

С.В. Новоселов, С.А. Панихидников

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВЗРЫВОВ МЕТАНА НА ГАЗОВЫХ ШАХТАХ КУЗБАССА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ

Описан системный подход к решению проблемы метанобезопасности в границах высоконагруженного очистного забоя шахт опасных газу всех категорий. Приведен расчет диапазона концентраций метановыделения при различных переменных системы: «вход-процесс-выход» в аспекте метанобезопасности для высоконагруженных очистных забоев газовых шахт. Раскрыт метод определения концентрации метановоздушной смеси в очистном забое на основе модели «черного ящика». Расчет концентрации метана в метановоздушной смеси высоконагруженного очистного забоя, рассматривается с физико-химических позиций формирования метановоздушной смеси, при использовании молярной массы и молярного объема метана. Рассчитаны альтернативные варианты работы очистного забоя при различных параметрах метановыделения из пласта и различных уровнях скоростей подачи очистного комбайна, с определением массовой доли метана в метановоздушной смеси. Определены основные элементы в общей системе безопасности угольной шахты. Предложены пути дальнейшей активизации исследований направленных на повышение метанобезопасности высоконагруженных очистных забоев газовых шахт Кузбасса.

Ключевые слова: системный подход, метанобезопасность, относительная метанообильность, метановоздушная смесь, массовая доля метана.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-226-235

Введение в проблему метанобезопасности и методических расчетов концентраций метана в очистных забоях газовых шахт при использовании высокопроизводительных добычных комбайнов

Из множества методов управления, применяемых для решения глобальных и актуальных проблем в ряде отраслей жизнедеятельности человека, очевиден приоритет системного подхода, что отра-

жает ряд научных работ зарубежных и российских ученых [1–5] и др.

То, что системный подход актуален в аспекте безопасности на угольных шахтах, доказывается применением ряда систем: диспетчерского мониторинга процессов в режиме он-лайн, аэрогазового контроля, автоматизации производственных процессов, управления производственной безопасностью и другими структурными подсистемами угольной шахты (система электроснабжения, система водоотлива, система вентиляции, система

транспорта и т.д.), да вообще в принципе, к рассмотрению любого процесса можно подойти с системных позиций.

Суть проблемы состоит в том, что процесс газодинамики угольного пласта и смешивания газов в очистном забое в момент резания угля с абсолютной достоверностью, по определенным причинам, точно измерен быть не может, а поэтому необходимо применение упрощенных моделей. В системном подходе упрощения можно рассматривать как модель — «черный ящик» — и, регулируя входы (поступающая струя и газо-выделение в очистном забое), регулировать выходы (концентрация исходящей струи). Следовательно, для обеспечения минимальной концентрации метана на выходе необходимо максимально снизить концентрацию метана на входах.

Схематично системный подход к определению концентрации метановоздушной смеси в очистном забое отражен на рис. 1.

Основная концепция, предлагаемая для решения проблемы метанобезопасности, — предупреждение (система превентивных мер) взрывов метана на газовых шахтах Кузбасса.

Авторы понимают, что любые расчеты имеют погрешность и что истинные

значения будут отличаться от расчетных. В принципе можно получить результат, входящий в доверительный интервал порядка 5%, при снижении погрешности замеров и повышении точности расчетов. Получается, что по факту практики — добыча есть, а как подтвердить ее безопасность по формулам, методикам — нет. Значит, надо решить задачу другим методом.

Поэтому целью статьи является разработка метода расчета действительной концентрации метана в метановоздушной смеси с физико-химических позиций при использовании молярной массы и молярного объема метана.

Теоретические и методические аспекты метановыделения и определения концентрации метановоздушной смеси в очистном забое шахт, опасных по газу

Выделяют фоновое метановыделение в призабойное пространство [10, с. 137], например в ремонтную смену (без добычи угля) метановыделение в призабойное пространство лавы минимально, и интенсивное, которое растет по мере увеличения объемов угледобычи высокопроизводительной техникой,



Рис. 1. Системный подход к определению концентрации метановоздушной смеси в очистном забое: 1 — предварительная дегазация; 2 — газототсасывающие установки; 3 — гидроразрыв; 4 — прочий комплекс мероприятий по дегазации пласта



Рис. 2. Динамика изменения коэффициента естественной дегазации массива угля очистной выработки (по А.Д. Рубану)

особенно на мощных пластах с высокой относительной метанообильностью 10–15 м³/т и более. Вот это интенсивное метановыделение и создает максимальную взрывоопасную концентрацию метана. Расчет конкретных параметров метановыделения при различных переменных параметрах системы: вход—процесс—выход, и определение при этом концентрации метана является целью разрабатываемого метода.

Используя системный подход и упрощая сложные газодинамические расчеты, примем, что параметры газовой выделенности из отбитого угля и поверхности пласта в лаве (J_{Λ} , м³/мин) и общее газовой выделение из выработанного пространства в пределах выемочного участка, ($J_{\text{вп}}$, м³/мин) в сумме ($J_{\Lambda} + J_{\text{вп}}$) напрямую зависят от относительной метанообильности пласта q и, исходя из коэффициента естественной дегазации $K_{\text{еа}}$ и коэффициента эффективности предварительной дегазации $K_{\text{па}}$ при учете интенсивности работы комбайна на основе максимальной минутной производительности, произведем расчет, где целями являются параметры концентрации метана и соответствующей им фактической суточной нагрузки.

Диапазоны параметров метановыделения, согласно исследованиям, проведенным А.Д. Рубаном и др. [10, с. 291], определяют, что в первые 10–30 мин после обнажения динамика изменения коэффициента естественной дегазации пласта составляет порядка 0,2–0,6 согласно графика (см. рис. 2).

Существующие методические подходы, опубликованные Ф.С. Клебановым [6, с. 281], для определения расхода воздуха подаваемого на участок по формуле (1), дают параметры, которые достичь практически невозможно или которые противоречат требованиям ПБ:

$$Q_y + Q_n = 100(J_{\Lambda} + J_{\text{вп}}), \quad (1)$$

где Q_y , Q_n — расход воздуха соответственно в подаваемой и подсвежающей (если она имеется) струях воздуха на участок, м³/мин.

Например, учитывая последнюю практику рекордной добычи, где в секунду очистной комбайн отрезает 1,5 т/с от пласта при относительной метанообильности 15 м³/т для шахт III категории [7] без подсвеживания струи, $Q_n = 0$, можем получить 22,5 м³/с метана. Примем данное метановыделение как максимально возможное, т.е. равным ($J_{\Lambda} + J_{\text{вп}}$) с максимальным коэффициентом естественной дегазации пласта 0,2–0,6 (см. рис. 1).

Тогда по (1) имеем:

- по максимуму без предварительной дегазации необходимый расход воздуха для обеспечения концентрации 1% по ПБ будет равен:

$$Q_y = 100 \cdot 22,5 \cdot 0,6 = 1350 \text{ м}^3/\text{с}$$

- при эффективности дегазации 50% (это высокое значение эффективности) получаем:

$$Q_{\text{у.дег.}} = 0,5 \cdot 1350 = 675 \text{ м}^3/\text{с}$$

Реально же «загнать» в очистной забой в секунду с сечением в свету $S_{\text{св}} = 10 \text{ м}^2$ при ограничении скорости 4 м/с можем только 40 м³/с. Следовательно, расчетное и требуемое количество воз-

духа различаются в порядки, по данной формуле — $675 : 40 = 16,875$ раза.

Или, по А.П. Киячкову, необходимый расход воздуха Q_Λ определится по (2) [8]. В принципе, с небольшими отличиями в названии коэффициентов, данная формула приводится в публикациях других авторов.

$$Q_\Lambda = \frac{100J_\Lambda K_H}{c - c_0}, \quad (2)$$

где J_Λ — среднее газовыделение в очистную выработку (с учетом среднего коэффициента естественной дегазации 0,3), $\text{м}^3/\text{с}$; c — максимально допустимая концентрация газа в исходящей струе лавы, %; c_0 — концентрация газа в поступающей в очистной забое струе, %; K_H — коэффициент неравномерности газовыделения (1,5–2,14). Т.е. при наших параметрах получаем:

$$Q_\Lambda = \frac{100J_\Lambda K_H}{c - c_0} = \frac{100 \cdot 22,5 \cdot 0,6 \cdot 0,3}{1 - 0} \cdot 2,14 = 405 \text{ м}^3/\text{с}$$

Следовательно, при данном подходе, расчетное и требуемое количество воздуха различаются также в порядки, т.е. ($405 : 40$) в 10 раз.

По формуле, приведенной у В.А. Колмакова (3) [9], имеем:

$$Q_{\text{оч}} = \frac{100J_{\text{оч}} K_H}{(c - c_0) K_{\text{оз}}}, \quad (3)$$

где $J_{\text{оч}}$ — газовыделение в забое, $\text{м}^3/\text{мин}$; K_H — коэффициент неравномерности газовыделения (1,3–3,4); $K_{\text{оз}}$ — коэффициент учитывающий движение воздуха по части выработанного пространства, прилегающего к призабойному (1,05–1,3).

$$Q_{\text{оч}} = \frac{100 \cdot (22,5 \cdot 0,6) \cdot 1,3}{(1 - 0) \cdot 1,3} = 1350 \text{ м}^3/\text{с}$$

Следовательно, максимально возможное и требуемое количество воздуха различаются в порядки, по данной формуле — $1350 : 40 = 33,75$ раза.

Из анализа формулы видно, что важен числитель с варьируемым множителем ($22,5 \cdot 0,6$), где:

- множитель 22,5 $\text{м}^3/\text{с}$ — максимальное метановыделение в системе формирования метановоздушной смеси, в конкретном случае для шахт III категории (входящая струя — процесс добычи — исходящая);

- множитель 0,6 — максимальный коэффициент естественной дегазации в очистной забой (газоотдачи), в некоторых публикациях до 0,8.

С математических позиций очевидно, что надо снижать метановыделение в очистном забое и повышать дегазацию пласта вне границ системы (входящая струя — процесс добычи (активное формирование смеси) — исходящая струя).

Метод определения массовой доли метана в метаноздушной смеси в высокопроизводительных очистных забоях шахт, опасных по газу

Определим действительную концентрацию метана при использовании молярного объема и молярной массы, для определения массовой доли метана в смеси метана и воздуха.

Рассчитаем варианты абсолютного метановыделения (J , $\text{м}^3/\text{мин}$) из части угольного пласта очистного забоя укрупненно, по предлагаемой формуле (4) [11].

Данные расчета примем: на пластах мощностью m около 5 м, при скорости подачи современных очистных комбайнов (например, у SL-900 максимальная скорость подачи 36 $\text{м}/\text{мин}$), при относительной метанообильности $q = 5, 10$ и $15 \text{ м}^3/\text{т}$ соответственно для шахт I, II и III категории, при среднем удельном весе угля $\gamma = 1,34 \text{ т}/\text{м}^3$ и коэффициенте десорбции метана из угля $k = 20\text{--}60\%$, с учетом ширины захвата комбайна $r = 1000 \text{ мм}$, с диаметром шнека 2200–3500 мм, при вынимании всей мощность пласта 2–мя

Таблица 1

Альтернативные варианты расчетов массовой доли метана (без дегазации)

№ варианта расчетов	Мощность пласта l , м	Линейная скорость l , м/мин	Объемный вес угля γ , т/м ³	Относительная метанобильность q , м ³ /т	Коэффициент естественной дегазации $K_{га}$	Абсолютное метановыделение J , м ³ /мин	Площадь S , м ²	Скорость струи v , м/с	t , мин	Переводной коэффициент	Молярный объем газа, моль	Количество метана в рассматриваемом объеме n (СН ₄), моль	Количество вещества воздуха в рассматриваемом объеме n (В), моль	Массовая доля метана в смеси, ω /%
1	5	36	1,34	5	0,2	241,2	10	4	60	1 000	22,4	10 767,86	107 142,9	0,052/5,2
2	5	36	1,34	10	0,2	482,4	10	4	60	1 000	22,4	21 535,71	107 142,9	0,099/9,9
3	5	36	1,34	15	0,2	723,6	10	4	60	1 000	22,4	32 303,57	107 142,9	0,142/14,2
4	5	36	1,34	20	0,2	964,8	10	4	60	1 000	22,4	43 071,43	107 142,9	0,181/18,1
5	5	36	1,34	5	0,4	482,4	10	4	60	1 000	22,4	21 535,71	107 142,9	0,099/9,9
6	5	36	1,34	10	0,4	964,8	10	4	60	1 000	22,4	43 071,43	107 142,9	0,181/18,1
7	5	36	1,34	15	0,4	1447,2	10	4	60	1 000	22,4	64 607,14	107 142,9	0,307/24,9
8	5	36	1,34	20	0,4	1929,6	10	4	60	1 000	22,4	86 142,86	107 142,9	0,307/24,9
9	5	36	1,34	5	0,6	723,6	10	4	60	1 000	22,4	32 303,57	107 142,9	0,142/14,2
10	5	36	1,34	10	0,6	1447,2	10	4	60	1 000	22,4	64 607,14	107 142,9	0,181/18,1
11	5	36	1,34	15	0,6	2170,8	10	4	60	1 000	22,4	96 910,71	107 142,9	0,332/33,2
12	5	36	1,34	20	0,6	2894,4	10	4	60	1 000	22,4	129 214,3	107 142,9	0,399/39,9

Таблица 2

Альтернативные варианты расчетов массовой доли метана (с дегазацией)

Мощность пласта t , м	Линейная скорость l , м/мин	Объемный вес угля γ , т/м ³	Относительная метанобильность q , м ³ /т	Мультипликативный коэффициент дегазации, K_m	Абсолютное метановыделение J , м ³ /мин	Площадь S , м ²	Скорость струи v , м/с	t , мин	Переводной коэффициент
5	10	1,34	5	0,05	16,75	10	4	60	1000
5	10	1,34	10	0,05	33,5	10	4	60	1000
5	10	1,34	15	0,05	50,25	10	4	60	1000
5	10	1,34	20	0,05	67	10	4	60	1000
5	10	1,34	5	0,05	16,75	10	4	60	1000
5	10	1,34	10	0,05	33,5	10	4	60	1000
5	10	1,34	15	0,05	50,25	10	4	60	1000
5	10	1,34	20	0,05	67	10	4	60	1000
5	10	1,34	5	0,05	16,75	10	4	60	1000
5	10	1,34	10	0,05	33,5	10	4	60	1000
5	10	1,34	15	0,05	50,25	10	4	60	1000
5	10	1,34	20	0,05	67	10	4	60	1000
5	15	1,34	10	0,05	50,25	10	4	60	1000
5	20	1,34	10	0,05	67	10	4	60	1000
5	25	1,34	10	0,05	83,75	10	4	60	1000
5	36	1,34	10	0,05	120,6	10	4	60	1000

Молярный объем газа, моль	Количество вещества метана в рассматриваемом объеме n (СН ₄), моль	Количество вещества воздуха в рассматриваемом объеме n (В), моль	Молярная масса метана, г/моль	Молярная масса воздуха, г/моль	Масса метана в рассматриваемом объеме M (СН ₄), моль	Масса воздуха в рассматриваемом объеме M (В), моль	Массовая доля метана в смеси, ω /%
22,4	747,7679	107 142,9	16	29	11 964,29	3 107 143	0,0038/0,38
22,4	1495,536	107 142,9	16	29	23 928,57	3 107 143	0,0076/0,76
22,4	2243,304	107 142,9	16	29	35 892,86	3 107 143	0,011/1,1
22,4	2991,071	107 142,9	16	29	47 857,14	3 107 143	0,015/1,5
22,4	747,7679	107 142,9	16	29	11 964,29	3 107 143	0,0038/0,38
22,4	1495,536	107 142,9	16	29	23 928,57	3 107 143	0,0076/0,76
22,4	2243,304	107 142,9	16	29	35 892,86	3 107 143	0,011/1,1
22,4	2991,071	107 142,9	16	29	47 857,14	3 107 143	0,015/1,5
22,4	747,7679	107 142,9	16	29	11 964,29	3 107 143	0,0038/0,38
22,4	1495,536	107 142,9	16	29	23 928,57	3 107 143	0,0076/0,76
22,4	2243,304	107 142,9	16	29	35 892,86	3 107 143	0,011/1,1
22,4	2991,071	107 142,9	16	29	47 857,14	3 107 143	0,015/1,5
22,4	2243,304	107 142,9	16	29	35 892,86	3 107 143	0,011/1,1
22,4	2991,071	107 142,9	16	29	47 857,14	3 107 143	0,015/1,5
22,4	3738,839	107 142,9	16	29	59 821,43	3 107 143	0,0188/1,8
22,4	5383,929	107 142,9	16	29	86 142,86	3 107 143	0,026/2,6

шнеками, при линейной скорости очистного комбайна $l = 36$ м/мин. Получим:

$$J_l = m \cdot l \cdot \gamma \cdot q \cdot r \cdot k. \quad (4)$$

При $k = 20\%$ получим:

• минимально для шахт I категории —
 $J_I = 5 \cdot 36 \cdot 1,34 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 0,2 = 241,2$ м³/мин;

• максимально для шахт III категории —
 $J_{III} = 15 \cdot 36 \cdot 1,34 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 0,6 = 2170,8$ м³/мин.

Количество свежего воздуха, поступающего в забой при максимальной скорости вентиляционной струи 4 м/с, по ПБ, и площади поперечного сечения в свету около 10 м², возможно лишь в объеме 2400 м³/мин.

Соответственно, исходя из вышеприведенных объемов метановыделения, рассчитаем диапазоны массовой доли метана в процентах (концентрация), а далее и соответствующие им объемы добычи (см. табл. 1).

Из анализа результатов табл. 1 видны предельно недопустимые концентрации метана (диапазон 5,2—39,9%) при заданных параметрах в системе формирования смеси: «входы—процесс—выходы». Значит, надо регулировать параметры входа системы и процесса отделения угля от массива (процесс резания), вводить эффективную дегазацию и тем самым уменьшать газоотдачу пласта в очистной забой и оптимизировать режим работы очистного комбайна по скорости подачи, например снизить с 36 м/мин до 20 м/мин (диапазон скоростей современных комбайнов 10—55 м/мин).

При введении коэффициента эффективности дегазации участка $K_{А.уч} = 0,5$ и снижении коэффициента десорбции метана до 0,1, получим мультипликативный коэффициент $K_M = 0,05$. Тогда получим результаты табл. 2.

Анализируя варианты расчетов табл. 2 при скорости подачи $l = 10$ м/мин, мощности пласта $m = 5$ м, объемном весе угля $\gamma = 1,34$ т/м³, ширине захвата 1 м, при 6-часовой смене и коэффициенте машинного времени 0,5, при мультипли-

кативном коэффициенте дегазации $K_M = 0,05$, мы получаем широкий диапазон концентрации метана от 0,38 до 2,6%. Это позволяет сделать вывод, что создание эффективной системы «входы—процесс—выходы» очистного забоя позволит поддерживать пределы метанобезопасности при относительной метанообильности шахт всех категорий по газу.

Далее развивая системную идею к решению проблем метанобезопасности, необходимо отметить, что решать ее надо расширением границ системы, путем введения в нее элементов организации, технологии, горного менеджмента, оптимизации процессов, и развития методов прогноза возможности наступления взрывов метана, что отмечалось авторами [12], [13], [14].

Ориентируясь на данные расчеты, можно определить требуемый уровень дегазации и оптимизировать режимы работы комбайна. Кроме того, расчеты подтверждают, что безопасно можно добывать (конечно, при таком же уровне организации, который был достигнут рекордсменами добычи) для всех категорий шахт следующие объемы:

- в смену — 7230 т/см;
- в сутки, при 3-х сменном режиме — 21 708 т/см;
- в месяц при 25 рабочих днях — 542 700 т/мес.

При 4-х сменном режиме и 30 рабочих днях и скорости подачи 20 м/мин имеем 1 735 200 т/мес, что практически доказали рекордсмены в Кузбассе [15].

Заключение

Резюмируя можно констатировать, что результаты статьи инициируют дальнейшие научные исследования в области метанобезопасности. Системность исследований на основе междисциплинарного подхода будет способствовать развитию эффективной научно-методи-

ческой базы в направлении безопасности и эффективности очистных работ.

Основным способом борьбы с метаном в очистных забоях угольных шахтах остаются превентивные меры при интенсивном проветривании горных выработок в сочетании с различными способами дегазации угольных пластов и выработанных пространств.

Для определения действительных концентраций метана в очистных забоях, необходимо проводить одновременно замеры газа метана при сравнении показаний автоматической газовой защи-

ты, переносных интерферометров и проб воздуха из одних и тех же точек очистного забоя. При серии таких замеров можно найти математическое ожидание (среднее значение), приближающееся к действительной концентрации газа в забое.

На базе предложенного метода можно развить методики прогноза метановыделения для проектирования паспортов выемочных участков с высокопроизводительными очистными комбайнами в соответствии требованиями ПБ последней редакции, учитывающих фрикционную безопасность пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буторин В. К., Ткаченко А. Н., Шипилов С. А. Прикладной системный анализ: концептуальный подход. — М.: Российские ун-ты; Кемерово: АСТШ, 2006. — 323 с.

2. Bertalanffy L. An outline of general system theory. — British J. For Phil. of Sci. 1950, vol. 2, pp. 134–165.

3. Gharajedaghi J., Ackoff R.L. Toward systemic education of system scientists. System Research, 1985. Vol. 2, no 1, pp. 21–27.

4. Lewandowski A., Werzbicki A. Theory, software and testing examples in decision support system. Working paper WP–88–071, Internationnal Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria, 1988.

5. Новоселов С. В. Системная оценка стратегического развития топливно-энергетического комплекса региона: вопросы теории, методологии и практики (на примере ТЭК Кемеровской области на период 2020–2035 гг.): монография. — Кемерово, 2017. — 194 с.

6. Клебанов Ф. С. Воздух в шахте / Под общ. ред. А. Д. Рубана. — М.: Изд-во «Горное дело», ООО «Киммерийский центр», 2011. — 576 с.

7. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» (с изменениями на 8 августа 2017 года). Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приказ от 19 ноября 2013 года № 550.

8. Килиячков А. П., Брайцев А. В. Горное дело. — М.: Недра, 1989. — 442 с.

9. Колмаков В. А. Методические указания: Расчет газообильности и расхода воздуха для проветривания выработок действующих угольных шахт. — Кемерово: КузГТУ, 2000. — 18 с.

10. Рубан А. Д., Артемьев В. Б., Забурдяев В. С., Захаров В. Н., Логинов А. К., Ютяев Е. П. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов: Справочное пособие / Под общ. ред. А. Д. Рубана, М. И. Щадова. — М.: Изд-во «Горное дело», 2010. — 500 с.

11. Novoselov S., Popov V., Filatov Y., Hee Lee, Golik A. Problem of methane-air mixture explosions in working faces of coal mines at mining intensification and ways of its solution / The Second International Innovative Mining Symposium (Devoted to Russian Federation Year of Enviroment). Kemerovo, Russian Federation, November 20–22, 2017, pp. 238–243.

12. Новоселов С. В., Панихидников С. А. Методика определения профессионального рейтинга машиниста горно-выемочных машин высоконагруженных очистных забоев шахт Кузбасса и связь человеческого фактора с риском взрыва метана // Уголь. — 2017. — № 7. — С. 62–64. DOI:<http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2017-7-62-64>.

13. Новоселов С. В. Панихидников С. А. Травматизм на угольных шахтах России и проблема прогноза определения вероятности наступления аварийной ситуации — взрыва метана в очистном забое сверхкатегорной шахты // Уголь. — 2017. — № 9. — С. 32–35. DOI:<http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2017-9-32-35>.

14. Новоселов С. В. Панихидников С. А. Проблемы прогнозирования количества чрезвычайных ситуаций статистическими методами // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 10. — С. 60–71. DOI:10.25018/0236-1493-2017-10-0-60-71.

15. Артемьев В. Б., Ютяев Е. П., Копылов К. Н., Мешков А. А., Демура В. Н., Смирнов О. В. Достижение наивысших показателей по добыче угля в месяц в условиях АО «СУЭК-Кузбасс» // Уголь. — 2017. — № 8. — С. 82–88. **ПЛАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Новоселов Сергей Вениаминович¹ — кандидат экономических наук, доцент, филиал КузГТУ в г. Белово, e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru

Панихидников Сергей Александрович¹ — кандидат военных наук, зав. кафедрой, e-mail: panihidnikov@mail.ru, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 4, pp. 226–235.

S.V. Novoselov, S.A. Panikhidnikov

SYSTEMIC APPROACH TO PREVENTION OF METHANE EXPLOSIONS IN HIGH-OUTPUT PRODUCTION FACES IN GAS-HAZARDOUS MINES IN KUZBASS

The article describes the systemic approach to methane safety in high-output production faces in mines of any methane hazard category. The range of methane release is calculated at different variables of the inlet–process–outlet system in terms of methane safety for high-output production faces in gas-hazardous mines. The method to determine methane-and-air mixture concentration in a production face is based on the 'black box' model: inlet (intake air)—black box (generation of methane-and-air mixture)—outlet (air return from production face). The calculation of methane concentration in the methane-and-air mixture in the high-output production face area is considered from the viewpoints of physics and chemistry of formation of the methane-and-air mixture, using the molar mass and the molar volume of methane. The alternative scenarios of operation of a production face are calculated at different parameters of methane release from coal and at different feed velocities of cutter-loaders, with the determination of total mass fraction of methane in methane-and-air mixture. The key elements in the general safety system of a coal mine are identified. The ways of the further stimulation of the research aimed to enhance methane safety in high-output production faces of gas-hazardous mines in Kuzbass are specified.

Key words: systemic approach, methane safety, relative methane content, methane-and-air mixture, methane mass fraction.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-226-235

AUTHORS

Novoselov S.V., Candidate of Economical Sciences, Assistant Professor, Belovo branch of Kuzbass State Technical University, 652644, Belovo, Russia, e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru,

Panikhidnikov S.A., Candidate of Military Sciences, Head of Chair, e-mail: panihidnikov@mail.ru, The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications.

REFERENCES

1. Butorin V.K., Tkachenko A.N., Shipilov S.A. *Prikladnoy sistemnyy analiz: kontseptual'nyy podkhod* (Applied systems analysis: a conceptual approach), Moscow, Rossiyskie un-ty; Kemerovo: ASTSh, 2006, 323 p.

2. Bertalanffy L. An outline of general system theory. *British J. For Phil. of Sci.* 1950, vol. 2, pp. 134–165.
3. Gharajedaghi J., Ackoff R. L. Toward systemic education of system scientists. *System Research*, 1985. Vol. 2, no 1, pp. 21–27.
4. Lewandowski A., Werzbicki A. Theory, software and testing examples in decision support system. *Working paper WP–88–071*, Internationnal Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria, 1988.
5. Novoselov S.V. *Sistemnaya otsenka strategicheskogo razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa regiona: voprosy teorii, metodologii i praktiki (na primere TEK Kemerovskoy oblasti na period 2020–2035 gg.)*: monografiya (Systemic assessment of strategic development of fuel and energy complex of the region: theory, methodology and practice(for example, the TEK of the Kemerovo region for the period 2020–2035): monograph), Kemerovo, 2017, 194 p.
6. Klebanov F.S. *Vozdukh v shakhte*. Pod obshch. red. A. D. Rubana (Air in mine. Ruban A. D. (Ed.)), Moscow, Izd-vo «Gornoe delo», OOO «Kimmeriyskiy tsentr», 2011, 576 p.
7. *Ob utverzhdenii Federal'nykh norm i pravil v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila bezopasnosti v ugol'nykh shakhtakh» (s izmeneniyami na 8 avgusta 2017 goda)*. Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. Prikaz ot 19 noyabrya 2013 goda № 550 (On approval of Federal norms and rules in the field of industrial safety «safety Rules in coal mines» (as amended on August 8, 2017)).The Federal service for ecological, technological and nuclear supervision. The order of 19 November 2013 no 550).
8. Kilyachkov A. P., Braytsev A. V. *Gornoe delo* (Горное дело), Moscow, Nedra, 1989, 442 p.
9. Kolmakov V.A. *Metodicheskie ukazaniya: Raschet gazoobilnosti i raskhoda vozdukh dlya proverivaniya vyrabotok deystvuyushchikh ugol'nykh shakht* (Calculation of gazoobilnosti and air flow for ventilation of mine workings of active coal mines: Instructional guidelines), Kemerovo, KuzGTU, 2000, 18 p.
10. Ruban A. D., Artem'ev V. B., Zaburdyaev V. S., Zakharov V. N., Loginov A. K., Yutyaev E. P. *Podgovtovka i razrabotka vysoko-gazonosnykh ugol'nykh plastov: Spravochnoe posobie*. Pod red. A. D. Rubana, M. I. Shchadova (Preparation and development of high-gas coal seams: reference manual. Ruban A. D., Shchadov M. I. (Eds.)), Moscow, Izd-vo «Gornoe delo», 2010, 500 p.
11. Novoselov S., Popov V., Filatov Y., Hee Lee, Golik A. Problem of methane-air mixture explosions in working faces of coal mines at mining intensification and ways of its solution. *The Second International Innovative Mining Symposium (Devoted to Russian Federation Year of Enviroment)*. Kemerovo, Russian Federation, November 20–22, 2017, pp. 238–243.
12. Novoselov S.V., Panikhidnikov S.A. *Ugol'*. 2017, no 7, pp. 62–64. DOI:<http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2017-7-62-64>.
13. Novoselov S.V. Panikhidnikov S.A. *Ugol'*. 2017, no 9, pp. 32–35. DOI:<http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2017-9-32-35>.
14. Novoselov S.V. Panikhidnikov S.A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2017, no 10, pp. 60–71. DOI:[10.25018/0236-1493-2017-10-0-60-71](https://doi.org/10.25018/0236-1493-2017-10-0-60-71).
15. Artem'ev V. B., Yutyaev E. P., Kopylov K. N., Meshkov A. A., Demura V. N., Smirnov O. V. *Ugol'*. 2017, no 8, pp. 82–88.

FIGURES

Fig. 1. Systemic approach to determination of methane-and-air mixture concentration in production face: 1—preliminary degassing; 2—gas-suction plants; 3—hydraulic fracturing; 4—other measures on coal degassing.

Fig. 2. Dynamics of natural degassing factor in a production heading (by A.D. Ruban).

TABLES

Table 1. Alternative variants of calculating methane mass fraction (without degassing).

Table 2. Alternative variants of calculating methane mass fraction (with degassing).

