

УДК 622.002.

В.И. Клишин, Г.Ю.Опрук

РАСЧЁТ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ В СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ ПОДЭТАЖНЫМИ ШТРЕКАМИ «КРЕПЬ-ШТРЕК»

Применение высокопроизводительных комплексов для разработки мощных крутопадающих пластов угля Прокопьевско-Киселевского бассейна, исторически сдерживалось их нарушенностью и сложностью залегания. Одним из направлений решения этой проблемы является создание комплекса «крепь-штреク», перемещаемого по мере подсечки подэтажной толщи, по подэтажному штреку по простианию пласта. Варианты таких комплексов были разработаны и изготовлены на Киселевском машиностроительном заводе им. Черных, Сибормаш, КузНИИ и прошли успешные испытания на угольных шахтах [1 - 3]. В последние годы подобная технология реализована авторской группой польской фирмы «GEOТЕCH» на шахте «Казимиуш Юлиуш» (Польша) и получила название «подбирковой» технологии. Эксплуатационными выработками в данной системе являются штреки, пройденные по почве пласта в нижней части каждой эксплуатационной панели. В конце штрека установлено забойное оборудование, специально созданное в Словакии, включающее две секции крепи, обеспечивающие крепление

штрека и защиту подбиркового скребкового конвейера для транспортировки угля, установленного между основаниями секций крепи. Система разработки успешно применяется в условиях шахты «Казимиуш Юлиуш» на пласте мощностью 20 м с углом падения 45° [4]. Таким образом, опыт эксплуатации подбирковой системы «Казимиуш Юлиуш» еще раз подтвердил эффективность подэтажной выемки угля при разработке мощных крутопадающих пластов. Однако применение её в условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения сдерживается разработкой невзрывных методов разупрочнения надштрекового угольного целика.

По этой технологии крутой пласт рассекается по простианию на всю длину отрабатываемого блока подэтажными штрееками, соединенными между собой углеспускными и ходовыми скатами (рис. 1). Между подэтажными штрееками также по простианию проходят промежуточные компенсационные штрееки, из которых производятся операции по разупрочнению угольного целика, расположенного между подэтажными штрееками, а

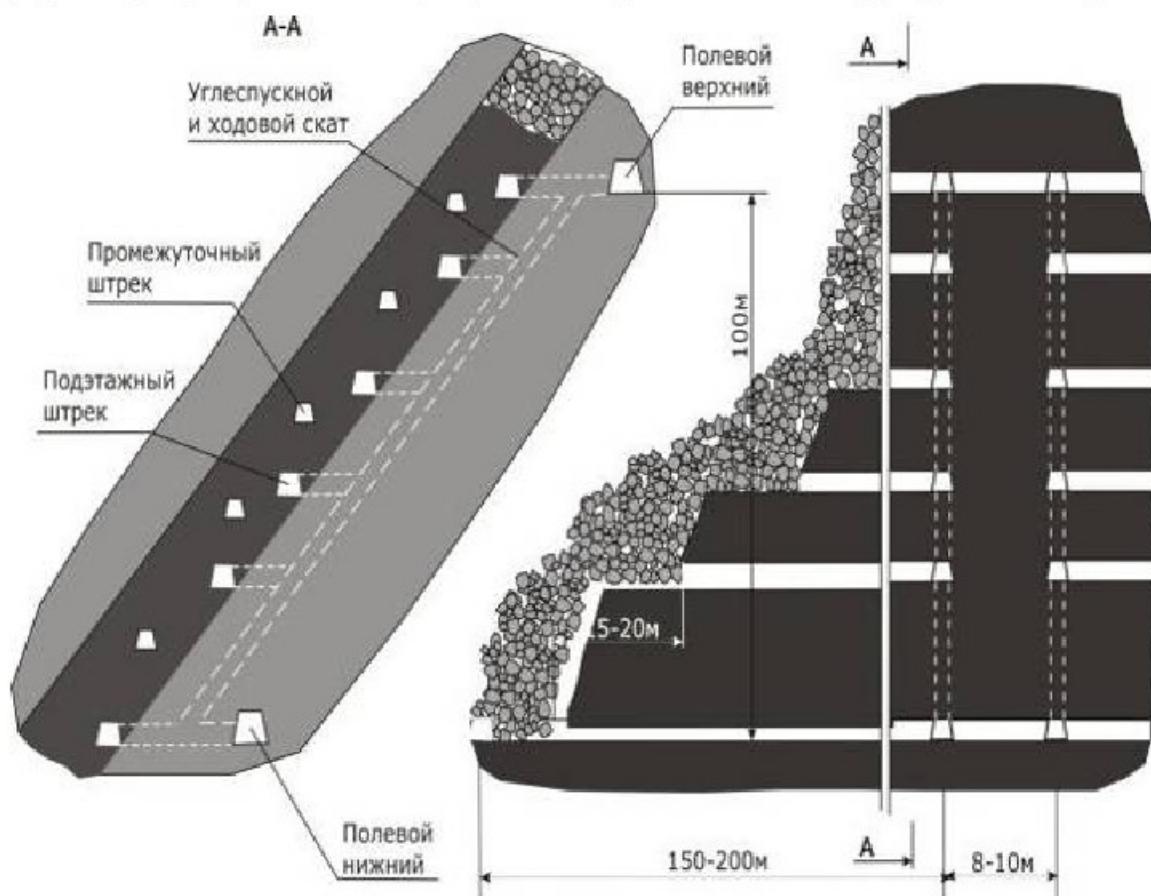


Рис. 1. Система разработки подэтажными штрееками с выпуском угля

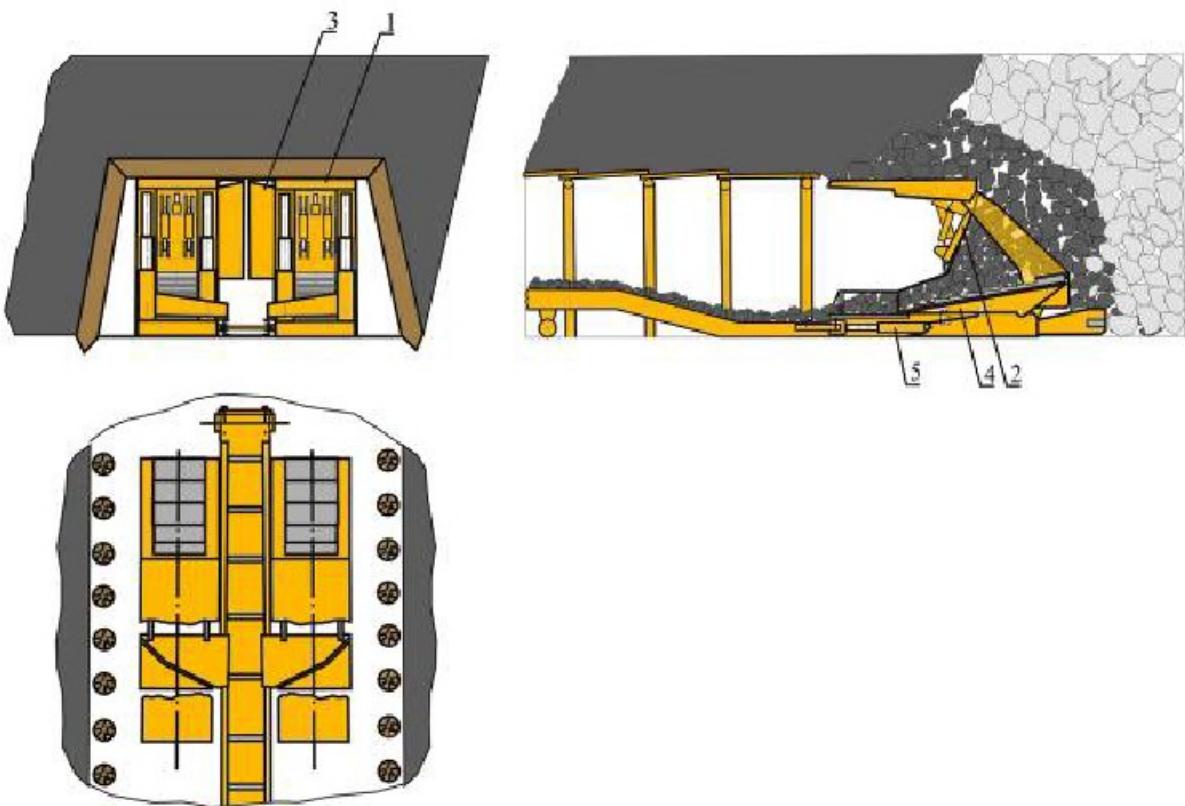


Рис. 2. Крепь подэтажного обрушения КПВ1.

также обеспечивается проветривание тупикового забоя. Наиболее сложной операцией при применении этой технологии, является безопасный и эффективный выпуск угля из разрушенного целика на подэтажный штрек. Все применяемые способы и средства по выпуску обладали теми или иными недостатками.

Для реализации данной технологии разработан и предложен принципиально новый комплекс КПВ1 оборудования, обеспечивающий механизированный управляемый выпуск угля из разрушен-

ного межэтажного целика на подэтажный штрек. [5-8].

Комплекс КПВ1 (рис. 2) включает в себя две секции 1 ограждительно-поддерживающего типа, ограждения которых снабжены выпускными окнами с затвором 2 и откидными щитами 3, а основание питателями 4. Между основаниями секций на почве штрека установлен став перегружателя ПСП-26. Секции 1 связаны со ставом перегружателя гидроцилиндром подачи 5. Комплекс снабжен также двумя гидроцилиндрами с якорной

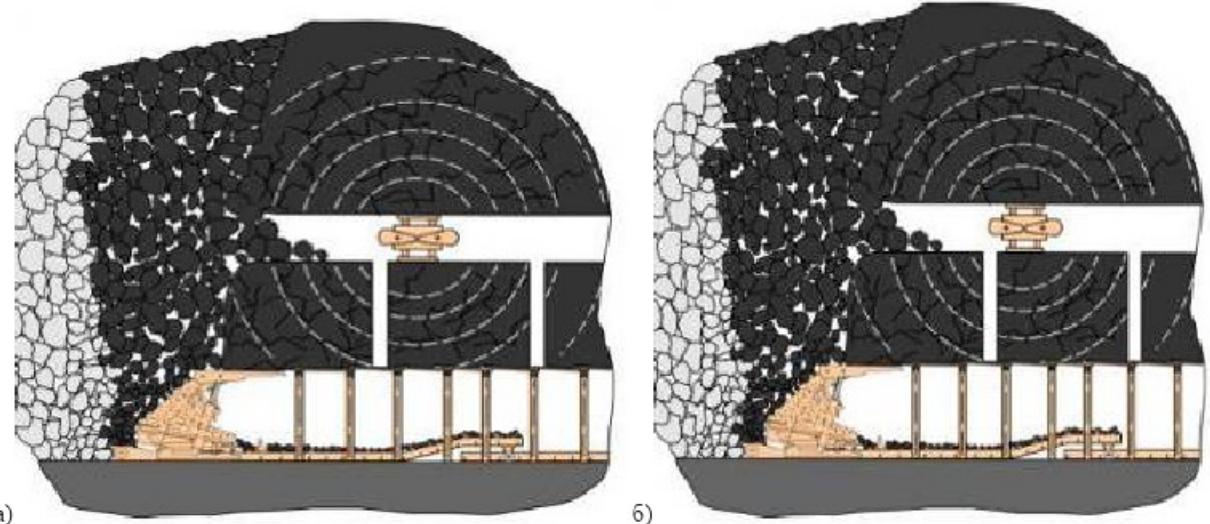


Рис. 3. Способы разупрочнения подэтажного целика: а) вибросейсмический способ разупрочнения; б) направленный гидроразрыв;

стойками и круглозвенными цепями с помощью которых, в случае необходимости могут быть передвинуты вдоль подэтажного штрека как забойные секции 1, так и став перегружателя.

Передвижка комплекса в подэтажном штреке осуществляется путем взаимного перемещения друг относительно друга секций 1 и става перегружателя при помощи гидроцилиндров подачи 5. При передвижке секций 1 ее затворы и щитки должны быть закрыты. После передвижки комплекса и распора секций 1 производиться выпуск угля на став перегружателя с последующей перегрузкой на штревковый конвейер. После выпуска угля из потолочины и прихода в выпускные окна породы, щитки и затворы закрываются.

Разупрочнению угольного массива осуществляется с помощью вибродинамической установки, расположенной в промежуточном штреке. При этом разупрочнение угольного массива и интенсификация его обрушения достигается вибробороткой очистного блока с шаговой перестановкой

т/мин; подвигание за цикл – 1,26м; число одновременно работающих людей – 4; диаметр трубопровода – 1,0м; минимальная скорость движения воздуха – 0,25 м/с; допустимая по ПБ концентрация метана – 1,0%; число поворотов трубопровода на 90 градусов – 2.

Абсолютная метанообильность тупиковой выработки (I_n , м³/мин) слагается из метановыделения с неподвижных поверхностей пласта $I_{n\text{об}}$ (м³/мин) и из отбитого угля $I_{o,y,n}$ (м³/мин):

$$I_n = I_{n\text{об}} + I_{o,y,n} = 2,85 + 0,20 = 3,05 \text{ м}^3/\text{мин},$$

Метановыделение с неподвижных обнаженных поверхностей пласта рассчитывается по формуле:

$$I_{n\text{об}} = 4 \cdot 10^4 m_n \beta V_n a_3 (X - X_o)^{n_1} K_m = \\ = 4 \cdot 10^4 * 12 * 0,43 * 3,8 * 0,42 * (16,0 - 2,2)^2 * 4,47 = 0,2 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где

$$X - \text{природная метаноносность угля, т}^3/\text{м};$$

Таблица 1. Значение коэффициента β

$\frac{\sqrt{S}}{mn}$	1,0 и более	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
β	1,0	0,95	0,91	0,85	0,76	0,65	0,54	0,43	0,34	0,26

Примечание. S – площадь поперечного сечения в свету, м².

Таблица 2. Значение коэффициента a_3 в зависимости от выхода летучих

$V_{\text{def}}, \%$	до 8	8-12	12-18	18-26	26-35	35-42	более 42
a_3	0,14	0,14-0,18	0,18-0,28	0,28-0,43	0,43-0,38	0,38-0,30	0,28

виброснаряда вдоль скважины по восстанию или с помощью направленного гидроразрыва через пробуренные с промежуточного или подэтажного штреков скважины (рис. 3).

Применение данных технологий в 70-е годы, не привели к её широкому внедрению и, как следствие, условия безопасного использования данной технологии не нашли отражения в действующих в настоящее время нормативных документах, что создает необходимость рассматривать её как экспериментальную.

Расчет газовыделения в очистной забой выполнен на основании геологических данных применительно к ш. «Киселевская», согласно действующего «Руководства по проектированию вентиляции угольных шахт» [9] для тупикового забоя. Схема вентиляции для отработки мощного крутоугольного пласта подэтажами представлена на рис. 4.

Исходные данные для расчета: глубина разработки – 270м; длина выработки – 200м; длина трубопровода – 210м; сечение выработки – 15 м²; мощность пласта – 12м; плотность угля – 1,36 т/м³; выход летучих веществ – 28%; природная метаноносность – 16 т³/м; остаточная метаноносность – 2,2 т³/м; скорость подвигания забоя – 3,8 м/сут; производительность комплекса – 0,74

X_o – остаточная метаноносность, т³/м;

где m_n – полная мощность угольных пачек пласта, м;

V_n – проектная скорость подвигания забоя тупиковой выработки, м/сут;

β – коэффициент, учитывающий условия фильтрации метана; для тонких и средней мощности пластов принимается равным 1,0; для мощных пластов определяется по таблице 1;

K_m – коэффициент, учитывающий изменение метановыделения во времени, зависит от времени проведения выработки T_{np} (суток) и принимается как $\sqrt{T_{np}} = \sqrt{20}$;

a_3 – коэффициент принимается согласно таблице 2;

n_1 – показатель степени (принимается равным 2)

Метановыделение из отбитого угля определяется по формуле:

$$I_{o,y,n} = (X - X_o) j K_{my} = (16 - 2,2) * 0,74 * 0,238 = 2,85 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где j – техническая производительность комплекса, т/мин;

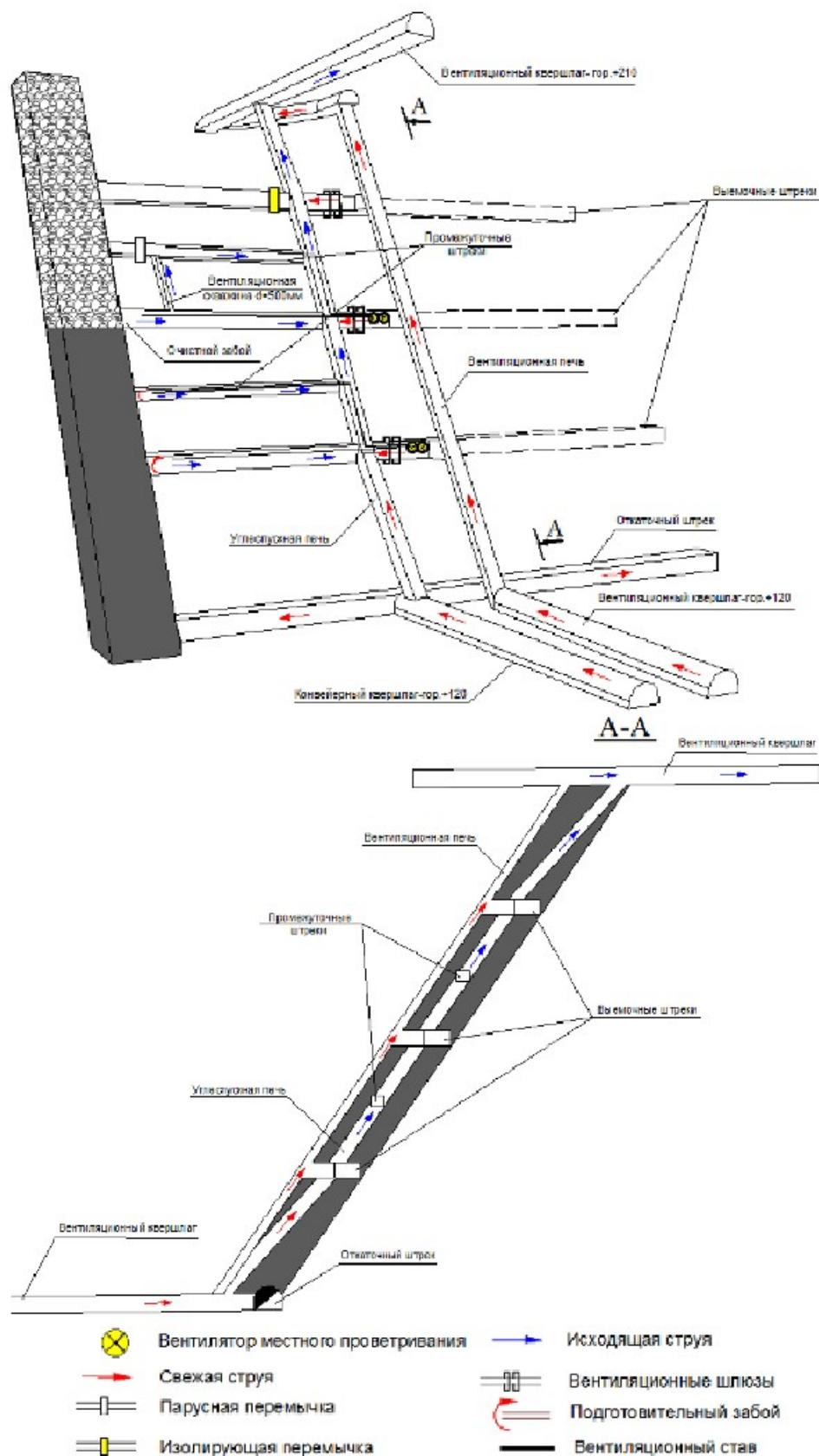


Рис. 4. Схема вентиляции для отработки мощного крутого пласта подэтаж

K_{my} – коэффициент учитывающий степень дегазации угля и зависит от времени нахождения угля в призабойном пространстве T_y .

$$T_y = \frac{15 \cdot 1 \cdot 26 \cdot 1 \cdot 36}{0.74} = 34,7 \text{ мин},$$

где S_{yc} – площадь сечения выработки по углю в

проходке, м²;

l_y – подвигание комплекса за цикл, м;

γ – плотность угля т/м³;

Для месторождений Востока Кту рассчитывается по формуле:

$$K_{my} = a_2 T_y^{B2} = 0,115 * 34,7^{0,25} = 0,279$$

где a_2 , B_2 – коэффициенты, характеризующие газоотдачу из отбитого угля. Для Кузнецкого бассейна $B_2=0,25$, а a_2 на пластах с выходом летучих до 16% равен 0,075, от 16 до 36 равен 0,115, от 36 и более 0,075.

Расход воздуха по минимальной скорости в выработке:

$$Q_{z,n} = 60 V_{min} S = 60 * 0,25 * 15 = 225 \text{ м}^3/\text{мин}$$

где V_{min} – минимально допустимая согласно ПБ скорость воздуха в тупиковой выработке, м/с.

Расход воздуха по выделению метана:

$$Q_{z,p} = \frac{100 \cdot I_n}{C - C_0} = \frac{100 \cdot 3,05}{1 - 0} = 305 \text{ м}^3/\text{мин}$$

где $Q_{z,p}$ – расход воздуха, который необходимо подавать в призабойное пространство тупиковой выработки, м³/мин;

I_n – абсолютная метанообильность тупиковой выработки, м³/мин;

C – допустимая согласно ПБ концентрация метана в исходящей струе из выработки, % (по объему);

C_o – концентрация метана в струе воздуха, поступающего в тупиковую выработку, %.

Расход воздуха по числу людей:

$$Q_{oq} = b n_{chel} = 6 * 4 = 24 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где n_{chel} – наибольшее число людей, одновременно работающих в очистной выработке.

Расход воздуха для проветривания всей тупиковой выработки:

$$Q_n = \frac{100 \cdot I_n K_n}{C - C_0} = \frac{100 \cdot 3,05 \cdot 1,0}{1 - 0} = 305 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где I_n – метановыделение в тупиковой выработке, м³/мин;

K_n – коэффициент неравномерности газовыделения (для Кузнецкого бассейна принимается равным 1,0).

Подача вентилятора, работающего на гибкий или жесткий трубопровод, определяется по формуле:

Таблица 3. Основные результаты расчета

Метановыделение в призабойное пространство, м ³ /мин	Подача вентиляторной установки м ³ /мин	Расход воздуха в месте установки ВМП м ³ /мин	Диаметр трубопровода, м
3,05	317	997	1,0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Томашевский Л.П., Левочкин В.П., Боровиков П.А., Елинов Ю.С., Кузин Г.С., Калусин О.Ф. Разработка и научное обоснование технологии подэтажной выемки угля и параметров выпускного механизированного комплекса «крепь-штрек». Сб. научн. тр. №25. Совершенствование технологии разработки крутых пластов Кузбасса. Прокопьевск, КузНИИИ, 1974 г. С. 55-67.

$Q_s = Q_{z,n} K_{ymp} = 305 * 1,04 = 317 \text{ м}^3/\text{мин},$
где $Q_{z,n}$ – расход воздуха, который необходимо подавать в призабойное пространство тупиковой выработки, м³/мин;

K_{ymp} – коэффициент утечек трубопровода на участке от устья выработки до забоя, для труб диаметром 1,0м при длине 210м равен 1,04.

Сопротивление трубопровода:

$$R_{mp,n} = r_{mp}(l_{mp} + 20d_{mp} n_1 + 10d_{mp} n_2) \\ = 0,0053(210 + 20 * 1,0 * 2) = 1,325 \text{ кП/м},$$

где r_{mp} – удельное аэродинамическое сопротивление гибкого вентиляционного трубопровода, кП/м; для диаметров 0,5м, 0,6м, 0,8м, 1,0м соответственно r_{mp} 0,177, 0,071, 0,0161, 0,0053 кП/м;

n_1 , n_2 – число поворотов трубопроводов на 90 и 45 градусов соответственно.

Давление вентилятора работающего на гибкий вентиляционный трубопровод (депрессия трубопровода), даПа:

$$h_s = Q_s^2 R_{tp,n} (+ 0,41)^2 = 317^2 1,325 (\frac{0,59}{1,04} + 0,41)^2 = \\ = 127156 \text{ Па},$$

Проверка расхода воздуха в устье тупиковой выработки Q_{pr} из условия:

$$Q_{pr} \geq Q_n \geq 305,$$

где Q_s – подача вентиляторной установки, м³/мин;

Расход воздуха у забоя:

$$Q_{z,n} = 1,69 \sqrt{\frac{h_s}{R_{tp,n}}} - 0,69 Q_s = 1,69 \sqrt{\frac{127156}{1,325}} - \\ 0,69 * 317 = 305 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Расход воздуха в месте установки ВМП для группы вентиляторов, работающих на разные трубопроводы и установленных в одном месте:

$$Q_{sc} \geq 1,43 K_p \sum Q_s = 1,43 * 1,1 * (317 + 317) = \\ 997 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где Q_s – подача вентилятора, м³/мин; K_p – коэффициент, принимаемый равным 1,1 для ВМП с регулируемой подачей.

Выполненные расчеты и предлагаемая схема вентиляции тупикового забоя в новой технологии подэтажной выемки мощного угольного пласта с регулируемым, управляемым выпуском, позволяют аргументировано перейти к опытно-промышленному внедрению технологий.

2. Томашевский Л.П. Технология разработки мощных крутых нарушенных пластов Кузбасса и направления ее совершенствования. Обзор. ЦНИИЭуголь. М., 1978, 45 с.
3. Дмитриев С.Н., Зареев С.И., Сенько Л.С., Крылов В.Ф., Томашевский Л.П. Основы технологии разработки угля с применением гибких перекрытий. М., Недра, 1967, с. 114 – 119.
4. Stanislaw Gajos. Experience and practical aspects of utilizing a shrinkage method of extraction at "Kazimierz-Juliusz" coal mine in Sosnowiec. International mining forum. New technologies in underground mining. Safety in mines. Cracow-Szczyrk-Wieliczka, Poland 2004. 157-168.
5. Патент РФ № 2304218 Способ выемки мощных крутопадающих пластов угля / авторы Клишин В.И. Фокин Ю.С., Кокоулин Д.И. Опубл.Б.И., № 22, 2007
6. Патент РФ № 2399762 Способ отработки мощных угольных пластов /авторы Клишин В.И., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б., Клишин С.В. Опубл. Б.И., № 26 2010г
7. Клишин В.И., Клишин С.В. Исследование процессов выпуска угля при отработке мощных пологих и крутых угольных пластов ФТПРПИ, № 2, 2010.
8. Клишин В.И. Технология выемки крутопадающих пластов Уголь Кузбасса, № 3, 2009
9. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Макеевка-Донбасс, 1989. - 311с.

Авторы статьи:

Клишин
Владимир Иванович,
чл.-корр.РАН,
директор Института угля СО
РАН
Email: iuu@icc.kemsc.ru

Опрук
Глеб Юрьевич,
м.н.с. ИГД СО РАН
Email: iuu@icc.kemsc.ru

УДК 622.001.5.061.53.082.3

Н.Т.Бедарев, О.В.Любимов, Г.А.Ситников, Н.Б.Ковалев

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ АНКЕРНЫХ КРЕПЕЙ

Анкерная крепь, в отличие от поддерживающих крепей, сразу после установки, осуществляет связывание и упрочнение массива вокруг выработок и активно противодействует развитию смещений и трещин.

С целью обеспечения визуального систематического контроля за натяжением анкеров в процессе их установки и эксплуатации был разработан анкер с узлом податливости из пакета прорезиненных шайб [1].

Испытания указанных анкеров с узлами податливости проводили на шахтах г. Прокопьевска и Киселевска [2].

Проведенные испытания выявили следующие недостатки:

- при высоте конусной втулки 35,0-40,0 мм последние 2-3 шайбы не работают, т.к. втулка упирается в плиту, а гайка в шайбу, при этом шайбы с повышенным модулем упругости не оказывают сопротивления смещению массива;

- отсутствуют средства поэтапной сигнальной индикации предельного смещения контура выработки.

На основании изложенного был разработан новый анкер [3] для крепления горных выработок, включающий узел податливости, выполненный в виде втулки, внедряемой гайкой в пакет шайб из податливого материала, установленных с возможностью сдвижения при деформировании вдоль

образующей боковой поверхности втулки, отличающейся тем, что высота втулки меньше толщины последней шайбы в пакете, а торцевые поверхности шайб снабжены средствами поэтапной сигнальной индикации предельного смещения конту-

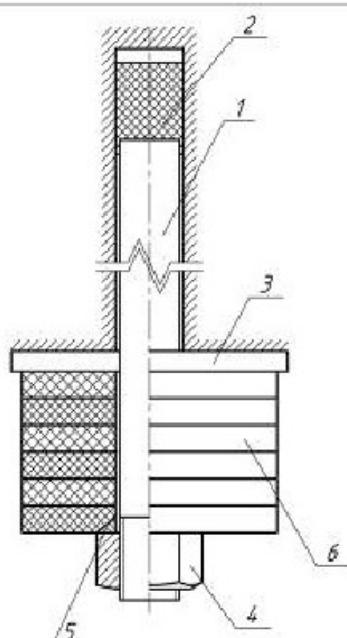


Рис. 1. Узел податливости анкера