

УДК 622.412:622.81

А.М. Тимошенко

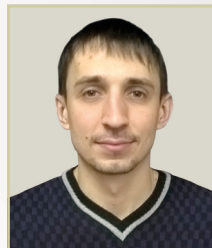
канд. техн. наук, исполнительный директор
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: timoshenko@nc-vostnii.ru

**М.Н. Баранова**

научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: baranova@nc-vostnii.ru

**И.А. Тимошенко**

младший научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: i.timoshenko@nc-vostnii.ru



ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Проанализированы существующие схемы проветривания выемочных участков угольных шахт, выявлены их особенности, преимущества и недостатки. Предложены и научно обоснованы требования к схемам проветривания выемочных участков, условия обеспечения максимально допустимых нагрузок на очистной забой по газовому фактору. Предложены решения по проектированию проветривания выемочных участков.

Ключевые слова: ВЫЕМОЧНЫЙ УЧАСТОК, СХЕМА ПРОВЕТРИВАНИЯ, МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕ, НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ, НАГРУЗКА НА ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ

Эффективное проветривание выемочных участков является одним из основных условий для повышения безопасности труда шахтеров и обеспечения высоких нагрузок на очистные забои, которым предопределяется статус вентиляции газообильных шахт как главная мера защиты против взрывов и вспышек метана. Однако безопасное функ-

ционирование такой защиты не может и не должно быть связано только с увеличением интенсивности проветривания объектов на основе его статического разжижения. Взаимосвязь интенсивности проветривания и переноса газовоздушных смесей в горных выработках, как правило, имеет очень сложный характер.

При выборе схем проветривания выемочных участков первостепенное значение имеют условия безопасности и надежности. Экономичность проветривания должна оцениваться исходя из возможности получения максимальной нагрузки на очистной забой для каждой технологической схемы отработки пласта в зависимости от конкретных горно-геологических и горнотехнических условий.

Условия безопасности и надежности схем проветривания и управления газовыделением определяются конкретными аэрогазодинамическими особенностями технологической схемы проветривания по параметрам вентиляции, эндогенной пожароопасностью горных работ и наличием пластов, склонных к внезапным выбросам угля и газа. Выбранная схема проветривания выемочного участка должна исключать возможность образования местных и слоевых скоплений метана в выработанных участках и условия для возникновения эндогенного пожара в выработанном пространстве.

Кроме того, выбранная схема проветривания должна обеспечивать:

- наиболее полное обособленное разбавление метана, выделившегося из всех источников, и возможность ведения работ по их эффективной дегазации;

- полное использование свежей струи, проходящей по расчетному пространству очистного забоя, только для разбавления метана, выделившегося из обнаженной поверхности пласта и отбитого угля в пределах забоя;

- предотвращение выноса метана, выделившегося в выработанном пространстве, в очистной забой;

- разбавление и изолированный отвод метана за пределы выемочного участка, в том числе с использованием газоотсасывающих установок;

- обособленность проветривания выработок выемочного участка, в которых отмечается или прогнозируется повышенное выделение метана из транспортируемого по ним угля и обнаженных поверхностей пласта;

- необходимую степень устойчивости вентиляционных струй по направлению и расходу воздуха в нормальном и аварийном режимах проветривания;

- максимально благоприятные санитарно-гигиенические условия в очистных забоях и возможность устранения нагревания и загрязнения свежей струи воздуха газом и пылью по пути ее движения к забоям;

- максимальное снижение бесполезных утечек воздуха путем уменьшения числа вентиляционных сооружений;

- обособленность проветривания очистных забоев при разработке выбросоопасных пластов;

- возможность безопасного выхода людей из выработок выемочного участка до свежей струи в аварийной ситуации;

- безопасные условия ведения горноспасательных работ и маневрирования вентиляционными струями;

- минимальное число диагоналей, регулирующих устройства и дополнительные источники тяги;

- необходимый контроль вентиляционных параметров и возможность оперативного управления ими;

- высокие допустимые нагрузки на очистной забой по газовому фактору;

- обособленное проветривание наклонных конвейерных выработок.

На пластах угля, склонного к самовозгоранию, выбранная схема проветривания дополнительно должна обеспечивать:

- минимальную ширину проветриваемой призабойной зоны выработанного пространства с тем, чтобы время ее перемещения было меньше продолжительности инкубационного периода самовозгорания угля;

- надежную изоляцию выработанных пространств по мере подвигания очистного забоя;

- изоляцию выемочного участка от общей сети горных выработок шахты в случае возникновения пожара.

В принципе, интенсификация выемки угля в очистных забоях не изменяет установившийся в практике порядок выбора схем

проветривания при проектировании вентиляции выемочных участков. Как и прежде, согласно «Руководству по проектированию вентиляции угольных шахт» [1] (далее – Руководство) в первую очередь следует ориентироваться на возможность применения возвратноточной схемы проветривания в сочетании с обратным порядком отработки пластов типа 1–М исходя из известных ее преимуществ, особенно в отношении обеспечения пожаробезопасности горных работ. Поэтому сразу же рассматривают надежность функционирования этой схемы в отношении предотвращения формирования опасных местных скоплений метана на сопряжении лавы с вентиляционной выработкой согласно критерию K_0 , который рассчитывается по формуле (5.1) [1] в зависимости от ожидаемого метановыделения из выработанного пространства.

При необходимости такие расчеты обязательно производятся с учетом снижения метановыделения из выработанного пространства за счет средств дегазации, с учетом увеличения ее эффективности в зависимости от реально применяемых способов дегазации выработанного пространства (от самых простых – за счет бурения скважин в купол обрушения, до самых эффективных – на основе комплексной дегазации, предусматривающей также снижение газоносности пластов-спутников и вмещающих пород).

Надежность данной схемы проветривания обеспечивается при расчетных значениях коэффициента $K_0 < 1$. В результате в объеме полной итерации указанных расчетов возможны следующие ситуации:

- метановыделение из выработанного пространства незначительное, коэффициент $K_0 < 1$;
- метановыделение повышенное, но его снижение за счет применения «простых» способов дегазации выработанного пространства вполне обеспечивает выполнение условия $K_0 < 1$;
- большое метановыделение, но оно снижается до безопасного уровня при применении самой эффективной дегазации, $K_0 < 1$;
- очень большое метановыделение и оно

не снижается до безопасного уровня даже при применении эффективной дегазации, $K_0 > 1$.

Максимальное значение газовыделения из выработанного пространства, при котором местные скопления метана не образуются, обычно составляет примерно 0,5–1,0 м³/мин [2, 3, 4]. Обычно это соответствует условиям проветривания очистных забоев, когда сечение выработок, оконтуривающих вынимаемый столб угля, имеет величину около 10 м², а подача воздуха на выемочный участок при коэффициенте его утечек через выработанное пространство $K_{ум.в} \approx 1,5$ изменяется в соответствии с уравнением газовыделения примерно от 600 до 1000 м³/мин.

В связи с вышесказанным, а также учитывая, что для существующих технологических схем эффективность дегазации сближенных пластов и выработанного пространства в соответствии с Руководством [1] не превосходит 80%, для всех рассмотренных случаев безопасность применения возвратноточной схемы проветривания по условию $K_0 < 1$ обеспечивается при газовыделении из выработанного пространства до 5 м³/мин.

При увеличении подачи воздуха в два раза можно отрабатывать даже участки с газообильностью около 15 м³/мин. Однако при существующем в настоящее время состоянии шахтного фонда в лучшем случае можно рассчитывать, что возможное снижение газообильности выработанного пространства за счет дегазации может составлять 60%. Поэтому уровень предельной величины очень большого газовыделения (когда $K_0 < 1$) вместо 5–15 м³/мин снижается до 2,5–7,5 м³/мин.

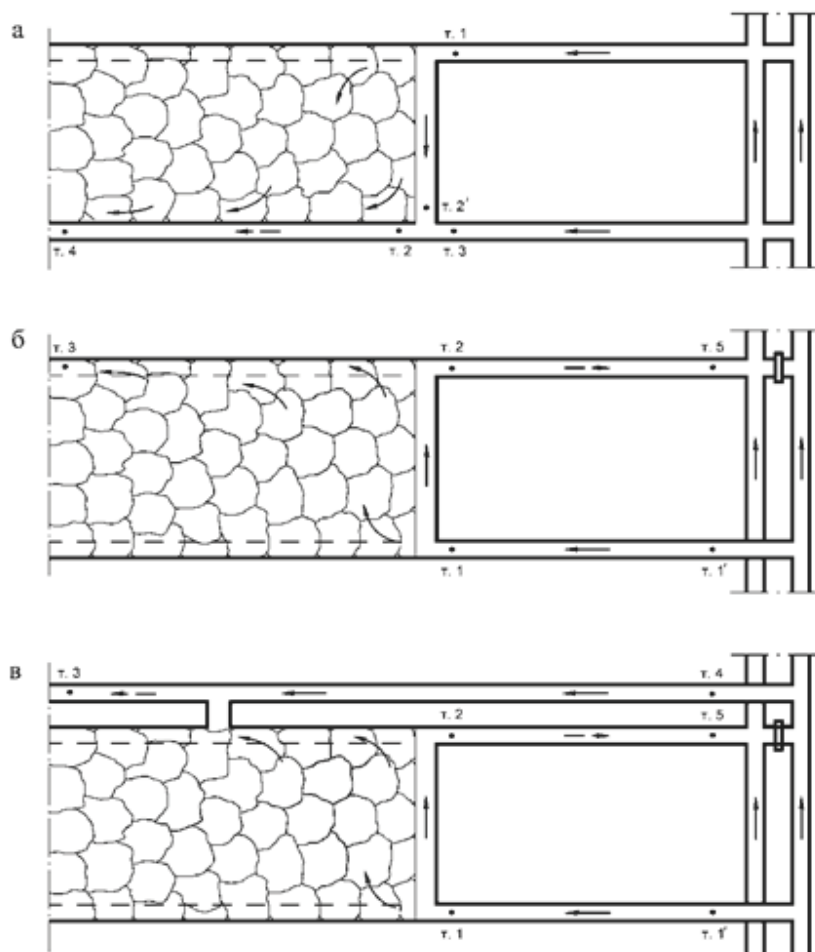
Приведенные расчеты соответствуют суточным нагрузкам на очистные забои не более 2–3 тыс. тонн, что явно свидетельствует об ограниченной области возможного применения возвратноточной схемы проветривания даже при применении дегазации выработанного пространства, особенно при высокопроизводительной добыче угля.

Интенсификация выемки угля с увеличением суточной нагрузки на очистные забои 20 тыс. тонн и более, как показывают результаты натуральных наблюдений на угольных шахтах,

приводит к закономерному росту указанного уровня предельного газовыделения из выработанного пространства примерно в 1,5 раза. В результате для таких случаев отработки пластов вопрос о применении дегазации выработанного пространства для безопасного применения возвратноточной схемы проветривания вообще не имеет смысла.

Положения Руководства [1] предусматривают при значениях $K_0 > 1$ (когда все возможности по подаче воздуха на участки и обеспечению необходимой эффективности дегазации выработанного пространства исчерпаны) рассмотрение возможности применения прямоточных схем проветривания (рисунок 1 а) с

подсвежением типа 3-В и комбинированных схем (рисунок 1 в) с изолированным отводом метана из выработанного пространства выемочных участков средствами вентиляции по поддерживаемым и неподдерживаемым дренажным выработкам типа 3-К. Эти схемы в корне отличаются от возвратноточной схемы проветривания типа 1-М (рисунок 1 б) за счет возможного исключения возврата утечек воздуха из выработанного пространства на сопряжения очистных и вентиляционных выработок. Если все утечки имеют направление от забоя по всему его протяжению, формирование характерных для схемы 1-М местных скоплений метана исключается [1].



а – прямоточная схема проветривания типа; б – комбинированная схема проветривания с изолированным отводом метановоздушной смеси через выработанное пространство действующей лавы; в – комбинированная схема проветривания с изолированным отводом метановоздушной смеси через ограниченную область выработанного пространства действующей лавы на дренажный штрек

Рисунок 1 – Схемы проветривания выемочных участков

По топологии схемы 3–В и 3–К имеют единый классифицированный признак – полное обособленное разбавление вредностей по источникам поступления в горные выработки участка. При схеме 3–В это достигается за счет поддержания вентиляционной выработки в выработанном пространстве и разжижения выделяющегося по ее протяжению метана до концентрации 1% за счет подсыживания исходящей из очистного забоя струи воздуха. При схеме 3–К – за счет отвода метана (в том числе с концентрацией более 1%) из выработанного пространства по специальным дренажным выработкам и по выработанному пространству во фланговые выработки участка и на поверхность.

По сути, прямоточная и комбинированная схемы проветривания отличаются лишь тем, что при схеме 3–В поддерживаемая в выработанном пространстве выработка одновременно является и вентиляционной, и дренажной. Область применения этих схем проветривания (в силу их специфики) в зависимости от газообильности выработанного пространства, даже без ее снижения за счет средств дегазации, значительно расширяется. При схеме 3–В это обеспечивается подачей на участок дополнительного количества воздуха, а при схеме 3–К увеличением допустимого содержания метана в местах его разжижения на выходе из выработанного пространства до 2% и более (смесительные камеры, трубопровод перед газоотсасывающим вентилятором) в сочетании с дополнительным количеством воздуха, которое подается, например, во фланговые выработки к местам устройства смесительных камер или поступает в газоотсасывающий трубопровод при регулировании производительности газоотсасывающих установок.

Отмеченное выше одновременно свидетельствует также о преимуществе комбинированных схем по сравнению с прямоточной в части эффективности использования воздуха, зависящей прежде всего от допустимого содержания метана в газоотводящих выработках. Чем больше допустимый уровень, тем больше эффективность. Наибольшую эффек-

тивность имеют схемы, основанные на применении газоотсасывающих установок.

Кроме того, существенное влияние оказывает характерное для схем проветривания типа 3–В ограничение на количество воздуха, которое подается на подсыживание, из условия обеспечения надежности проветривания очистного забоя. Для схем проветривания типа 3–К такого ограничения нет, поэтому уровень критического газовыделения из выработанного пространства, когда требуется его дегазация, при прямоточных схемах всегда значительно меньше, чем при комбинированных.

Таким образом, на основании изложенного можно сделать вывод, что в случаях, когда вентиляционные возможности прямоточной схемы без дегазации выработанного пространства исчерпаны, лучше ориентироваться на применение комбинированных схем, особенно при высокопроизводительной добыче угля. Тем более это необходимо в условиях возникновения сложностей и больших затрат на поддержание вентиляционных выработок в выработанном пространстве. При схемах проветривания типа 3–К такие затраты на поддержание газоотводящих выработок сводятся до минимума за счет уменьшения их поддерживаемой длины в выработанном пространстве до размеров расстояния между газоотводящими сбойками, а при газоотводе по неподдерживаемым выработкам они практически совсем исключаются. Однако схемы проветривания с газоотводом по неподдерживаемым выработкам за счет общешахтной депрессии из-за недостаточной их надежности можно использовать лишь на действующих шахтах при наличии фактического опыта их применения, как это и предусмотрено Руководством [1].

При применении газоотвода в сочетании с использованием газоотсасывающих установок ограничений по области его применения нет. Газоотвод может с успехом использоваться как на действующих шахтах, так и при проектировании проветривания новых шахт, так как по опыту использования газоотсасывающих установок надежность схемы проветри-

вания типа 3–К в таком случае практически всегда превосходит надежность проветривания участков при классических вариантах схем проветривания по типу 1–М и 3–В [1].

Существует также вторая особенность при проектировании проветривания участков при высокопроизводительной добыче угля. Связана она с тем, что при определении расчетной нагрузки на очистной забой по формуле (6.1) [1] скорость подвигания очистного забоя $V_{оч}$, м/сут, может варьироваться только в зависимости от планируемого уровня добычи угля. Фактически это положение Руководства [1] не соответствует действительности, так как при любой среднесуточной нагрузке очистной забой определенное время может работать в режиме максимально возможного подвигания комбайна. Чем больше нагрузка на очистной забой, тем больше вероятность работы с предельно возможной подачей комбайна по условиям резания угля и другим технологическим факторам. И только в случаях, когда расчетная нагрузка A_p , т/сут, сразу принимается исходя из максимальных возможностей горной техники, прогнозируемое газовыделение $I_{ист.р}$, м³/мин, строго соответствующее фактическому, должно определяться по формуле:

$$I_{ист.р} = 0,7 \cdot 10^{-3} q_{ист}^* \left[\frac{a}{K} V_{оч.р} + (1-a) V_{оч} e^{-m_1 V_{оч.р}} \right], \quad (1)$$

где $q_{ист}^*$ – потенциально возможное относительное газовыделение из источника, соответствующее скорости подвигания очистного забоя $V_{оч} = 1$ м/сут, м³/т;

a – коэффициент, характеризующий газоотдачу из отбиваемого угля, доли единицы; равен сумме коэффициентов, определенных по формулам (3.27)–(3.29) Руководства [1];

$V_{оч.р}$ – расчетная планируемая скорость подвигания очистного забоя, м/сут; при пересчете на расчетную нагрузку A_p , т/сут;

n_1 – коэффициент, характеризующий газоотдачу угольного массива, сут/м.

Возможная «нестыковка» прогноза газовыделения только в зависимости от среднесуточной добычи угля с фактическими его изменениями при различных режимах ра-

боты комбайна в основном связана с некорректностью решения основополагающего для вентиляционных расчетов уравнения связи абсолютного $I_{qi.p}$, м³/мин, и относительно $q_{i.p}$, м³/т, газовыделений для любого i -го источника. В Руководстве [1] это уравнение представлено формулой (3.90) в виде:

$$\bar{I}_{i.p} = q_{i.p} A_{оч} / 1440, \quad (2)$$

где $A_{оч}$ – средняя суточная добыча угля из очистного забоя, т/сут.

В данном случае отношение $A_{оч}/1440$ является среднесуточной производительностью комбайна \bar{j}_p , т/ч. Фактически, как показано выше, оно должно представляться наиболее вероятной величиной \bar{j}_p , т/мин, всегда превышающей значение \bar{j}_p , т/мин, но неизвестной конкретно. Поэтому Руководством при выполнении расчетов по уравнению (1) вводится понятие максимально допустимой нагрузки на очистную выработку по газовому фактору (раздел 6), которая и по идее, и по алгоритму ее определения в представлении $A_{max}/1440$ является именно этой наиболее вероятной величиной \bar{j}_p , т/мин.

Казалось бы все верно, так как A_{max} рассматривается при этом как ограничение на допустимую производительность очистного забоя $j_{p.max}$, т/мин. Выдержать такое условие в течение всего технологического цикла довольно сложно. Поэтому во всех случаях, когда производительность очистного забоя по возможностям горной техники j_{np} , т/мин значительно больше полученной $j_{p.max}$, т/мин, в определенные периоды рабочих смен безопасность работ может не обеспечиваться.

Есть и другой недостаток решений уравнения (1), представленных в Руководстве [1] алгоритмом в разделе 6. Заключается он в том, что принятая в этих решениях динамика изменения газовыделения при вариациях добычи угля по степенной зависимости (3.85) [1] не соответствует условиям организации работы участков при высокопроизводительной добыче.

Таким образом, для обеспечения безопасной работы участков по газовому фак-

тору при проектировании проветривания расчетную суточную нагрузку на очистную выработку необходимо принимать исходя из обеспечения работы комбайна в рабочую смену при максимально возможной скорости его подачи V_n , м/мин, согласно технической характеристике в зависимости от конкретной сопротивляемости угля резанию. Однако полученная максимальная скорость подачи комбайна должна соответствовать приемной способности конвейерной линии, определяемой по технической характеристике данных конвейеров в зависимости от их производительности j_k , т/ч. При этом, если приемная способность конвейерной линии является сдерживающим фактором, работа комбайна в режиме максимально возможной подачи по условиям резания угля становится невозможной. Из-за связанности потоков отбиваемого и отгружаемого угля машинист всегда вынужден подбирать такую скорость подачи комбайна, которая оптимально соответствует часовой производительности конвейерной линии.

Существуют и другие сдерживающие факторы. Конкретная добыча из очистного забоя зависит, например, от скорости крепления очистного забоя, его обводненности, сложности горно-геологических условий и т.п. Однако во всех таких случаях, если позволяет конвейерная линия, работа очистного забоя с вариацией скорости подачи комбайна до максимально возможных значений не исключается. Поэтому учету эти факторы не подлежат.

В результате для решения уравнения (1) получим вполне определенное значение расчетной производительности очистного забоя \bar{j}_p , т/мин вместо $A_{оч} / 1440$, которое находится в зависимости от максимально возможной часовой производительности горной техники по формуле:

$$j_p = \min \begin{cases} j_{np} f(V_n) \\ j_k / 60 \end{cases}, \quad (3)$$

где j_{np} – производительность комбайна как функция от его максимально возможной скорости подачи по условиям резания угля, м/мин;

j_k – приемная способность конвейерной линии, т/ч.

Такой подход сразу дает возможность осуществить комплекс мероприятий по снижению газообильности очистного забоя, если окажется, что полученное при решении уравнения (1) ее максимальное значение с учетом неравномерности газовыделения не соответствует конкретной подаче воздуха на участок (исходя из возможностей вентиляционной сети с учетом ограничений согласно ПБ [5]). К данным мероприятиям относятся: выбор соответствующей длины лавы, организация подсыживания для конвейерных выработок, обособленный отвод метана из таких выработок за пределы участка, дегазация разрабатываемого пласта и т.д. Необходимости использования положений Руководства [1] согласно разделу 6 нет, так как максимально возможная по газовому фактору нагрузка на очистную выработку в данном случае однозначно соответствует максимальным возможностям горной техники.

В настоящее время проектирование проветривания подготовительных выработок согласно Руководству [1] ведется на основе максимальной (паспортной) производительности проходческих комбайнов, а при буровзрывной выемке – по максимально возможной концентрации метана в призабойном пространстве. Именно это свидетельствует о том, что возражения против принятого «ужесточения» требований при проектировании проветривания выемочных участков из-за закономерного увеличения в ряде случаев подачи воздуха и применения дегазации просто неуместны. Вообще, это будет сопряжено с определенными трудностями, так как потребуются пересмотр состояния шахтного фонда в целом. В первую очередь необходимо совершенствование вентиляционных сетей, вентиляционных систем, обновление вентиляторного парка и развитие дегазации. Иначе нельзя, ведь с позиций аэрогазодинамики очистные и подготовительные забои относятся к одной категории газоопасных объектов. Их потенциальная опасность в отношении взрывов метана во многом зависит от чело-

веческого фактора в связи с эксплуатацией горной техники при режимах работы, не соответствующих проектным решениям. Выход один – проектные решения должны исключать возможность проявления человеческого фактора, а это означает, что проектирование проветривания очистных и подготовительных забоев по ожидаемому метановыделению должно иметь единую основу.

Проектирование проветривания выемочных участков следует связывать с решением двух задач.

Первая состоит в выборе технологической схемы проветривания и ее оптимальных параметров с учетом при необходимости обособленного разжижения газовыделения по источникам и их дегазации. Параметры должны соответствовать наибольшей эффективности использования воздуха, исключать местные скопления метана в потенциально опасных местах и по уровню ожидаемого метановыделения при максимальной производительности горных машин обеспечивать максимально возможную подачу воздуха на участки для конкретного состояния вентиляционной сети (системы) шахты с учетом ограничений по ПБ [5].

Вторая задача решается в обратном порядке – определяется допустимая по газовому фактору производительность выемочных машин для заданных горнотехнических и горно-геологических условий для выбора наиболее рациональной горной техники. Эта задача больше свойственна проектированию новых шахт. Однако ее постановка фактически не имеет смысла, так как производство существующей в настоящее время горной техники

не предусматривает ее модификации в зависимости от газового фактора и надежного ограничения (блокировки) подачи комбайнов в зависимости от допустимого режима работы. Поэтому логичным для любых условий остается единственная возможность – проектирование проветривания с учетом максимальных возможностей горной техники, неразрывно связанных с техническими характеристиками комбайнов по максимальной подаче в зависимости от условий резания угля и с паспортными данными почасовой приемлемости конвейерных линий для его отгрузки.

Использование положений Руководства [1] по разделу 6 с соответствующими поправками прогнозных значений газовыделения с учетом высокопроизводительной добычи имеет практический интерес лишь для упрощения расчетов допустимой часовой производительности проектируемой техники, если в ближайшее время будут получены надежные технические решения для ее ограничения на заданном уровне. Именно этот уровень определяется в таком случае значением максимально допустимой нагрузки по газовому фактору A_{max} , т/сут, когда фактическая подача воздуха в очистной забой не соответствует технически достижимой добыче. Реально решение такой задачи для участков с дефицитом воздуха возможно, например, за счет разработки надежной блокировки подачи комбайнов на конкретно заданном уровне или на основе подбора конвейерных линий с приемной способностью, соответствующей производительности комбайна при указанном ограничении его подачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: утв. 15.08.89 Минуглепром СССР. – Макеевка: МакНИИ, 1989. – 319с.
2. Колмаков В. А. Метановыделение и борьба с ним в шахтах. – М.: Недра, 1981. – 134 с.
3. Мясников А. А., Патрушев М. А Основы проектирования вентиляции угольных шахт. – М., Недра, 1971.
4. Мясников А. А., Колотовкин Л. Д. Борьба с газом в очистных выработках шахт. – Кемерово, 1975. – 132 с.
5. Правила безопасности в угольных шахтах: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. – Сер. 05. – Вып. 25. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2014. – 200 с.

A.M. Timoshenko

Candidate of Technical Sciences, Executive Director
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: timoshenko@nc-vostnii.ru

I.A. Timoshenko

Junior scientific worker
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: i.timoshenko@nc-vostnii.ru

M.N. Baranova

Scientific worker
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: baranova@nc-vostnii.ru

**PECULIARITY OF VENTILATION DESIGN OF HIGHLY PRODUCTIVE
COAL MINES WORKING AREAS**

In the article the current ventilation schemes of coal mines working areas, its characteristic, advantages and disadvantages are considered. Requirements for ventilation schemes of working areas are suggested. Conditions to ensure working area allowable load limit on the gas factor are considered. Solutions for the design of working area ventilation are suggested.

Key words: WORKING AREA, VENTILATION SCHEME, METHANE EMISSION, RELIABILITY, PER FACE OUTPUT

REFERENCES

1. Rukovodstvo po proektirovaniyu ventiljacii ugolnyh shaht (Design guideline of coal mines ventilation): utv.15.08.89 Minugleprom SSSR. Makeevka: MakNII, 1989. 319 p.
2. Kolmakov V. A. Metanovydelenie i borba s nim v shahtah (Methane emission and its control in mines). Moscow: Nedra, 1981. 134 p.
3. Mjasnikov A. A., Patrushev M. A. Osnovy proektirovanija ventiljacii ugol'nyh shaht (Design principles of coal mines ventilation). M., Nedra, 1971.
4. Mjasnikov A. A., Kolotovkin L. D. Bor'ba s gazom v ochistnyh vyrabotkah shaht (Gas prevention in mines stopes). Kemerovo, 1975. 132 p.
5. Pravila bezopasnosti v ugolnyh shahtah: feder. normy i pravila v obl. prom. bezopasnosti (Safety Rules in the Coal Mines. Federal Norms and Regulations in the Field of Industrial Safety). Ser. 05. Iss. 25. Moscow: ZAO NTC PB, 2014. 200 p.