

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАСЧЕТНЫХ ФОРМУЛ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

А.М. Ермолаев, М.Т. Кобылянский, А.В. Адамков, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва, Россия

Взрывы метана и угольной пыли в шахтах происходили и происходят, унося многочисленные жертвы и причиняя громадные разрушения. Взрывы связаны с газовыделением и интенсивностью горных работ. Газовыделение и пылеобразование, в свою очередь, связаны с объемом добычи угля в единицу времени и ограничивают суточную нагрузку на очистной забой.

Первые сведения о добыче угля в России относятся к 1899 году, когда было добыто 50 тыс.т. В 1913 г. в России добывалось уже 29,2 млн.т. Рост добычи угля продолжался до 1916 г. (было добыто 34,5 млн. т). Затем в годы мировой и гражданской войн добыча упала до 8,7 млн. т. в 1920 г. С 1920 г. до 1940 г. наблюдался постепенный рост добычи и в 1940 г. в России добывалось уже 165,9 млн.т.

В 1941 г. Советский Союз подвергся агрессии со стороны фашистской Германии. Огромные территории страны были оккупированы, шахты разрушены и это сказалось на добыче угля: в 1942 г. добыча угля упала до 75,5 млн. т. С 1942 г. по 1993 г. происходил подъем добычи, и только в 1947 г. почти достиг довоенный уровень, составив 164 млн.т.

Взрывы метана и угольной пыли в шахтах в литературных источниках зафиксированы в XVIII в. В начале XIX в. произошли ряд крупных катастроф – взрывов на шахтах европейских стран С ОГРОМНЫМ ЧИСЛОМ ПОГИБШИХ ШАХТЕРОВ. Международный горный конгресс, изучив положение дел со взрывами в угольных шахтах, вынес рекомендации, которые по существу вошли в современные Правила безопасности. Взрывы в шахтах, прежде всего, связаны с газовыделением метана и образованием угольной пыли. Газовыделение в рабочее пространство очистного забоя ограничивает нагрузку на очистной забой по газовому фактору. Поэтому суточная нагрузка по газовому фактору A определяется по формуле:

$$A = \frac{864 \cdot S \cdot v \cdot c}{k \cdot q}, \text{ м/сут}, \quad (1)$$

где v – максимально допустимая скорость движения воздуха в очистной выработке, м/с; S – расчетная площадь поперечного сечения призабойного пространства очистной выработки, м²; c – максимально допустимое содержание газа в исходящей вентиляционной струе, %; k – коэффициент неравномерности газовыделения; q – газообильность лавы, м³/т.

Эта же формула расчета максимальной суточной нагрузки на очистной забой по газовому фактору приведена на стр. 408 в работе [2]. Авторы добавляют, что максимально допустимая производительность выемочной машины по газовому фактору зависит от коэффициента машинного времени и уточняют, что при $k = 0,5$ необходимо добавлять в числитель коэффициент 0,6.

Сущность формулы состоит в том, что количество газа, выделяющееся при работе машины, не должно быть больше того количества газа, которое может выноситься из лав при данной максимальной скорости движения воздуха в лаве, ее сечении и максимальном содержании газа в воздухе.

Эта же формула фигурирует во многих методических разработках кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом» Кузбасского государственного технического университета. В частности, без изменений и добавлений эта формула применяется в [3].

В работе [4] нагрузку на очистной забой по газовому фактору как утверждают авторы

можно определить по формуле

$$A = \frac{864 \cdot S \cdot v \cdot c \cdot k}{K_e \cdot q \cdot d}, \text{ м/сут}, \quad (2)$$

где помимо ранее применяемых ($S \cdot v \cdot c / q$) коэффициентов вводятся: k – коэффициент, учитывающий движение части воздуха по выработанному пространству за крепью (при управлении кровлей полным обрушением принимают равным 1,2...1,4); K_e – коэффициент, учитывающий предварительную дегазацию пласта (при отсутствии предварительной дегазации пласта $K_e=1$); d – коэффициент, учитывающий естественную дегазацию пласта и других источников выделения метана при отсутствии добычных работ (для столбовых систем разработки при управлении кровлей полным обрушением принимается равным 0,7).

Необходимо отметить, что в работе не приводится методика определения коэффициентов, учитывающих объем воздуха, движущегося по выработанному пространству за крепью, и нет методики оценки коэффициентов предварительной дегазации. Также очевидно, что эти явления могут иметь место, но не во всех лавах. За крепью остается, как правило, обрушенная порода кровли с пустотами и считать, что по этим каналам движется воздух, проветривающий рабочее пространство очистного забоя, которым должны дышать шахтеры, весьма сомнительно. Предложенные коэффициенты ничем не обоснованы. А их применение существенно изменяет допустимую предельную нагрузку на очистной забой.

В работе [5] при определении нагрузки на очистной забой по газовому фактору относительную метанообильность лавы определяют с учетом дегазации пласта, спутников и выработанного пространства, а так же с учетом способа управления кровлей (при полном обрушении коэффициент 0,25; при полной закладке 0,1). К сожалению, и эти коэффициенты не обоснованы.

В работе [6] формула расчета предельной нагрузки на очистной забой несколько изменена с учетом режима работы лавы и добавления коэффициента машинного времени работы выемочной машины по выемке, разрушению и погрузке угля на забойный конвейер f . По сути, предложено учитывать то время, при котором из угля интенсивно выделяется метан.

Следующая формула применима при режиме работы лавы в три добычных шестичасовые смены и одной ремонтно-подготовительной смене:

$$A = \frac{68400 \cdot S \cdot v \cdot f \cdot c}{100 \cdot k \cdot q}, \text{ т/сут}. \quad (3)$$

Для лав, которые работают без ремонтно-подготовительной смены, т.е. непрерывно все 24 часа по добыче угля, используется формула:

$$A = \frac{86400 \cdot S \cdot v \cdot f \cdot c}{100 \cdot k \cdot q}, \text{ т/сут.}, \quad (4)$$

где: 68400 – продолжительность в секундах трех добычных смен; 86400 – продолжительность в секундах четырех добычных смен; 100 – коэффициент перевода процентов в единицы.

Формулы (1), (2),(3) и (4) по своей сущности это формулы К.З. Ушакова, А.С. Бурчакова и И.И. Медведева. В них добавлен ими же предложенный коэффициент машинного времени и учтено только то время, в течение которого выемочная машина работает по отбойке, разрушению, измельчению и погрузке угля, т.е. время массового интенсивного выделения метана в очистной забой.

В работе [7] дается формула под номером (2.6) расчета максимальной нагрузки на очистной забой по газовому фактору, т/сут.:

$$A = T \cdot j \cdot k \cdot n, \quad (5)$$

где: T – продолжительность рабочей смены, мин.; k – коэффициент, характеризующий схему выемки угля (при односторонней схеме выемки угля в лаве $k=0,5$; при двухсторонней (челноковой) $k=1$); n – число рабочих смен по добыче угля; j – производительность комбайна, т/мин.:

$$j = m \cdot Y \cdot v \cdot k_{z.n.} \cdot k_k, \text{ т/мин}, \quad (6)$$

где: $k_{z.n.}$ – коэффициент уменьшения нагрузки в зависимости от длины геологического нарушения лавы; k_k – коэффициент готовности комбайна; v – скорость комбайна, м/мин; Y – объемный вес угля, т/м³; m – вынимаемая мощность пласта, м.

Попытаемся определить максимальную нагрузку на очистной забой по предложенным формулам (5) и (6):

$$A = T \cdot k \cdot n \cdot m \cdot Y \cdot v \cdot k_{z.n.} \cdot k_k.$$

Проверим размерность применяемых формул:

$$\text{мин} \cdot e \cdot \frac{e\text{д}}{\text{сут}} \cdot \text{м} \cdot \frac{\text{т}}{\text{мин}} \cdot e\text{д} \cdot e\text{д} = \frac{\text{т}}{\text{м} \cdot \text{сут}}.$$

В итоге получается, что максимальная нагрузка на очистной забой по газовому фактору будет измеряться в $\frac{\text{т}}{\text{м} \cdot \text{сут}}$ (?!).

В чем ошибка? Все применяемые величины никак не связаны с газовыделением в очистном забое. Про газовыделение авторы статьи забыли или игнорируют. Мощность пласта (м,м) умноженная на скорость подвигания комбайна (v,м/мин), не дает объема извлекаемого угля.

Вместе с тем, мощность пласта, умноженная на величину захвата (стружки) комбайна и умноженная на скорость движения комбайна при выемке угля дает объем извлекаемого угля за единицу времени и тут правомерно применение объемного веса угля. Это количество угля – Q (т/мин) содержит в себе определенный объем метана W , который при разрушении, измельчении, погрузке угля на забойный конвейер и транспортировании его по лаве, а иногда и по конвейерному штреку, бремсбергу (уклону), откаточным выработкам, вплоть до подъема на поверхность, выделяет метан в воздушный поток, проходящий через очистной забой. Количество метана W в общей массе угля – Q определяется как

$$W = X \cdot Q, \text{ м}^3,$$

где: X – природная газоносность пласта угля, м³/т.

Но в шахте выделяется не весь метан, содержащихся в угле, а определенная часть W_1 :

$$W_1 = (X - X_0) \cdot Q, \text{ м}^3.$$

Величину $(X - X_0) = q$ назовем газовыделением в шахте, м³/т. В очистном забое организуется проветривание, а скорость движения воздуха ограничивается 4 м/с. В свою очередь, большинство очистных забоев оборудуется механизированными крепями, которые имеют определенное сечение рабочего пространства. Следовательно, количество воздуха, проходящее по очистному забою B , строго ограничено определенной скоростью ($v=4$ м/с) и сечением рабочего пространства S :

$$B = v \cdot S, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Содержание метана в исходящей из очистного забоя струе ограничено – $c=1\%$. Это значит, что в очистной забой может быть выделено метана не более

$$C = c \cdot B = 0,01 \cdot B, \text{ м}^3/\text{с}.$$

При этом допустимое предельное выделение метана в очистной забой составит:

$$C = c \cdot v \cdot S, \text{ м}^3/\text{с} \text{ или} \\ C = T \cdot n \cdot f \cdot c \cdot v \cdot S, \text{ м}^3/\text{сут}.$$

С другой стороны, при газовыделении метана в лаве q и суточной добыче A газовыделение составит $G = qA$, которое не должно быть больше C :

$$G \leq C.$$

Выполнив подстановки, получим

$$q \cdot A \leq T \cdot n \cdot f \cdot c \cdot v \cdot S, \text{ откуда} \\ A = \frac{T \cdot n \cdot f \cdot c \cdot v \cdot S}{q}.$$

Выразив T в секундах ($T=6 \cdot 60 \cdot 60=21600$ с) и заменив % на единицы получим:

При двух сменной работе очистного забоя по выемке угля предельная суточная нагрузка на очистной забой определится по формуле (7)

$$A = (21600 \cdot 2 \cdot f \cdot v \cdot c \cdot S) / (100 \cdot q), \text{ м/сутки} \quad (7)$$

При четырех сменном режиме работы лавы по добыче предельная суточная нагрузка на очистной забой определится по формуле (8)

$$A = \frac{86400 \cdot f \cdot v \cdot c \cdot S}{100 \cdot q}, \text{ м/сут.}, \quad (8)$$

и при трех-сменном режиме работы лавы – по формуле (9)

$$A = \frac{68400 \cdot f \cdot v \cdot c \cdot S}{100 \cdot q}, \text{ м/сут.} \quad (9)$$

По существу выражение (8) является формулой К.З. Ушакова, А.С. Бурчакова, И.И. Медведева [1,2].

На графике, изображенном на рис.1, показаны результаты расчета предельной нагрузки на очистной забой в зависимости от газовыделения. Расчеты сделаны для следующих условий: $S=10 \text{ м}^2$; $v=4 \text{ м/с}$; $c=1\%$; $f=1$ и $a=0,7$. Эти результаты можно считать универсальными и ими можно пользоваться в любых условиях. Если в какой-либо лаве меняется параметр сечения рабочего пространства в большую или в меньшую сторону, то, применив соответствующий коэффициент увеличения или уменьшения, можно воспользоваться этими данными. Из графика следует, что максимальная допустимая нагрузка на очистной забой, работающий в четыре добычные смены для шахт I категории по газу, составляет 6912 т/сутки, для шахт II категории – 3456 т/сутки и для шахт III категории – 2340 т/сутки.

При выполнении требований правил безопасности надо следовать принципам правил дорожного движения. Так, если в городе правилами движения скорость ограничена 60 км/ч, то расстояние 60 км необходимо проехать не менее, чем за 60 мин. В противном случае вы нарушили правила. Так, по аналогии на шахтах сверхкатегорийных по газу проектировать «Шахту - лава» или «Шахту - пласт» с суточной добычей более 2340 т в сутки без дегазации необходимо запретить, так как они будут вынуждены работать с нарушениями ПБ.

Известно, что с 2008 г. 30 бригад очистных забоев перешагнули рубеж добычи за год 1 млн.т. и более, следовательно, среднесуточная добыча в них составила более 3000 т/сут. Есть бригада, которая довела суточную добычу свыше 20000 т в течении месяца.

Среднесуточная добыча на комплексно механизированные забои показана в табл. 1.

Таблица 1

Среднесуточная добыча на комплексно механизированные забои

го ды	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004	2 005	2 006	2 007	2 008	2 009	2 010
A, т/сут.	1 324	1 509	1 509	1 746	2 311	2 322	2 700	2 970	3 157	3 427	3 627

Стремление поднять этот показатель, игнорируя метановыделение, чревато опасностью взрыва метана. График зависимости предельной нагрузки на очистной забой по газовому фактору при режиме работы в три добычные смены с одной ремонтно-подготовительной представлен на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что при трехсменной работе лавы с коэффициентом машинного времени, равным 1, предельная добыча на шахтах I категории по газу не может быть выше 5472, на шахтах II категории – 2736, на шахтах III категории – 1824 и на сверхкатегорийных не выше 1368 т/сутки.

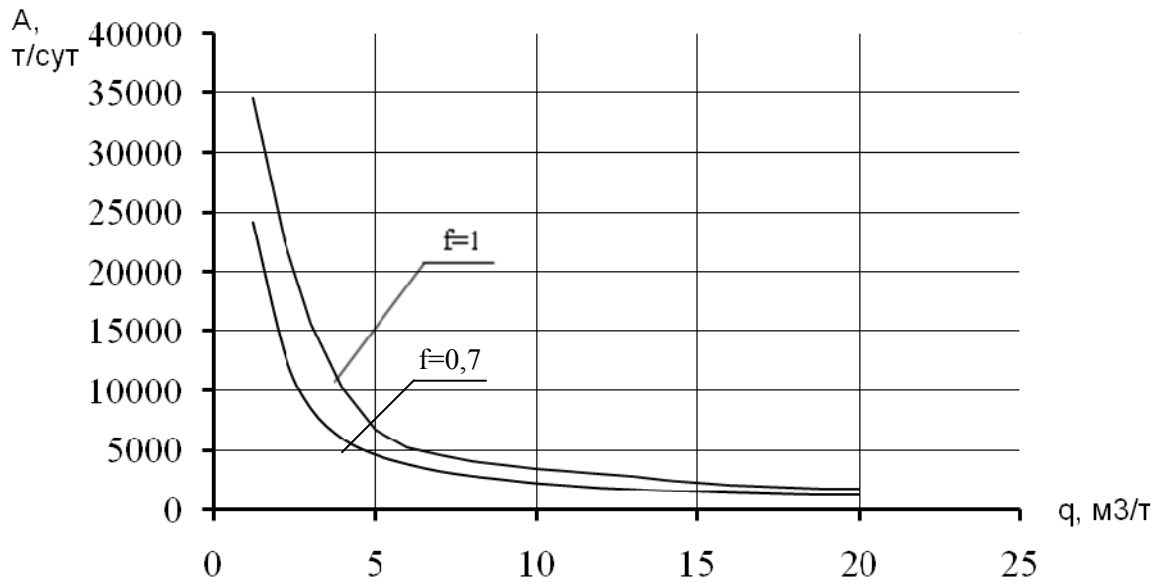


Рис. 1. Предельная суточная нагрузка на очистной забой при 4-х сменной работе по добыче: с коэффициентом машинного времени $f=1$, и с коэффициентом машинного времени $f=0,7$

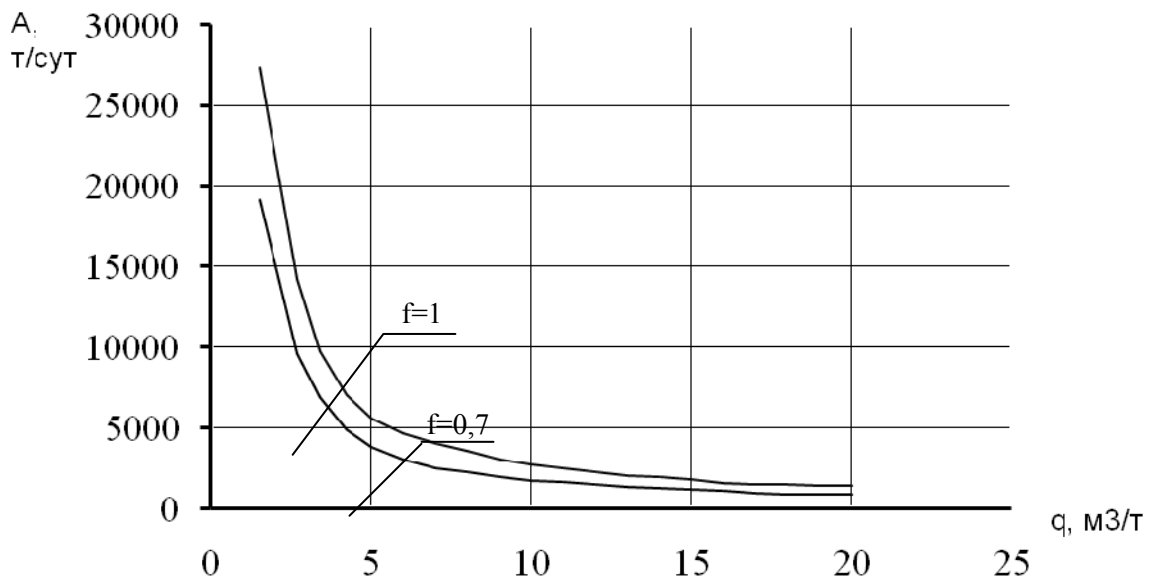


Рис. 2. Предельная суточная нагрузка на очистной забой при 3-х сменной работе по добыче: с коэффициентом машинного времени $f=1$, и с коэффициентом машинного времени $f=0,7$

И если коэффициент машинного времени составляет 0,7 (такой коэффициент уже был достигнут в передовых бригадах), то предельная нагрузка для шахт I категории по газу составляет 3830, для шахт II категории – 1915, для шахт III категории – 1260 и для сверхкатегорийных по газу – 907 т в сутки. Как видно из расчетов, предельные цифры весьма незначительны и поэтому изыскиваются формулы различными авторами с целью обосновать увеличение предельной нагрузки в ущерб безопасности шахтеров, которые и остаются виновными во всех авариях.

Целью настоящей статьи является привлечение научно – технической общественности к обсуждению проблемы разработки «**новых**» формул расчета предельной нагрузки на очист-

ной забой по газовому фактору. Наше мнение: сущность явления сформулирована объективно и точно в формулах К.З. Ушакова, А.С. Бурчакова, И.И. Медведева [1,2]. Попытка вставить различные коэффициенты с различными индексами не меняет сущности. Газовыделение в очистном забое при наличии современной газовой защиты можно определить чуть ли ни на каждой стружке и нет никакого смысла применять массу коэффициентов, основанных на применении чисел e в различных степенях, как это делается в работе [8] и подобных временных инструкциях. Число $e = 2,73$ (даже подсчитанное до любых знаков) на газовыделение в очистном забое, по нашему мнению, никаким образом не влияет.

Следовательно, при определении максимальной предельной суточной нагрузки на очистной забой по газовому фактору по формуле (2) если использовать коэффициент 864, а также: коэффициент, учитывающий движение воздуха по выработанному пространству за крепью $k=1.4$; коэффициент дегазации $k_e=0,7$ и не учитывать достигнутый коэффициент машинного времени $f=0,44$, то допустимая предельная нагрузка на очистной забой увеличится более чем в пять раз:

$$\frac{864}{684} \cdot \frac{1,4}{0,7} \cdot \frac{1}{0,44} = 5,675.$$

Таким образом, можно констатировать, что, несмотря на проведенные на протяжении десятилетий исследований, в настоящее время нет зависимостей, позволяющих достоверно определять оптимальные нагрузки на очистные забои по газовому фактору с учетом геомеханического состояния призабойной зоны пласта, параметров лавы, скорости ее подвигания и глубины ведения горных работ. А взрывы метана в очистных забоях участились из 18 случаев взрывов, произошедших за последние годы в шахтах, 17 произошли в лавах. Поэтому возникает острейшая необходимость привлечь научно – техническую общественность к обсуждению этой проблемы и, изучив ее, разработать единую формулу, обеспечивающую безопасность шахтерского труда.

Список литературы

1. Справочник по рудничной вентиляции. – Москва : Недра, 1977. – 328 с.
2. Ушаков, К.З. Рудничная аэрология : учеб. для горн. специальностей вузов / К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, И.И. Медведев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Недра, 1978. – 440 с.
3. Хомченко, В.Н. Основы горного дела : метод. указания по выполнению курсовых работ / В.Н. Хомченко, А.И. Набоков. – Кемерово, 1998. – 23 с.
4. Бобер, Е.А. Подземная разработка пластовых месторождений: метод. указания по лабораторным занятиям для студентов, обучающихся по направлению «Горное дело». Ч.2./КузГТУ. – Кемерово, 2000. – 53 с.
5. Егоров, П.В. Подземная разработка пластовых месторождений / П.В. Егоров [и др.]. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2002. – 217 с.
6. Ермолаев, А.М. О необходимости корректировки формул расчета предельной нагрузки на комплексно механизированные очистные забои // Безопасность жизнедеятельности предприятий топливно – энергетического комплекса России: мат. Междунар. науч.-практ. конф., проведенной в рамках ежегодных чтений МАНЭБ «Белые ночи». – Кемерово; СПб., 2006.
7. Инструкция по применению комбинированных схем проветривания выемочных участков угольных шахт / «НЦ ВостНИИ».
8. Каркашадзе, Е.Г. Совершенствование методики расчета нагрузки на очистной забой с учетом давления метана в угольном пласте / Горный журнал. – 2009. – № 4. – С. 47-50.