

В.И. Пилюгин, Г.П. Стариков

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЯ И ДЕГАЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ

*В статье выполнен анализ нормативной методики определения возможной нагрузки на очистной забой по фактору проветривания. Предложены направления, пути и средства совершенствования методики. Обоснованы пути повышения достоверности учета «газового фактора» на стадии технологического проектирования.*

---

### ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДІЮЧОЇ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ В ОБЛАСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОВІТРЮВАННЯ І ДЕГАЗАЦІЇ ОЧИСНИХ ВИБОЇВ

*У статті виконано аналіз нормативної методики визначення можливого навантаження на очистний вибій за фактором провітрювання. Запропоновано напрями, шляхи і засоби вдосконалення методики. Обґрунтовано шляхи підвищення достовірності врахування «газового фактора» на стадії технологічного проектування.*

---

### ADVANCE WAYS OF FUNCTIONAL REGULATORY SYSTEM IN THE AREA OF VENTILATION PLANNING AND LONGWALLS DEGASIFICATION

*This article gives an analysis of the regulatory methods for determining the possible load on the working face by a factor of ventilation. Propose directions and means of improving methodology. Justify the ways to improve the reliability of accounting "gas factor" on the stage of technological design.*

Большинство действующих угледобывающих шахт Донбасса являются сверхкатегорными по метановыделению и опасными по внезапным выбросам угля и газа. Эти два взаимосвязанных обстоятельства существенно усложняют технологии ведения горных работ, снижают уровень их безопасности и увеличивают издержки в процессе добычи угля.

В настоящее время так называемый «газовый фактор» учитывается на стадии технологического проектирования очистных работ путем ограничения уровня добычи. Расчет безопасной нагрузки на лаву по фактору проветривания  $A_{max}$  является

обязательной составной частью паспорта отработки каждого вводимого в эксплуатацию очистного забоя и осуществляется в соответствии с действующим в Украине «Руководством по проектированию вентиляции угольных шахт» [1].

Многолетняя практика ведения очистных работ на газовых пластах вскрыла крупные системные недостатки «Руководства...» [1] в вопросах прогнозирования и учета влияния «газового фактора». Главные из них следующие:

– основная расчетная формула по определению уровня безопасной добычи не отражает физической сути процесса выделения метана в очистную выработку и суще-

ственно занижает уровень проектной безопасной добычи ( $A_{max}$ ) по сравнению с требованиями ПБ;

– прогнозирование газовыделения осуществляется на основе недостоверных (и чаще всего завышенных) данных о фактической газоносности угольных пластов, полученных на стадии геологоразведки месторождения.

*Цель настоящей статьи* – обоснование путей повышения достоверности учета «газового фактора» на стадии технологического проектирования.

*Анализ достоверности основной расчетной формулы.* Методика расчета «максимально допустимой нагрузки на очистной забой по газовому фактору» приведена в разделе 7 «Руководства ...» [1]. Основная расчетная формула 7.2, которая повсеместно применяется в процессе технологического проектирования на шахтах (так называемый расчет по фактической метанообильности лавы-аналога), имеет следующий вид:

$$A_{max} = A\bar{I}_p^{-1,67} \left[ \frac{Q_p(C-C_o)}{194} \right]^{1,93} \times \left( \frac{l_{оч.p}}{l_{оч}} \right)^{-0,67}, \quad (1)$$

где  $A$  – фактическая добыча лавы-аналога при метановыделении  $\bar{I}_p$ , т/сут;

$\bar{I}_p$  – среднее фактическое метановыделение в очистной выработке, м<sup>3</sup>/мин;

$Q_p$  – максимальный расчетный расход воздуха в очистной выработке (выемочном участке) проектируемой лавы, м<sup>3</sup>/мин;

$C$  и  $C_o$  – соответственно допустимая концентрация метана в вентиляционной струе на выходе из лавы (участка) и на ее входе, %;

$l_{оч.p}$  и  $l_{оч}$  – соответственно проектная и фактическая длина очистного забоя.

Идея расчета состоит в том, что существует некая лавы (например, смежная), метанообильность и условия протекания которой практически идентичны или очень близки к проектируемой. Предельный уровень нагрузки проектной лавы устанавливается по показателям работы лавы-аналога и корректируется с учетом возможного изменения ее длины  $l_{оч.p}$  и расчетного количество подаваемого воздуха  $Q_p$ .

Практика ведения горных работ доказала полную несостоятельность такого подхода. В связи с этим он давно не применяется для проектирования нагрузок на очистные забои в развитых угледобывающих странах даже на концептуальном уровне.

Для обоснования такого утверждения упростим формулу (1) применительно к случаю, когда длина лавы при проектировании остается неизменной и в очистной забой поступает чистый воздух без наличия метана, т.е.  $C_o = 0$  и  $l_{оч.p} = l_{оч}$ . Тогда:

$$A_{max} = A\bar{I}_p^{-1,67} \left[ \frac{Q_p}{194} \right]^{1,93}.$$

Если обозначить  $k = A_{max} / A$ , то

$$k = \frac{A_{max}}{A} = \bar{I}_p^{-1,67} \left[ \frac{Q_p}{194} \right]^{1,93} = 3,84 \cdot 10^{-5} \cdot \bar{I}_p^{-1,67} \cdot Q_p^{1,93}. \quad (2)$$

Левая часть формулы  $k$  – это коэффициент, численно равный отношению расчетной (допустимой) и фактической нагрузок на очистной забой. Он показывает, какую долю от фактической добычи составляет расчетная при изменении других влияющих величин  $Q_p$  и  $\bar{I}_p$ .

Правая часть формулы 2 представляет собой выражение, которое при любых исходных данных, необходимых для определения входящих в нее величин  $Q_p$  и  $\bar{I}_p$ ,

отражает тенденцию изменения расчетной добычи по отношению к фактической. Таким образом, график изменения функции  $k = f(Q_p, \bar{I}_p)$  геометрически подобен графику  $A_{max} = f(Q_p, \bar{I}_p)$ . Построим этот график.

Для простоты представления установим пределы изменения величин  $Q_p$  и  $\bar{I}_p$ , которые характерны при обработке лав на пологих газовых пластах мощностью от 0,8 до 1,2 м. Примем, что:

– расход воздуха в лаве может изменяться  $Q_p = 600 \div 800 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;

– метановыделение очистного забоя изменяется  $\bar{I}_p = 2 \div 15 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

На рис. 1 приведены графики изменения относительной максимальной нагрузки на лаву по газовому фактору, т.е. функции  $k = f(Q_p, \bar{I}_p)$ . Они представляют собой гиперболы, которые независимо от расхода  $Q_p$  с ростом метановыделения  $\bar{I}_p$  стремятся к 0. Наиболее выраженная нелинейная тенденция уменьшения нагрузки  $k$  (падение с 1,4 до 0,4) имеет место при значениях  $\bar{I}_p = 3 \div 8 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Для анализа важно подчеркнуть, что если точка с координатами  $k$  и  $\bar{I}_p$  при заданном  $Q_p$  располагается выше графика, то соответствующая ей добыча превышает нормативные требования и противоречит «Руководству...», а если ниже – то удовлетворяет ему.

Рассмотрим случай, когда нагрузка на лаву проектируется (корректируется) на основе ее собственного фактического газоразделения, т.е. лава-аналог и проектируемая лава это один и тот же забой. Это допускается «Руководством...». Очевидно, что если соблюдаются требования ПБ относительно предельной концентрации метана, расчетная добыча должна быть равна фактической, т.е.  $A = A_{max}$ , а  $k = 1$ .

Из рисунка видно, что графики относительной добычи пересекают линию  $k = 1$  в

зеленом секторе, который отмечен индексом РВ. Этот сектор соответствует метановыделению  $3,6 \text{ м}^3/\text{мин}$  при  $Q_p = 600 \text{ м}^3/\text{мин}$  и  $5,2 \text{ м}^3/\text{мин}$  при  $Q_p = 800 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

Вместе с тем, в рассматриваемом интервале расходов воздуха, уровень метановыделения в лаве при допустимой по ПБ концентрации метана 1% может составлять  $\bar{I}_p = 0,01 \times Q_p = 6 \div 8 \text{ м}^3/\text{мин}$  (красный сектор ПБ). Таким образом, допустимые по ПБ точки пересечения кривых с линией  $k = 1$  реально располагаются существенно выше графиков (см. рис. 1) и при этом обеспечиваются безопасные условия добычи по фактору проветривания.

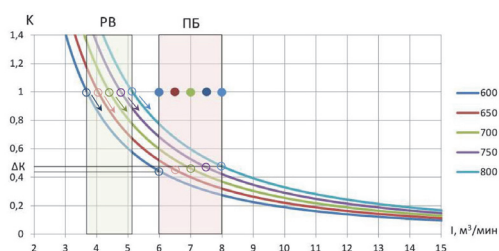


Рис. 1. Графики зависимости относительной нагрузки на лаву  $k$  от метановыделения  $I_p$  при различных объемах воздуха в лаве  $Q_p$

Если из точек пересечения кривых при  $Q_p = 600 \text{ м}^3/\text{мин}$  и  $Q_p = 800 \text{ м}^3/\text{мин}$  с границами зоны ПБ провести горизонтальные прямые на ось добычи, то они ограничат довольно узкую зону изменения относительной нагрузки на лаву в интервале 42÷45% (зона  $\Delta k$ ). Этот факт свидетельствует о том, что независимо от уровня достигнутой в лава-аналоге добычи, основная расчетная формула «Руководства...» примерно в 2-2,5 раза занижает проектную безопасную добычу. При этом, полученные в результате расчетов значения  $A_{max}$  не соответствуют предельно допустимому по ПБ содержанию метана в очистном забое.

Итак, основная расчетная зависимость определения допустимой нагрузки на очистной забой по газовому фактору дает неадекватные результаты, существенно занижая уровень проектной добычи. В этом плане она противоречит нормам ПБ.

*Повышение достоверности исходных данных.* Вторым важнейшим недостатком действующего «Руководства...» является его ориентация на использование при проектировании вентиляции недостоверных данных о фактической газоносности угольных пластов. Так, в разделе 3 значение фактической газоносности угольного пласта на стадии прогноза метанообильности горных выработок рекомендуется принимать по данным геологоразведки без уточнения в процессе ведения горных работ.

Уточнение данных геологоразведки в процессе ведения горных работ необходимо по следующим общеизвестным причинам:

1. Эти данные, ввиду большого расстояния между разведочными скважинами, отражают только основной тренд газоносности в пределах шахтного поля. При этом «нивелируются» локальные изменения этого параметра, обусловленные тектоникой конкретного участка. Очевидно, что именно они и предопределяют возможные опасные последствия влияния «газового фактора» на ведение горных работ;

2. Фактическая газоносность угольных пластов, залегающих в пределах горного отвода шахты, может существенно изменяться после геологоразведки в процессе отработки запасов. Это может выражаться как в ее снижении по отношению к уровню природной метаноносности в зонах подработки (надработки), так и в ее росте под границами целиков или краевых частей.

Уточнение газоносности в процессе их разработки является обязательным элементом системы «газовой» безопасности при добыче угля на шахтах Германии. Так, компанией DMT разработана и успешно применяется методика, позволяющая в течение 24 часов определять газоносность проб угля, взятых из шпуров длиной до 25 м. Шпуровы выбуриваются специальным

ручным станком по углю в подготовительном забое пластовой выработке. В процессе анализа пробы измельчаются и уголь отдает весь объем сорбированного в нем метана. По результатам измерений строятся карты изменения газоносности в пределах подготовленных угольных столбов, которые позволяют зонально прогнозировать газовую обстановку в лавах и при необходимости регулировать безопасный уровень добычи.

На основе данных о фактической газоносности осуществляется прогноз относительной газообильности горных выработок. Для этого применяется специально разработанный эмпирический метод DMT. Первоначально он был разработан для немецких угольных месторождений и в дальнейшем на базе замеров успешно калиброван к условиям бассейнов других стран.

В ИФГП НАН Украины разработаны оборудование и экспресс-метод для определения фактической газоносности угольного массива в призабойной зоне горных выработок. Шахтный измеритель давления и количества метана в угольных пластах – прибор ДС-03 (см. рис. 2), прошел приемочные испытания в условиях шахты им. А.А. Скочинского (ГП ДУЭК) и сертифицирован МакНИИ для применения в шахтах опасных по пылегазовому режиму (заключения экспертизы №232.09.00.047.10 от 09.03.2010 г.). Он оснащен автономным питанием, электронным блоком, системой коммуникации и управления. Время измерения 4-х одновременно отобранных проб составляет 20-30 мин. Газоносность и давление метана измеряются в призабойной зоны пласта с минимальным интервалом 0,5 м. Прибор имеет общую массу 7 кг и выполнен во взрывобезопасном исполнении.

Методика измерений основана на установленных закономерностях кинетики фильтрационных и диффузионных потоков метана из углей разного фракционного состава. Она включает бурение коротких шпуров в угольный пласт, отбор штыба с размером частиц не более 1 мм, размещение его в специальные измерительные капсулы

и замер газоносности. Потери свободной фазы метана при отборе угольных проб в процессе бурения учитываются за счет предварительного тестирования угля и составления его десорбционного паспорта.



Рис. 2. Общий вид прибора ДС-03 (ШИММ)

Использование ДС-03 (ШИММ) позволяет осуществлять мониторинг изменения газоносности и пластового давления метана в призабойной зоне подготовительных и очистных выработках в процессе ведения горных работ, корректировать темпы продвижения забоев с учетом обеспечения их безопасности, а также определять объемы добычи, позволяющие исключать формирование опасных концентраций метана в очистных забоях.

*Пути повышения достоверности учета «газового фактора» на стадии технологического проектирования:*

1. Как было показано выше, расчетная формула «Руководства...» по определению проектной нагрузки на очистной забой в условиях пологих газовых пластов мощностью около 1,0 м дает неадекватные, существенно заниженные результаты. Практически в этих условиях она приобретает следующий вид:

$$A_{max} = kA,$$

где  $k$  – это понижающий коэффициент, который изменяется в довольно узком диапазоне (от 0,42 до 0,45).

Это означает, что заложенный «запас прочности» формулы составляет 2,2-2,4, а разница между проектной и фактически достигнутой без нарушений ПБ добычей в любом случае составит 55-58%. В этой ситуации теряется всякий смысл в корректировке уровня добычи по результатам работы собственной лавы.

*В качестве простой альтернативы* (до изменения инструкции) предлагается для проектируемых по лаве-аналогу очистных забоев принять величину запаса, равную коэффициенту неравномерности газовыделения (30%). В этом случае составит  $k = 0,75$  и уровень проектной добычи приблизится к фактической.

*Второй, и на наш взгляд более точный и прогрессивный подход* к проектированию добычи, состоит в использовании уточненных фактических данных о газоносности отрабатываемого угольного пласта в пределах конкретного выемочного столба. Эксплуатационное уточнение газоносности – это первый реальный шаг по решению проблемы прогнозирования метановыделения на газовых шахтах, необходимый для разработки эффективных мероприятий борьбы с ним. Технические средства и методики для этого на сегодня имеются не только в мире, но и в Украине.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт [Текст]: Государственный нормативный акт об охране труда.* – К., 1994. – 311 с.

## ОБ АВТОРАХ

*Пилюгин Виталий Иванович – д.т.н., руководитель отдела по науке и инновациям Департамента по техническому развитию ООО «ДТЭК».*

*Стариков Геннадий Петрович – д.т.н., заведующий отделом прогноза и борьбы с геодинамическими явлениями Института физики горных процессов НАН Украины.*