочного столба, при условии дости-

Таблица 1
Остаточная газоносность массива
при дегазации скважинами

Суммарная длина скважин	Природная газоносность пласта, м ³ /т					
	5	10	15	20	25	30
100	3,93	3,7	3,51	3,31	3,10	2,89
120	4,75	5,55	4,34	4,13	3,93	3,72
160	6,41	6,2	5,99	5,79	5,58	5,37
200	8,06	7,85	7,65	7,44	7,23	7,03
300	12,2	12,0	11,78	11,58	11,37	11,16
400	16,33	16,12	15,92	15,71	15,5	15,3
600	24,6	24,39	24,19	23,98	23,77	23,57

Таблица 2
Производительность дегазационных скважин для некоторых
горно-геологических и горнотехнических условий, м³

Продолжительность дегазации, суток	Коэффициент фильтрации			
	0,0014	0,0006	0,0003	0,0001
	Начальное удельное метановыделение, q_0 , м ³ /м × сут.			
	0,14	0,19	0,60	0,65
2	0,2796	0,3798	1,1996	1,3000
4	0,5584	0,7591	2,3986	2,5994
6	0,836	1,1380	3,5968	3,8988
8	1,1137	1,5164	4,7942	5,1979
10	1,3902	1,8943	5,991	6,4967

жения остаточной газоносности установленной её величины

$$T_{deg} = 0,0333\beta^{-1} \ln \left[\frac{\beta(x - x_0)}{q_0 N_{скв}} \right], \text{ мес.}, \quad (8)$$

где x_0 - остаточная газоносность пласта в результате проведения дегазационных мероприятий, м³/т.

Предлагаемый алгоритм обоснования производительной плотности скважин, позволяющий установить оптимальные объёмы их бурения при заданных параметрах газоносности и продолжительности капитажа метана при различных комбинациях схем дегазации. Для эффективного применения высокопроизводительных очистных комбайнов необходимо применение комбинированных схем дегазации пласта и вмещающих пород; так, увеличение коэффициента дегазации на 10 % позволяет увеличить скорость

подачи комбайна на 4,8 %; на основании этого обоснована максимально возможная нагрузка на очистной забой при разработке газоносных пластов.

Эффективность ведения дегазационных мероприятий – один из основных факторов, определяющих допустимую нагрузку на очистной забой. Руководствуясь [4], предельно допустимая нагрузка

$$D_{sym}^{\phi} = \frac{864U_{max} S_{och.p} C}{(x - x_0)(1 - \frac{T_m}{1440})(1 - k_{deg.pl}) + q_{och}}, \text{ т} \quad (9)$$

где U_{max} - максимально допустимая ПБ скорость движения воздуха в очистном забое, м/с; $S_{och.p}$ - расчётная площадь поперечного сечения призабойного пространства очистной вы-

работки, м²; C - допустимая концентрация газа в исходящей вентиляционной струе, %; $k_{deg,pl}$ - коэффициент, учитывающий эффективность дегазации пласта, рассчитывается согласно [1,4]; q_{oc} - газообильность лавы, определяемая согласно [1,4], м³/т; T_m - время работы очистного комбайна в сутки по добыче, мин., $T_m = n_{sm} N_{sm} t_{mash}$, мин/сут., (10) t_{mash} - продолжительность работы комбайна на цикл, мин./цикл,

$$t_{mash} = \frac{L_l}{(1,08-0,01\alpha_l)} \cdot \left(\frac{1}{V_{cp,8}} + \frac{1}{V_{cp,3}} \right) \quad (11)$$

$V_{cp,8}$, $V_{cp,3}$ - средняя рабочая скорость подачи комбайна соответственно по выемке и по зачистке, м/мин., при членковой схеме принимается

$$\frac{1}{V_{cp,3}} = 0;$$

N_{sm} - количество циклов в смену, $N_{sm} = (T_{sm} - T_{nz}) / t_u$ (12)

где T_{sm} - продолжительность смены, мин.; T_{nz} - продолжительность подготовительно-заключительных операций, $T_{nz} = 20$ мин/см; t_u - продолжительность одного цикла, мин.,

$$t_u = \frac{L_l}{(1,08-0,01\alpha_l)} L_l \times \left[\left(\frac{1}{V_{cp,8}} + \frac{1}{V_{cp,3}} + \sum t_{v8} \right) \left(1 + \frac{k_o}{100} \right) + t_{nm} \right] \text{ мин.,} \quad (13)$$

$\sum t_{v8}$ - удельная продолжительность вспомогательных операций на 1 метр лавы, не перекрываемых работой комбайна, мин.,

$$\sum t_{v8} = 0,403 + \frac{45,3}{L_l}, \text{ мин/м}$$

t_{nm} - удельная продолжительность технологических перерывов, прерывающих работу комбайна, мин./м лавы, $t_{nm} = 21,18/L_l$; k_o - коэффициент, учитывающий продолжительность отдыха рабочих, $k_o = 10$ %; α_l - угол наклона лавы, град.

Применение новой высокопроизводительной техники с повышенными скоростями подачи комбайнов, как по выемке, так и по зачистке приводит к невозможности использование формулы по расчёту нагрузки на лаву по результатам плановых замеров, приведенную в [4]. Это обусловлено тем, что входящие в неё коэффициенты рассчитаны при низких скоростях подачи комбайнов отечественного производства.

Общая длина скважин, пробуриваемых в зоне выемочного столба, зависит от способа размещения скважин, его размеров и конфигурации. В работе [5] предлагается осуществлять текущую дегазацию отрабатываемого пласта бурением перекрещивающихся скважин, который обеспечивает снижение метановыделение из разрабатываемого массива на 40 %. Возможно повышение эффективности этого способа дегазации до 50 % при условии применения предварительного гидроразрыхления пласта, осуществляя через пластовые скважины или скважины с поверхности. Предлагаемый комбинированный способ может быть дополнен бурением дегазационных скважин с поверхности. При использовании комбинированного способа дегазации расчёт остаточной газоносности выемочного столба производится последовательно во временной динамике, что позволяет моделировать состояние массива по остаточной газоносности столба, согласно (7).

На некоторых шахтах Карагандинского бассейна для снижения газоносности выемочного столба используется способ дегазации путём бурения скважин из дополнительного пройденного дренажного штрека. Оценка эффективности использования такого способа борьбы с газом в конкретных условиях его применения предполагается с учётом затрат на дополнительные работы по проведению и поддержанию штрека в период его эксплуатации. Многократное и многоцелевое использование такой выработки даёт возможность оптимизировать затраты.

Формирование модели оптимизации основано на том, чтобы установить целесообразность использования высокопроизводительных комплексов при условии полной безопасности выемки угля в высокогазоносных очистных забоях. Учитывается в модели и максимальная эффективность дегазационных мероприятий. Таким образом, модель осуществляет совместную оптимизацию параметров технологических схем дегазации и выемки угля.

Условие выбора оптимальных параметров технологических процессов очистных и подготовительных работ с учётом ведения дегазационных мероприятий может быть представлено следующим образом:

для всех $l \in k, k \in j$ необходимо выполнение условия

$$T_{подг_j} - T_{отр_{j-1}} \rightarrow \min,$$

при условии, что

$$D_{cm}^{ef} - D_{cm} \geq 0 \quad (14)$$

где k, l, j - индексы соответственно серии выработок ($k=1, 2, \dots, K$), выработки ($l=1, 2, \dots, L$), очистного забоя ($j=1, 2, \dots, m$); $T_{отр_{j-1}}$ - продолжительность отработки $j-1$ -го выемочного столба, мес.; $T_{подг_j}$ - продолжительность подготовки очистного забоя к выемке, мес.,

$$T_{подг_j} = T_{пр_j} + T_{под_j}, \quad (15)$$

$T_{пр_j}$ - продолжительность работ по проходке выработок для подготовки j -го столба, мес.

Предложенная модель расчёта и оптимизации параметров технологического процесса дегазации объекта позволяет обосновать их объёмы и продолжительность, которые, при допустимой ПБ скорости движения воздуха по этим объектам, дают возможность осуществлять непрерывность работы техники. Таким образом, создаётся система проверок, обеспечивающих надёжность модели. Проверки осуществляются путём привязки объёмов работ по дегазации и объёма добычи к стандартным программам по расчёту вентиляции, используемым на шахтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по дегазации угольных шахт. – М., Недра, 1975. – 186 с.
2. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т.1, кн.1. М., Недра, 1983, 465 с.
3. Методические указания по выбору параметров регионального способа предотвращения внезапных выбросов угля и газа путём предварительной дегазации на шахтах Карагандинского бассейна. Караганда, ВостНИИ, 1984. – 23 с.
4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. М., Недра, 1975, 238 с.
5. Реструктуризация в угледобывающих регионах стран-членов ЕЭС на примере Великобритании. Состояние и развитие угольной промышленности зарубежных стран, ЦНИИИуголь, 1994, вып. 3 и 4

6. Трубецкой К.Н., Гурыянов В.В. Повышение эффективности подземной разработки высокогазоносных угольных месторождений на основе организации совместной добычи угля и метана. Уголь. 2003, № 9. С. 3-6

7. Карагандинский угольный бассейн: Справочник/Н.А.Дрижд, С.К. Баймухаметов, В.А. Тоблер и др. – М.: Недра, 1990. – 299 с.:ил. **ГИАС**

Коротко об авторах –

Мельник В.В. – доктор технических наук, зав. кафедрой ПРПМ, smsu-prpm@yandex.ru
Шулятьева Л.И. – кандидат технических наук, докторант кафедры ПРПМ,
Шабловский А.В. – аспирант каф. ПРПМ,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@mstu.ru

