

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ И ДЕГАЗАЦИИ ЛАВ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ШАХТАХ

к.т.н. Касимов О.И. (Мак НПП), д.т.н. Ильюшенко В.Г., к.т.н. Бокий Б.В.  
(шахта им. А.Ф.Засядько)

Применяемый метод проектирования вентиляции и дегазации лав на действующих шахтах необоснованно ограничивает максимально допустимую нагрузку на очистные забои, так как не учитывает возможности увеличения эффективности дегазации новых лав по сравнению с достигнутой в лавах-аналогах.

В соответствии с Руководством [1] максимально допустимая добыча в лаве, подготовленной для отработки по столбовой системе с погашенным выработок за очистным забоем, рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{макс}} = AI_{\text{уч.ф}}^{-1.67} \left[ \frac{Q_{\text{уч.макс}} \cdot (C - C_0)}{194} \right]^{1.93} \left( \frac{l_{\text{оч.р}}}{l_{\text{оч}}} \right) \quad (1)$$

$A$ ,  $I_{\text{уч.ф}}$   $l_{\text{оч}}$  - соответственно фактические средние значения добычи, дебита метана в исходящей из участка вентиляционной струе и длины очистного забоя лавы-аналога.

$Q_{\text{уч.макс}}$  - максимальный расход воздуха на участке проектируемой лавы, м<sup>3</sup>/мин.

$$Q_{\text{уч.макс}} = 60 S_{\text{оч}} V_{\text{оч}} K_{\text{ут.в}} \quad (2)$$

$S_{\text{оч}}$  - минимальная площадь поперечного сечения очистной выработки, м<sup>2</sup>.

$V_{\text{оч}}$  - допустимая скорость воздуха в очистной выработке, м/с.

$K_{\text{ут.в}}$  - коэффициент утечек воздуха через выработанное пространство.

Поскольку скорость воздуха ограничена Правилами безопасности, а площадь сечения - конструкцией забойной крепи, то единственной возможностью увеличения добычи является уменьшение длины забоя проектируемой лавы по сравнению с лавой-аналогом. Как видим, формула (1) не учитывает возможность повышения эффективности дегазации проектируемой лавы. Она не может быть учтена введением в формулу соответствующего

коэффициента эффективности, так как его величина зависит от дебита выделяющегося метана, а следовательно, от темпа добычи угля.

На шахтах, разрабатывающих пласты с газоносностью более  $15 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$  добыча ограничивается газовым фактором. В таких условиях не имеет смысла рассчитывать необходимый для проветривания расход воздуха. Он должен быть максимально возможным по скорости в очистной выработке (формула 2), либо по пропускной способности вентиляционной системы шахты. В обоих случаях расход воздуха на выемочном участке известен. Задача заключается в определении максимальной нагрузки на очистной забой при условии использования возможных в данных условиях способов дегазации. Она должна быть решена методом последовательных приближений по следующему алгоритму

1. Определяется метановыделение из разрабатываемого пласта в очистную выработку, которое может быть разбавлено до безопасного содержания с учётом его неравномерности

$$I_{нл} = \frac{Q_{оч}^{1,16}}{450,7(1 - K_{д.нл})} \quad (3)$$

$K_{д.нл}$  – Коэффициент эффективности планируемой дегазации пласта, доли принимается в соответствии с Руководством [2].

2. Рассчитывается допустимая добыча угля с учётом фактического метановыделения из разрабатываемого пласта в лаве-аналоге.

$$A_{оч} = A_{ф} \left( \frac{I_{нл}}{I_{ф.нл}} \right)^{1,67} \left( \frac{l_{оч.р}}{l_{оч.ф}} \right)^{0,67} \quad (4)$$

$A_{ф}$  – фактическая средняя добыча угля в лаве-аналоге, т/сут.

$I_{ф.нл}$  – среднее метановыделение из пласта при  $A_{ф}$   $\text{м}^3/\text{мин}$

$$I_{ф.нл} = I_{оч} (1 - K_{д.нл.ф}) \quad (5)$$

$I_{оч}$  – средний дебит метана в очистной выработке лавы-аналога,  $\text{м}^3/\text{мин}$  определяют по показаниям датчиков, установленных в лаве в 3-5 м от сопряжения лавы с вентиляционным штреком или по данным газовых съёмок.

$K_{д.нл.ф}$  – фактический коэффициент эффективности дегазации пласта в лаве-аналоге

$l_{оч.р}$  и  $l_{оч.ф}$  – длина очистного забоя планируемой лавы и лавы-аналога, м.

3. Рассчитывается среднее ожидаемое метановыделение на участке.

$$I_{оч.р} = I_{уч.ф} \left( \frac{A_{оч}}{A_{ф}} \right)^{0,6} \left( \frac{I_{оч.р}}{I_{оч.ф}} \right)^{0,4} \quad (6)$$

$I_{уч.ф}$  - средний общий фактический дебит метана на участке лавы-аналога, м<sup>3</sup>/мин.

$$I_{уч.ф} = I_u + 0,835I_{ск} + 0,45I_{н.ск} + I_{св} + I_{г.о} \quad (7)$$

$I_u$  - средний дебит метана в исходящей из участка вентиляционной струе, м<sup>3</sup>/мин.

$I_{ск}$  и  $I_{н.ск}$  - средний дебит метана, каптированного подземными скважинами и скважинами, пробуренными с поверхности, м<sup>3</sup>/мин.

$I_{св}$  - средний дебит метана, каптированного отрезками газопровода («свечами»), оставленного в выработанном пространстве, м<sup>3</sup>/мин.

$I_{г.о}$  - средний дебит метана в трубопроводе газоотсасывающей вентиляторной установки, м<sup>3</sup>/мин.

4. Определяется допустимый средний дебит метана в исходящей вентиляционной струе участка.

$$I_{д.м} = \left( \frac{Q_{оч.макс} \cdot K_{увтв}}{194} \right)^{1,16} \quad (8)$$

4. Дебит метана, который необходимо каптировать в проектируемой лаве, равен:

$$I_{н.д} = I_{уч.р} - I_{д.м} \quad (9)$$

Далее выбираются способы дегазации сближенных пластов и выработанного пространства, определяется общая величина уменьшения метановыделения в выработки за счёт применения каждого способа, которая должна быть не меньше  $I_{н.д}$ . Если имеющимися средствами дегазации не удаётся снизить выделение метана до требуемого уровня, добыча угля уменьшается на 50 т/сут. и расчёты повторяют, начиная с формулы (6) до тех

пор, пока не будет выполнено условие

$$\sum I_{\partial} \geq I_{н.д} \quad (10)$$

$\sum I_{\partial}$  - Суммарное снижение метановыделения в выработки за счёт применения комплекса дегазационных мер.

Учитывая громоздкость расчётов, их рекомендуется выполнять на ПЭВМ.

При расчёте эффективности выбранных способов дегазации следует учитывать их взаимное влияние. Так скважины, пробуренные с поверхности при прочих равных условиях уменьшают метанодобываемость подземных скважин, которые, в свою очередь, уменьшают эффективность дегазации выработанного пространства «свечами». В связи с этим расчёты следует начинать со скважин, пробуренных с поверхности. Применение их рекомендуется, если затраты на сооружение таких скважин окупаются за счёт использования добытого ими метана.

Метод расчёта метанодобываемости скважин изложен в «Руководстве по дегазации угольных шахт» [2]. Следует иметь в виду, что отвод газа каптированного скважинами, должен осуществляться по отдельному трубопроводу. Нельзя совмещать дегазацию сближенных пластов скважинами и дегазацию выработанного пространства «свечами», так как при этом невозможно обеспечить требуемое разрежение в устьях скважин...

6. Дебит метана, который может быть каптирован «свечами» оставляемыми в завале, рассчитывают в следующем порядке.

6.1. Из уравнения

$$I_X = I_{вн} \left( \frac{X}{L} + 1 \right) \text{EXP} \left( -\frac{X}{L} \right) \quad (11)$$

определяется расстояние от очистного забоя ( $X$ ), с которого должна отводиться метановоздушная смесь. Для этого всасывающий конец газопровода («свеча»), должен находиться не ближе  $X$  от забоя лавы,

$I_{вн}$  - метановыделение из выработанного пространства с учётом эффективности дегазации сближенных пластов скважинами.

$$I_{вн} = I_{учр} - I_{\partial,пл} - I_{оск} \quad (12)$$

$I_{оск}$  - общий полезный дебит метана, каптированного скважинами, дегазирующими сближенные пласты и окружающие породы, м<sup>3</sup>/мин.

$L$  - расстояние от очистного забоя, на которое приходится максимум выделения газа из сближенных пластов, м.

$$L = 9 + 0.8IM_{cp} \quad (13)$$

$M_{cp}$  - средневзвешенное расстояние до сближенных пластов, м, определяется по Руководству [1].

6.2. По известному расстоянию  $X$  определяется расход газовой смеси, которую необходимо каптировать «свечами», и содержание в ней метана.

$$Q_{см} = Q_X + I_X \quad (14)$$

$$Q_X = \left(1 - \frac{1}{K_{ym.e}}\right) Q_{yw} \text{EXP}\left((0.3f - 4)10^{-3}\right) \quad (15)$$

$f$  - средняя крепость пород кровли (по проф. М.М.Протодяконову) на расстоянии до восьми мощностей вынимаемого пласта от его кровли.

$$C = \frac{100I_X}{I_X + Q_X}, \% \quad (16)$$

6.3. В тех случаях, когда создается новая система для дегазации выработанного пространства, выбирается тип вакуум-насосов и определяется их количество ( $n$ ) обеспечивающее при параллельном включении подачу не менее  $Q_X$ .

Для насосов ВВН-50  $n = 0.034 Q_X$ .

Для насосов ВВН-2-150  $n = 0.0120 Q_X$ .

Результаты расчёта округляют до ближайшего целого числа.

Рассчитывается необходимый диаметр газопровода.

$$d_m = \left( \frac{4.8 * 10^{-5} l_T Q_X^2 \gamma}{P_6^2 - \left( K_1 + \frac{K_2 Q_X}{n} \right)^2} \right)^{0.187} \quad (17)$$

$P_6$  - барометрическое давление, мм.рт.ст.

$K_1$  и  $K_2$  - коэффициенты, учитывающие характеристику вакуум-насоса.

Для насосов ВВН-50  $K_1 = 38, K_2 = 14.4$ .

Для насосов ВВН-2-150  $K_1 = 114, K_2 = 4.3$ .

$l_T$  - длина трубопровода от вакуум-насосной станции до монтажной камеры проектируемой лавы, м.

$\gamma$  - плотность газовой смеси, кг/м<sup>3</sup>,  $\gamma = 5,37 * 10^{-3} (224 - C)$ .

6.5. Проверяется выполнение условия (10). Если оно не выполняется, то дополнительно применяют изолированный отвод газа из тулика погашаемой вентиляционной выработки газотсасывающей установкой с вентилятором ВМЦ-7. Расчёт параметров и режима работы установки производится в соответствии с Руководством [1] исходя из коэффициента эффективности не менее 0,7. Если и при этом не обеспечивается выполнение условия (10), то уменьшается планируемая добыча угля и повторяются расчёты, начиная с формулы (6).

6.6. В тех случаях, когда на шахте имеется дегазационная система (вакуум-насосная станция и газопроводы) для отвода газа из выработанного пространства, то определяется расход газовой смеси, который она может обеспечить при дегазации проектируемой лавы.

$$Q_x = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (18)$$

$$a = \frac{4.8 * 10^{-5} * l_m}{d_m^{5.33}} + \frac{K_2^2}{n^2} \quad (19)$$

$$b = \frac{2K_1 * K_2}{n} \quad (20)$$

$$c = P_6 - K_1^2 \quad (21)$$

6.7. Из (15) при известном значении  $Q_x$  определяется расстояние  $X$ , начиная с которого все утечки воздуха через выработанное пространство будут забираться в газопровод.

6.8. По (11) рассчитывается дебит метана, кагируемого газопроводом  $l_x$ , и проверяется соблюдение условия (10). Дальнейшие расчёты производятся, как и в предыдущем случае.

Предлагаемый метод расчёта позволяет не только рассчитать максимально допустимую по газовому фактору нагрузку на очистной забой, но и определить параметры и режимы всего комплекса дегазационных мер, который обеспечивает газовую безопасность выработок при максимальных темпах добычи угля. Это особенно важно для лав, оснащённых современной выемочной техникой, разрабатывающих газоопасные пласты, где метановыделение является основным фактором, ограничивающим добычу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. (Киев, 1994).
2. Руководство по дегазации угольных шахт. (Москва, 1990).