

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ НА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

*Минеев С.П., Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины
Беликов И.Б., Самопаленко П.М., Головка А.М., Государственная военизированная служба в
угольной промышленности Украины
Самохвалов Д.Ю., Главное управление Гоструда в Донецкой области, Украина*

При ведении горных работ на газоносных угольных пластах на шахтах Украины достаточно часто происходят загазирования очистных и подготовительных выработок, которые нередко приводят к взрывам метановоздушной смеси. При этом процесс метановыделения в выработки с одной стороны исследован достаточно широко, а с другой стороны отсутствуют однозначные физические понятия по закономерностям метановыделения перед и после взрывов. Кроме того, отсутствие концептуальных физических понятий не позволило предложить практике безопасные нормативы, как по требованиям к максимально допустимой нагрузке на очистной забой с учетом газового фактора, так и основные допустимые требования к величинам аэродинамического сопротивления выработок выемочного участка. Поэтому в статье исследуются вопросы управления метановыделением на выемочных участках шахт, обрабатывающих газоносные угольные пласты на современных глубинах на угольных шахтах Украины.

В работе установлено, что в условиях увеличения нагрузок на очистные забои необходимо пересмотреть нормативные документы, которые определяют правила проектирования проветривания и отвода метана по трубопроводам за пределы выемочных участков.

Обоснованы новые подходы, которые должны предусматривать требования к максимально допустимым величинам аэродинамического сопротивления выработок выемочных участков и учитывать отвод метана выработанных пространств за пределы участков по трубопроводам.

В результате установлена необходимость определения приоритета исследованиям, направленным на повышение эффективности воздействий, направленных на снижение выбросов метана в атмосферу и предупреждения его воспламенения в выработках угольных шахт.

При ведении горных работ на газоносных угольных пластах на шахтах Украины достаточно часто происходят серьезные загазирования очистных и подготовительных выработок, которые не редко приводят к взрывам метановоздушной среды [1 -3]. При этом процесс метановыделения в выработки с одной стороны исследован достаточно широко [3, 4], а с другой стороны отсутствуют однозначные физические понятия по закономерностям метановыделения перед и после взрывов [5]. Кроме того, необходимо отметить, что отсутствие концептуальных физических понятий не позволило предложить практике соответствующие безопасные нормативы, как по требованиям к максимально допустимой нагрузке на очистной забой с учетом газового фактора, так и основные допустимые требования, соответственно, к величинам аэродинамического сопротивления выработок выемочного участка. Поэтому весьма важной проблемой является рассмотрение вопросов управления метановыделением на выемочных участках шахт, обрабатывающих газоносные угольные пласты на современных глубинах.

В предлагаемой вашему вниманию статье были поставлены следующие задачи:

- насколько использованы имеющиеся технические решения и другие возможности для снижения выброса метана в атмосферу;
- каким из возможных способов, необходимо предоставить приоритет в развитии и дополнительных исследованиях чтобы повысить эффективность этих действий.

Решая поставленную задачу по оценке снижения выброса метана в атмосферу, необходимо оценивать и другой не менее важный вопрос неразрывно связанный с поставленной задачей, а именно - предупреждение аварийных ситуаций в шахтах, связанных с воспламенением метановоздушной смеси. Поэтому далее рассмотрим основные источники метановыделения.

Общее метановыделение шахт включает в себя выделение метана: на действующих выемочных участках; на остановленных и подготавливаемых выемочных участках; при проведении подготовительных выработок; в поддерживаемых горных выработках; из изолированных и не используемых горных выработок; из выработанных пространств; из вмещающих пласт пород; импульсные выделения метана в очистных забоях различного характера; суфлярные и другие выделения метана; выделение метана из разрушенного угля, перемещаемого по выработкам и т.д. [3, 6, 7]. В настоящее время существуют методики определения метановыделения от каждого из этих источников. Однако не все, приведенные выше источники, выделения метана являются основными.

Поэтому, далее из всех объектов метановыделения на шахтах, для решения поставленного в статье задачи, рассмотрим один из основных источников метановыделения – метановыделение на выемочных участках. На выемочных участках для осуществления управления метановыделением на практике рекомендуется выполнение следующих способов:

- разбавление метана, выделившегося в горные выработки, воздухом до безопасных концентраций с помощью вентилятора главного проветривания с последующим выбросом метановоздушной смеси в атмосферу;

- сбор метана в трубопроводы с помощью различных источников тяги у мест его выделения с последующим отводом за пределы выемочных участков и выбросов метановоздушной смеси, как в действующие выработки, так и во внешнюю атмосферу.

По данным ГВГСС в 2019 году на шахтах Украины общее фактическое метановыделение на всех выемочных участках, которые ведут (или вели) работы по добыче угля, составило порядка 508 м³/мин или ориентировочно 267 млн. м³в год. При этом, порядка 45% общего количества метана (а это порядка 225 м³/мин), отводится за пределы выемочного участка при ведении работ по добыче угля с помощью проветривания, а за пределы выемочного участка при добыче угля отводится порядка 55% метановыделения на всех выемочных участках с помощью газопроводов, что приблизительно составляет 283 м³/мин. Исходя из приведенного выше анализа, вырисовываются два основных направления в решении поставленной в статье задачи:

Первая. Снижение общего количества метана, который выделяется в выработки выемочных участков, при условии сохранения или увеличения достигнутой нагрузки на очистные забои.

Вторая. Повышение доли метана, который отводится по трубопроводам, от общего баланса его выделения на выемочных участках.

Учитывая исторически сложившееся требование к проветриванию на газовых шахтах, а именно применение всасывающего способа, а также того, что метан в 1,8 раза легче воздуха, становится очевидным, что целесообразно использование разряжения, которое вентилятор главного проветривания прикладывает к выемочному участку для обеспечения требуемого расхода воздуха и создания благоприятных условий для выхода метана в действующие горные выработки.

В соответствии с результатами измерений, выполненными ГВГСС при обследовании 70 выемочных участков на шахтах (см. табл. 1) для нормального обеспечения забоев расчетным количеством воздуха к 43% действующих выемочных участков была приложена депрессия вентилятора главного проветривания более, чем 30 мм. вод. Стола (см. рис. 1). Причем, как установлено, «нормой», в последнее время становятся выемочные участки с приложенной депрессией 80 – 120 мм. вод. ст. (при максимально предельной- 203 мм.вод.ст).

Депрессии на выемочных участках шахт Украины

№	Депрессия, мм. вод. ст.	Количество участков	%
1	до 10	11	16
2	от 10 до 20	23	33
3	от 20 до 30	6	8
4	более 30	30	43
	ВСЕГО	70	

В результате проведенных обследований в этих забоях были установлены следующие величины существующих депрессий, при которых поддерживается подача расчетного количества воздуха на выемочный участок (см. рис. 1).

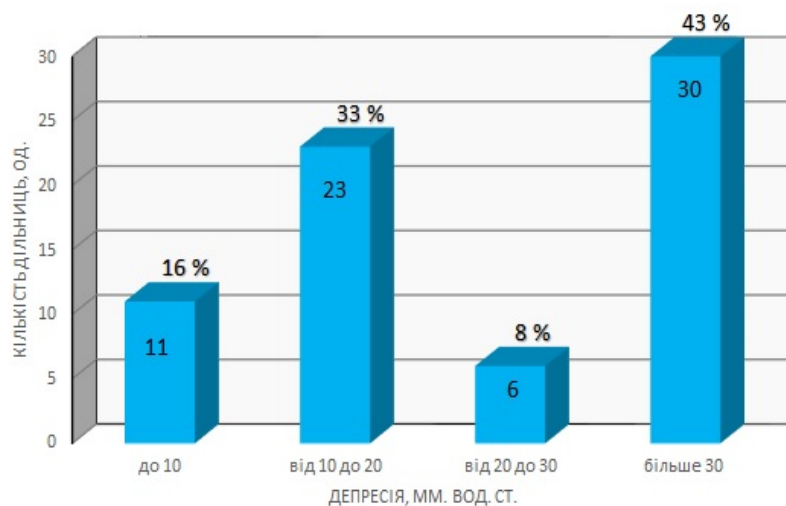


Рис. 1 – Результаты оценки проектных депрессий на выемочных участках

В результате выполненного анализа полученного материала при обследовании по значениям увеличенной депрессии на выемочных участках были установлены основные их объективные и субъективные причины. Так, к объективной причине увеличения депрессии относят увеличение длины очистных забоев и увеличение протяженности выемочных полей. А к субъективной причине увеличения депрессии можно отнести недостаточное поперечное сечение вентиляционных выработок выемочных участков.

При этом, как было установлено, среди действующих выемочных участков на шахтах Украины сечения вентиляционной выработки, как в проекте, так и в эксплуатации были не достаточными (см. рис. 2).

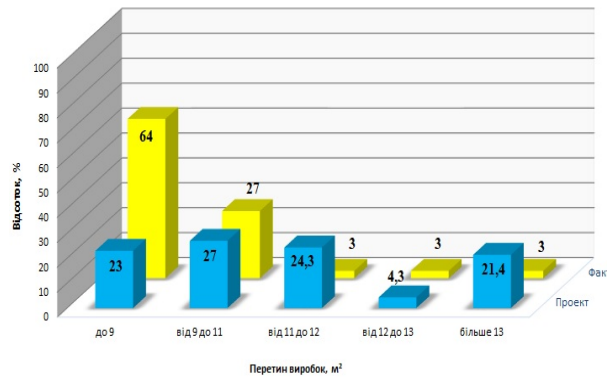


Рис. 2 – Сечения вентиляционных выработок на действующих выемочных участках, заложенные в проекте (а) и при эксплуатации (б)

Как видно из рисунка 2 сечения вентиляционных выработок составляли при проектировании: 23% действующих выемочных участков проектировались к отработке с проектным сечением вентиляционной выработки до 9 м²; 27% случаев - с сечением от 9 м² до 11 м² и только на 21% участков вентиляционные выработки проектировались к отработке с проектным сечением более 13 м². А фактические сечения вентиляционных выработок при отработке выемочных участков составили: 64% действующих выемочных участков эксплуатируются со средним сечением вентиляционной выработки до 9 м² и 27% - с сечением от 9 м² до 11 м². При этом, к сожалению, только 3% выемочных участков, эксплуатируются с сечением вентиляционных выработок более 13 м². Это говорит о технологических особенностях выполнения требований ПБ на шахтах, соответственно, это есть основная причина в дальнейшем загазировании забоя и реализация взрыва метановоздушной смеси.

Параметры депрессии, приложенные к выемочному участку и, соответственно, снижение количества метана, выделяемого в выработки, затем разбавляемого подаваемым воздухом и отводимого в атмосферу определяется по известным методикам. Так, для расчетов параметров депрессии можно использовать следующие выражения (1) и (2).

$$H = R \times Q^2, \text{ кгс/м}^2 \quad (1)$$

$$R = \alpha \times P \times L / S^3, \text{ кгс} \times \text{с}^2 / \text{м}^8 \quad (2)$$

где:

R – аэродинамическое сопротивление горной выработки, кгс × с²/ м⁸;

Q – расход воздуха, м/с.

α – коэффициент аэродинамического сопротивления;

P – периметр выработки, м;

S – площадь поперечного сечения, м².

Необходимо отметить, что при расчетах с использованием выражений (1) и (2) может быть получено следующее. Так, для того, чтобы по выработке длиной около 1000 м проходил воздух в количестве порядка 1000 м³/мин при площади ее поперечного сечения (S) 9 м² необходимо приложить депрессию (H) равную 8,7 мм вод. ст., а при сечении выработки 13 м² уже необходима депрессия всего не менее H = 3,47 мм вод. ст. Проведенный выше анализ позволил сформулировать основное требование по мерам снижения общего количества метана, который выделяется в выработки выемочных участков при условии сохранения (или увеличения) достигнутой нагрузки на очистные забои. Так, из 70

действующих выемочных участков только на 20, что составляет 28,5%, применяется хотя бы один способ кооптирования метана и его отвод по трубопроводам за пределы выемочных участков (см. табл. 2).

Таблица 2

Параметры скважин для каптажа метана

Способы кооптирования метана	Всего	из них, количество отводимого метана меньше проекта	%
Скважины с поверхности, участков	0		
Скважины из выработок, участков	9	5	55
С помощью «свечей», участков	9	6	66,7
Газоотсасывающие установки, участков	15	12	80

Для подтверждения приведенных выше выводов приведем результаты следующего анализа. Так, например, за последние три года на шахтах угольной промышленности Украины в работе находились 223 выемочных участка. При этом, на них схема проветривания типа 1М применялась на 48% участков, а типа 1В, 2В, 3В – на остальных 52% участках (см. табл. 3).

Таблица 3

Схемы проветривания применяемые при отработке на шахтах выемочных участков

Тип схемы проветривания	2017 год	2018 год	2019 год		Всего
			отработанные	действующие	
1М	42	26	13	26	107
1В, 2В, 3В	29	34	9	44	116
ВСЕГО	71	60	22	70	223

Причем, следует отметить, что из 116 выемочных участков, при отработке которых применялись схемы проветривания типа 1В, 2В, 3В утечки воздуха через выработанное пространство в них были менее расчетных на 65% участков (рис.3).

Снижение утечек воздуха через выработанное пространство достигается различными способами поддержания выработок, как правило, с целью их повторного использования, например, применением литых полос из быстротвердеющих материалов и др. Причем, если задаться вопросом правильно или не верно это для безопасности ведения работ с учетом управления метановыделением, то возможно вывод будет возможно следующий.



- общее количество участков со схемами проветривания типа 1В, 2В, 3В
- количество участков с утечками воздуха, через выработанное пространство, менее расчетных

Рис. 3 – Распределение количества применяемых схем проветривания при отработке выемочных участков на шахтах

На сегодняшнее время этот вывод считается нормативно правильным, поскольку все вписывается в выполнение нормативных требований и совместно с утечками воздуха через выработанное пространство мы имеем меньший вынос метана в вентиляционную выработку.

Однако, для более объективного ответа на этот вопрос, необходимо учитывать и то, что в результате минимизации утечек воздуха через выработанные пространства метан накапливается в выработанных пространствах лав. Причем, такая ситуация происходит в условиях, когда только на 28,5% действующих выемочных участках применялся хотя бы один способ отвода метана по трубопроводам, при этом количество отводимого метана от проектной величины составляет от 55% до 80%.

При этом, следует иметь в виду, что метан с течением времени будет выходить в очистной забой и в лучшем случае мы получим, в конечном счете, загазирование лавы по заднему ряду секций механизированной крепи или вентиляционной выработки на сопряжении с лавой, а в худшем случае произойдет взрыв метановоздушной смеси. Ниже рассмотрим динамику общего количества происходящих взрывов метановоздушной смеси и также места этих взрывов на выемочных участках, произошедших в 2017-2019годах (см. рис. 4 и 5).

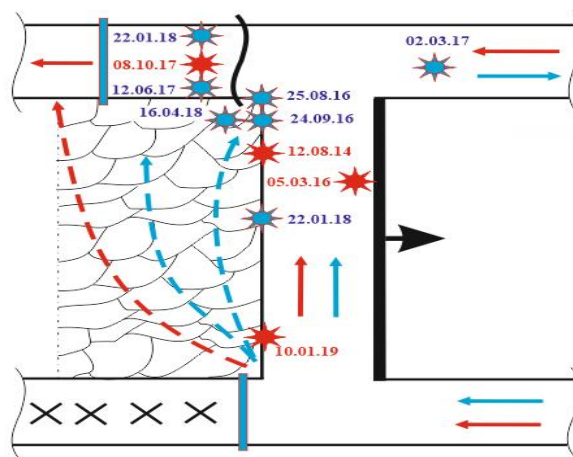


Рис. 4 – Места взрывов метановоздушной смеси, произошедшие на выемочных участках угольных шахт Украины в 2017-2019годах

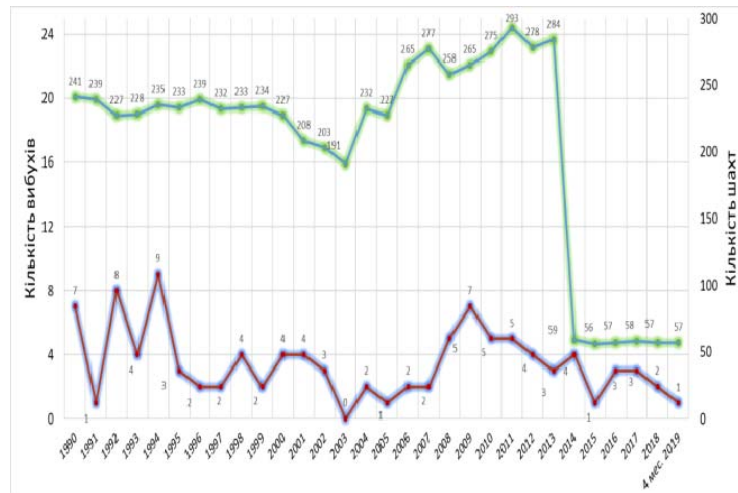


Рис. 5 – Динамика общего количества происходящих взрывов метановоздушной смеси

При этом, после взрывов метановоздушной смеси происходит резкое увеличение дебита метана из выработанного пространства в действующие выработки участка, что является подтверждением его накопления в выработанном пространстве в результате недостаточных действий по его изолированному отводу до аварий (см. рис. 6) [3, 5]. Кроме того, необходимо выполнить соответствующее обоснование по выбору требуемых вентиляционных режимов, используемых при интенсивном метановыделении в выработки выемочного участка [8]. В дальнейшем, увеличение дебита метана практически исключает возможность эффективных действий по управлению метановыделением при ликвидации аварии, что, соответственно, приводит к изоляции участков на безопасно необходимых расстояниях с большими материальными потерями.

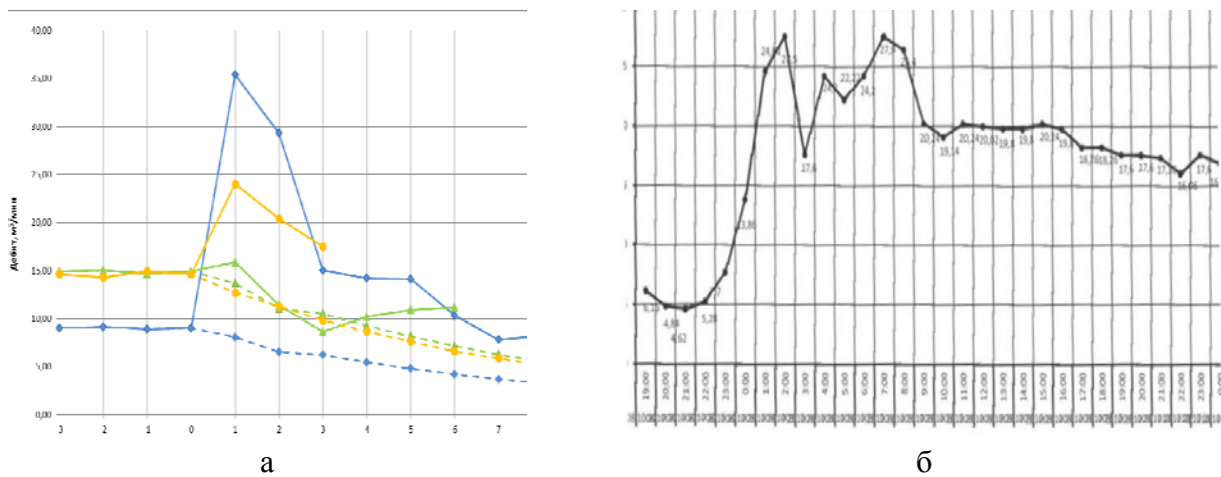


Рис. 6 – Изменение метановыделения выемочных участков после взрывов метановоздушной смеси

Проведенный анализ показывает, что действующие нормативы по проектированию параметров способов сбора метана в трубопроводы и его отвода за пределы выемочных участков (дегазационных и газоотсасывающих систем), в фактических условиях увеличения длины очистных забоев и выемочных полей, новых применяемых способов охраны и поддержания выработок выемочных участков, увеличенных нагрузок на очистные забои, которые позволяют достичь современные выемочные машины, не обеспечивают требуемую эффективность этих действий. При этом, весьма важно применение современных методов самого аэрогазового контроля (АГК) в условиях шахты [9] и контроля правильности

разработки и экспертизы проектов АГК для каждого конкретного участка шахты. Поэтому существующие нормативы должны подлежать пересмотру прежде всего с конечной задачей увеличения количества метана, который может отводиться из выработанных пространств выемочных участков.

Таким образом, подводя итоги описанных результатов исследований следует отметить, что в условиях увеличения нагрузок на очистные забои и необходимости снижения отвода метана в атмосферу, требуется пересмотр нормативных документов, которые определяют правила проектирования проветривания выемочных участков и отвода метана по трубопроводам за пределы выемочных участков. При этом, из приведенных выше результатов исследований вытекают следующие выводы:

1. Необходимо предоставить приоритет исследованиям, направленным на повышение эффективности действий для снижения выброса метана в атмосферу изолированный отвод метана и прочие способы и предупреждения его воспламенения в горных выработках шахт.

2. Концептуально новые подходы должны предусматривать требования к максимально допустимым величинам аэродинамического сопротивления выработок выемочных участков и учитывать отвод метана выработанных пространств за пределы участков по трубопроводам.

Список источников

1. Минеев, С.П. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных пластах // С.П. Минеев, А.А. Рубинский, О.В. Витушко, А.В. Радченко. - Донецк: Східний видавничій дім, 2010.- 604 с.

2. Минеев, С.П. Враг или друг шахтный метан? Это решают люди // С.П. Минеев. - Охрана труда: Приложение к журналу, 2017, № 12. – С. 49- 53.

3. Минеев, С.П. О предупреждении аварий, связанных со взрывами метана в угольных шахтах // С.П. Минеев - Уголь Украины, 2018, №1-2, С. 50-59.

4. Mineev, S.P. Questions of the analysis of the applicable schemes of conveying the moving sites on Ukrainian mines and effectiveness of degasation / S.P. Mineev, V.N. Kocherga, R.N. Narivskiy, A.S. Yanzhula – The International Scientific Periodical Journal "Modern Scientific Researches" – Minsk, Belarus, 2018. – Issue №3, Vol. 1 – p. 35-43

5. Булат, А.Ф. Об особенностях управления метановыделением при ликвидации последствий взрывов метановоздушной смеси / А.Ф. Булат, С.П. Минеев С.П., С.Н. Смоланов, И.Б. Беликов, П.М. Самопаленко. - Уголь Украины, 2018, №8. - С. 29-34.

6. Рубан, А.Д. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов / А.Д. Рубан, В.Б. Артемьев, В.С. Забурдяев В. С. и др. — М.: Горная книга, 2010. — 500 с.

7. Минеев, С.П. Свойства газонасыщенного угля / С.П. Минеев. – Днепропетровск: НГУ, 2009. - 220 с.

8. Минеев, С.П. Обоснование выбора аварийных вентиляционных режимов при тушении пожаров // С.П. Минеев, И.Б. Беликов И.Б., П.М. Самопаленко. – The International Scientific Periodical Journal "Modern Scientific Researches" – Karlsruhe, Germany, Oktober 2018. – Issue №5, Part 2, – p. 16-21.

9. Смирнов, А.Н. Некоторые вопросы аэрогазового контроля в условиях угольных шахт // А.Н. Смирнов, С.П. Минеев, А.С. Янжула, Д.Ю. Самохвалов. - Межвед. сб. науч. тр. «Геотехническая механика», Днепропетровск, 2017, Вып. 132. – С. 183- 192.