

КОСТЕНКО В. К., ШЕВЧЕНКО Е. В. (Донецкий национальный технический университет)

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ УПРАВЛЕНИЕМ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЕМ ИЗ ТРАНСПОРТИРУЕМОЙ ГОРНОЙ МАССЫ

*Розглянуто питання управління метановиделенням гірничої маси, що транспортується з шахтних виробок, в умовах інтенсивного відробітку вугільних пластів, що супроводиться посиленням надходженням газу з свіжим струменем в очисне вироблення, погіршенням безпеки і екологічної обстановки в шахті.*

*Рассмотрен вопрос управления метановыделением из транспортируемой по шахтным выработкам горной массы в условиях интенсивной отработки угольных пластов, сопровождающейся усиленным поступлением газа со свежей струей в очистную выработку, ухудшением безопасности и экологической обстановки в шахте.*

*The question of management is considered by allocation of methane which is transported on mine manufactures in conditions of intensive working off of coal layers. This allocation is accompanied by amplified receipt of gas with a fresh jet in clearing manufacture and deterioration of safety and ecological conditions in mine.*

С ростом нагрузки на очистные забои, увеличением на глубоких горизонтах природной метаноносности угольных пластов, деформированием на больших глубинах и, соответственно, уменьшением площади сечения воздухоподающих выработок обозначилась проблема повышенного содержания метана на поступающей в очистные забои струе воздуха. Из транспортируемых по выработкам со свежей струей воздуха грузопотоков горной массы выделяется значительное количество газов, которые возвращаются в очистные выработки, добавляются к поступающему из пласта, вмещающих пород и выработанного пространства метану. Управление метановыделением на данном этапе транспортировки угля является одной из наименее изученных и не решенной в техническом плане задачей. Актуальность исследования данного процесса, в первую очередь связана с обеспечением безопасности и эффективности труда, так как выделяющийся из транспортируемого угля метан сдерживает интенсивную отработку угольных пластов. Следует отметить, что кроме газов при транспортировке выделяются пыль и теплота, которые ухудшают кондиции шахтного воздуха.

Со свободным выделением метана в атмосферу горных выработок связано также ухудшение экологической обстановки, вблизи угледобывающих предприятий, десорбирующийся из угля и породы газ поступает с исходящей струей воздуха из шахты на поверхность, способствуя парниковому эффекту.

В связи с этим, разработка эффективных методов управления выделением метана из отбитой от забоя угольной массы, позволяющих обеспечивать безопасные условия труда и улучшать экологическую обстановку, представляется весьма актуальной.

«Правилами безопасности в угольных шахтах» [1] нормируется концентрация метана в поступающей к забоям свежей струе не более  $C_0=0,5\%$ , а также минимальная и максимальная скорость движения воздуха. Минимальная скорость движения воздуха в выработке должна быть не менее  $0,25\text{ м/с}$ , максимальная - зависит от типа выработок и их назначения ( $v_{\text{max}}$  в лаве- до  $4\text{ м/с}$ , всех типах пройденных по углю выработок – до  $6\text{ м/с}$ , стволах с людскими подъемами -  $8\text{ до }12\text{ м/с}$ , стволах грузовых – до  $12\text{ м/с}$ ). В силу того, что сечение воздухоподающих выработок конструктивно ограничено, скорость движения струи воздуха лимитирована, с увеличением нагрузки на очистной забой усиливается поступление к нему метана вместе со свежей струей. Максимальное количество подаваемого в лаву воздуха не может превышать значение:

$$Q_{\text{max}}=v_{\text{max}} \cdot S,$$

а максимально допустимое количество поступающего в лаву метана не может превышать:

$$q_{\text{max}}=0,005 \cdot Q_{\text{max}}=0,005 \cdot v_{\text{max}} \cdot S,$$

где  $v_{\text{max}}$  – максимально допустимая скорость воздуха в воздухоподающей выработке;  
 $S$  – площадь сечения этой выработки.

Замедление транспортирования угля по очистной выработке для обеспечения выделения в него большего количества метана также не представляется возможным из-за ограничения содержания в исходящей из лавы воздушной струе. Максимально допустимое содержание метана

при этом не может быть больше  $C=1\%$  (1,3% - при наличии аппаратуры АГК - автоматического газового контроля), а его количество:

$$q_{\max}^{\text{л}}=0,01 \cdot Q_{\max}^{\text{л}}=0,01 \cdot v_{\max}^{\text{л}} \cdot S^{\text{л}} \text{ (или } q_{\max}^{\text{л}}=0,013 \cdot Q_{\max}^{\text{л}}=0,013 \cdot v_{\max}^{\text{л}} \cdot S^{\text{л}}),$$

где  $Q_{\max}^{\text{л}}$ ,  $v_{\max}^{\text{л}}$ ,  $S^{\text{л}}$  – соответственно для лавы: максимально допустимый расход и скорость движения воздуха; площадь поперечного сечения.

Таким образом, допустимое выделение метана в лаве ограничено количеством поступающего со свежим воздухом газа и (при отсутствии АГК) не может быть больше:

$$q_{\max}^{\text{л}} - q_{\max} = 0,01 \cdot v_{\max}^{\text{л}} \cdot S^{\text{л}} - 0,005 \cdot v_{\max} \cdot S.$$

Основываясь на приведенной в нормативном документе [2] зависимости максимально возможной по газовому фактору нагрузки на очистной забой, можно оценить влияние содержащегося в свежей струе метана на интенсивность горных работ.

$$A_{\max} = A_p I_p^{-1,67} \left[ \frac{Q_{\max}^{\text{э}} (C - C_0)}{194} \right]^{1,93},$$

где  $I_p$  - средняя абсолютная метанообильность очистной выработки, м<sup>3</sup>/мин;

$A_p$  - расчетная нагрузка на очистной забой, т/сут;

$Q_{\max}^{\text{э}}$  - максимальный расход воздуха в очистной выработке, м<sup>3</sup>/мин;

$C, C_0$  - допустимые концентрации метана в исходящей из очистной горной выработки (1%) и поступающей на выемочный участок (0...0,5%) вентиляционных струях.

Сгруппировав постоянные для определенного очистного забоя величины  $A_p$ ,  $I_p$ ,  $Q_{\max}^{\text{э}}$  введем новую константу "a". После преобразования формулы получим удобное для расчетов выражение:

$$A_{\max} \cdot a = (C - C_0)^{1,93}$$

Из него следует, что максимальная нагрузка на очистной забой находится в степенной зависимости от разностной концентрации метана в вентиляционных потоках, поступающем к очистной выработке и исходящем из нее:

$$A_{\max} = \frac{(C - C_0)^{1,93}}{a}.$$

Таким образом, рассчитав  $A_{\max}$  для значений  $C_0$  (в пределах от 0 до 0,5%) при  $C=1\%$ , получим наглядную зависимость максимально допустимой нагрузки на очистной забой от концентрации метана (рис.1).

Она позволяет видеть, что при увеличении содержания метана от 0 до 0,5% в поступающем в лаву воздухе, в три-четыре раза сокращается возможность интенсивной отработки угольных пластов.

Целью данной статьи является: обоснование перспективных направлений управления процессом десорбции метана из отбитой от забоя горной массы при снижении негативных последствий для окружающей природной среды, создании безопасных условий труда и, как следствие, получения максимально возможного эколого-экономического эффекта.

Такое технологическое решение, в первом приближении, состоит из двух взаимно противоречивых процессов. Во-первых, необходимо добиться снижения десорбции метана из отбитого угля в период его транспортировки по лаве и расположенному в воздухоподающей

выработке ленточному конвейеру. А затем, в удобном для этого месте, обеспечить интенсивную газоотдачу с одновременным каптажем метана. При реализации такой технологии схематично метановыделение из отбитого угля выглядит следующим образом (рис.2).

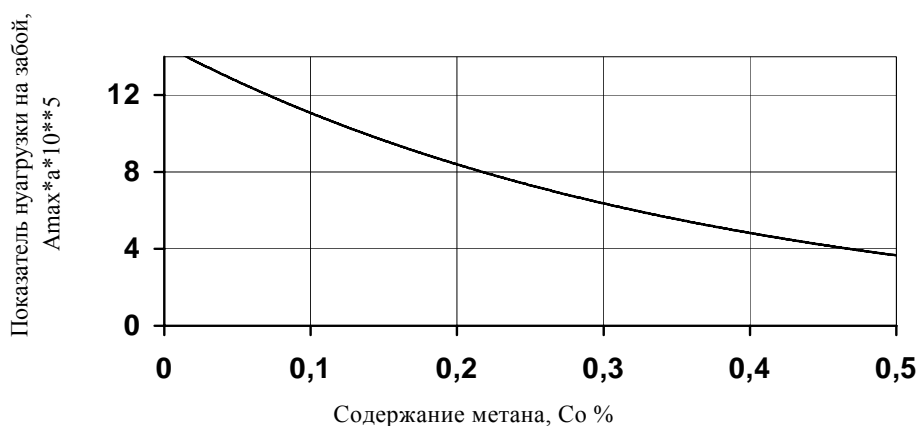


Рисунок 1 – Влияние содержащегося в поступающей воздушной струе метана ( $C_0$ ) на показатель производительности очистного забоя ( $A_{max} \cdot a$ )

В период ( $t_1$ ) транспортировки по лаве и по штреку отбитой горной массы принимаются меры по снижению газоотдачи из нее. Наиболее простым представляется использование для этого водных растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ). Возможно применение двух технологических приемов. Первый из них состоит в нанесении раствора на поверхность разрушенного угля. При этом под действием капиллярных сил растворы проникают в трещины и поры угля и «запирают» метан в них, препятствуя свободному выделению его в атмосферу. Еще один вариант ограничения метановыделения состоит в укрытии транспортируемого угля слоем воздушно-механической пены, которая позволяет изолировать полезное ископаемое от воздушного потока. Применение пен высокой и средней кратности позволяет ограничиться достаточно малым количеством привносимой в уголь воды, что не сказывается на его товарных качествах. Применение «биологически мягких» ПАВ не приводит к негативным воздействиям на окружающую среду при попадании их в сточные шахтные воды.

В настоящее время представляется возможным еще ряд способов ограничения десорбции газа из отбитого угля. Можно, например, существенно увеличить скорость транспортирования отбитой горной массы по выработкам, значительно сократив длительность периода  $t_1$ . Представляет интерес возможность отделения вентиляционного потока воздуха от транспортируемой горной массы в пространстве горной выработки. Существует устройство, позволяющее снизить метано-пыле-тепловыделение из отбитой горной массы в горную выработку - трубчатый ленточный конвейер (ТЛК) [3]. В ТЛК непрерывно подаваемый на плоскую часть ленты груз увлекается ею, и обжимается при сворачивании ленты в трубу. Сохраняя все преимущества обычного ленточного, ТЛК значительно превосходит его по возможности изменения радиуса изгиба става в горизонтальной и вертикальной плоскости. Находящийся внутри трубы транспортируемый груз имеет ограниченный контакт с окружающей атмосферой горной выработки, выделяющийся свободный метан преимущественно остается внутри этого изолированного пространства.

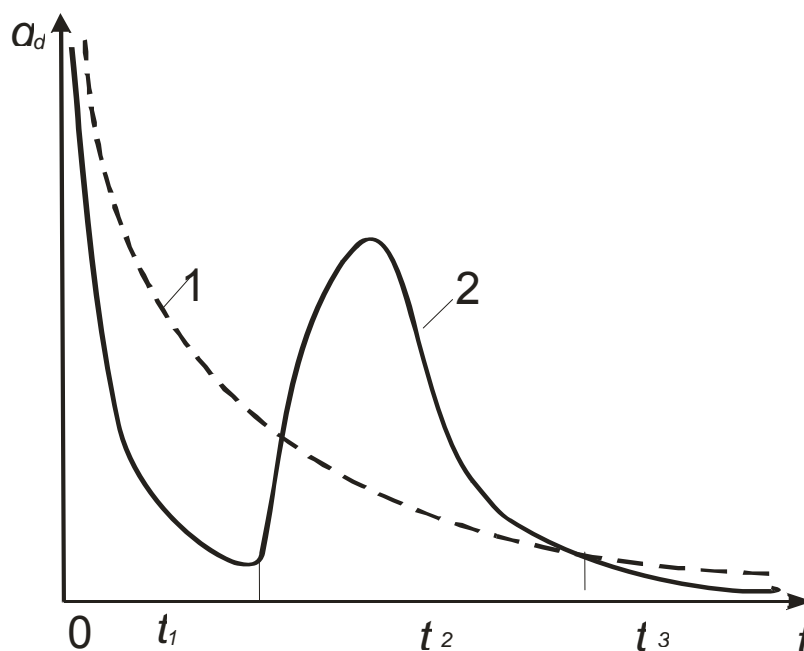


Рисунок 2 – Режимы метановыделения ( $q_d$ ) во время ( $t$ ) транспортирования отбитой горной массы по горным выработкам: 1 – существующий; 2 – предлагаемый;  
 $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  – характерные периоды десорбции метана при, соответственно: транспортировании; складировании в бункере; нахождении в открытом пространстве.

Можно предположить, что наибольший эффект в период  $t_1$  можно достичь комбинацией применения растворов ПАВ и пен при транспортировке отбитой горной массы от забоя до ленточного конвейера, а затем используя ГЛК.

Однако, только использование ГЛК не обеспечивает существенного повышения уровня охраны труда и экологической безопасности. Пыль, а в особенности метан, выделяются в атмосферу в местах перегрузки и складирования горной массы в бункера. При этом основная часть газов поступает в очистную выработку и, в конечном итоге, в атмосферу. Следовательно, необходимы дополнительные меры управления потоками газа, пыли и тепла в выработках со свежей струей.

Представляется целесообразным герметизировать места перегрузки и складирования горной массы, а также соединить изолированную полость с дегазационным трубопроводом. Разряжение, создаваемое дегазационными вакуум-насосами, в бункерах будет способствовать интенсивному выделению метана из угля (период  $t_2$ ). А отсос газовой смеси из ограниченного объема бункера с последующей утилизацией – способствовать удалению метана из горных выработок и достижению поставленных целей: повышению нагрузки на очистной забой с повышением при этом безопасности труда и уменьшением негативного воздействия на окружающую природную среду. Отрицательная сторона такой технологии состоит в необходимости длительного нахождения угля в бункере для более полного удаления газа и увеличения его размеров, что дорого и не всегда возможно в подземных условиях. Добиться уменьшения размеров бункера и срока складирования горной массы возможно, оказывая на нее стимулирующее дегазацию воздействие, например, электрогидродинамическим воздействием или другим способом. Управление скоростью десорбции метана из угля может существенно улучшить показатели работы высоконагруженных очистных забоев при увеличении уровня безопасности труда и снижении негативного воздействия на окружающую среду. В этом направлении необходимо провести дополнительные исследования.

После выгрузки из бункера уголь с пониженным содержанием метана представляет меньшую угрозу для окружающей среды и безопасности ведения горных работ. Выделение опасных газовых компонентов из него резко уменьшается (период  $t_3$ ).

Таким образом, выполненный анализ позволяет сделать заключение о том, что, управляя выделением метана из отбитой горной массы можно достичь существенного увеличения на очистной забой. Теоретические выкладки показывают, что можно повысить добычу из лавы в три-четыре раза. При этом достигается существенное снижение негативных факторов безопасности труда, в первую очередь загазовывания и запыления воздушных потоков. Кроме того, за счет

каптажа метана системами дегазации и последующей его утилизации обеспечивается улучшение экологической обстановки как за счет снижения выброса парниковых газов, так из-за рационального использования природных ресурсов.

#### **Библиографический список:**

1. ДНАОП 11.30-1.01.96. Правила безопасности в угольных шахтах. – К.: Основа, 1996.- 425 с.
2. ДНАОП 11.30-6.09.93. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 312 с.
3. Перспективы применения трубчатых ленточных конвейеров в условиях отработки угольных пластов в пределах шахтных полей шахт ”Павлоградская” и ”Терновская”// Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы и перспективы развития транспорта горных предприятий». – Днепропетровск: НГУ, 2007. – С. 34-37.