

дельные зерна налипают металл и т.д.

В результате изменяются свойства обработанной кругом поверхности - чистота, макрогеометрия, а в отдельных случаях появляются прижоги [6].

Недостатком при протягивании внутренних шлицевых винтовых поверхностей являются наростообразования, вызванные геометрическими параметрами протяжек, переменные силы резания, вибрации, нагрев зубьев, что вызывают повышенный износ протяжек [7]. Методы окончательной обработки внутренних шлицевых винтовых поверхностей приведены на рис. 4.

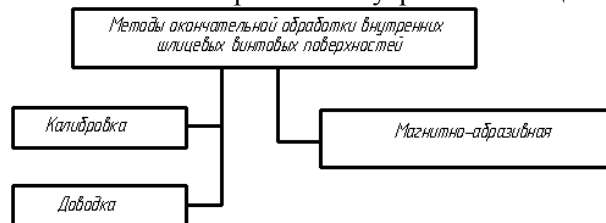


Рис. 4. Методы окончательной обработки внутренних шлицевых винтовых поверхностей

Традиционные окончательные методы обработки геликоидальных пар переносных и телескопных перфораторов не отвечают современным тенденциям повышения эксплуатационных свойств деталей.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Выполненный анализ эксплуатационных свойств геликоидальных пар отечественных и импортных, эксплуатируемых в Украине переносных и телескопных пневматических перфораторов с зависимым поворотом бурового инструмента, выявил факторы, которые влияют на работу перфораторов и вызывают износ, поломку деталей геликоидальной пары приводящей к остановке перфоратора в шахтных условиях. Для повышения эксплуатационных свойств деталей геликоидальной пары (поворотного винта и поворотной гаки) необходимо решить дальнейшие исследования:

Обосновать рациональную конструкцию геликоидальной пары переносных и телескопных перфораторов.

Обосновать окончательный метод обработки геликоидальных пар переносных и телескопных перфораторов, который повысит эксплуатационные свойства деталей.

Обосновать взаимосвязь параметров финишной обработки с повышением эксплуатационных свойств перфораторов.

#### Список литературы

1. Хоменко О.Є. Гірниче обладнання для підземної розробки рудних родовищ: Довідковий посібник./ О.Є. Хоменко, М.М.Кононенко, Д.В.Мальцев - Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 340 с
2. Бегагоен И.А. Повышение точности и долговечности бурильных машин. / И.А. Бегагоен., А.И.Бойко М.: Недра. 1986. 213 с.
3. Бегагоен И.А. Виды повреждений и причины преждевременного выхода из строя деталей быстроударных перфораторов. / И.А. Бегагоен., Г.А. Коваль // Сборник научных трудов КГРИ. Выпуск X. – М., 1962. - С. 223-229.
4. Бегагоен И.А. Организация и методика проведения промышленных исследований деталей буровых машин на износ. / И.А. Бегагоен., Г.А. Власенко, Н.А.Ходаковский //Сборник научных трудов КГРИ. Выпуск XIX. – Москва, 1962. –С. 15-20.
5. Быков В.И. Исследование и расчет динамических процессов перфораторов: автореф. дисс. канд. техн. наук: / В.И. Быков. - Кривой Рог, 1965. – 20 с.
6. Лурье Г.Б. Выбор критерий стокости шлифовального круга в связи с требованиями к качеству поверхности / Г.Б. Лурье // Вестник машиностроения. - №6. – М.,1961. –С. 60-63.
7. Маргулис Д.К. Определение рациональной величины подачи в связи со стойкостью протяжки при внутреннем протягивании / Д.К.Маргулис // Вестник машиностроения. - №9 – М.,1960. – С. 57-62.

Рукопись поступила в редакцию 23.03.12

УДК 624.016

С.А. ХАРЧЕНКО, А.В. ПАРШИН, кандидаты техн. наук, А.Д. ГУК, ассистент,  
В.С. ГИРИН, С.А. ЖУКОВ, доктора техн. наук, проф.  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШАХТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Программа представленных экспериментов имела цель - определение изменения свойств конструкций из трубобетона при заполнении бетонного ядра новыми материалами. Анализировалась адекватность экспериментальных методов в измененных условиях.

В первой группе опытов было запланировано исследовать трубобетонные элементы с ядром из высокопрочного бетона максимальный класс по прочности которого 60 МПа (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика опытных образцов со сплошным ядром, принятых к исследованию

Шифр	$d$	$t_s$	Армирование		$R_b$	$\sigma_y$
			вид	%		
ТБ-1-2	104	2,0	-	-	26,5	290
ТБ-2-2	105	2,0	-	-	26,5	290
ТБ-3-2	108	4,0	-	-	26,5	290
ТБ-4-2	219	11,0	-	-	26,5	290
ТБ-5-2	325	10,0	-	-	-	26,5
ТБ-6-3	102,3	2,3	-	-	34,0	310
ТБ-1-4	104	2,0	-	-	77,8	290
ТБ-2-4	105	2,5	-	-	77,8	290
ТБ-3-4	108	4,0	-	-	77,8	290
армированное ядро						
ТБ-Ф	102	2,1	фибры	1,00	22,2	295
ТБ-С	102	2,1	сетки	0,32	20,2	295
прессованное ядро, в том числе армированное						
ТБП	102	2,1	-		34,6	295
ТБ-Ф	102	2,1	фибры	1,00	39,3	295
ТБ-С	102	2,1	сетки	0,32	37,4	295

Было испытано три серии элементов с ядром из высокопрочного бетона, при этом варьировалась толщина стенки трубы от 2,0 до 4,00 мм. Для сравнения были исследованы такие же трубобетонные элементы, но с ядром из бетона класса по прочности 25 и 30 МПа, при этом также варьировалась толщина стенки трубы, но в более широком диапазоне от 2,0 до 11,0 мм.

Во вторую группу опытов были включены трубобетонные элементы с ядром, упрочненным дисперсным армированием стальными фибрами (фибробетон) и армированием сетками, расположенными в плоскостях, перпендикулярных плоскости нагрузки, а также элементы с ядром из прессованного бетона, в том числе и армированного фибрами и сетками (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика опытных образцов с составным ядром, принятых к исследованию

Шифр образцов	$d$	$t_s$	$d_1$	$d_2$	$R_b$	$R_{b1}$	Армирование
С заполнением							
ЦТФ-22-25	315	3	309	229	16	24	фибры
ЦТС-22-15	315	3	309	249	16	24	сетки
ЦТС-21-35	315	2	311	211	15	22	сетки
ЦТБ-21-36	315	2	311	205	20	30	-
ЦТБ-11-38	225	2	221	121	28	42	-
ЦТС-12-27	225	3	219	139	25	38	сетки
Без заполнения							
ЦТ-22-25	315	3	309	229	16	24	-
ЦТ-22-15	315	3	309	249	16	24	-
ЦТ-21-35	315	2	311	211	15	22	-
ЦТ-21-36	315	2	311	205	20	30	-
ЦТ-П-38	225	2	221	121	28	42	-
ЦТ-12-27	225	3	219	139	25	38	-

Примечание:  $d$  – внешний диаметр трубы;  $t_s$  – толщина стенки трубы;  $R_b$  – призмная прочность бетона, МПа;  $R_{b1}$  – призмная прочность центрифугированного бетона, МПа;  $\sigma_y$  – предел текучести трубы МПа;  $d_1$  – диаметр бетонного ядра, мм;  $d_2$  – диаметр полости бетонного ядра, мм

В третьей группе опытов исследовались элементы с ядром из бетона, упрочненного методом центрифугирования. Так как при центрифугировании в бетоне образуется полость, было дополнительно усилено центрифугированное ядро путем заполнения полости обычным бетоном, фибровым бетоном и бетоном, армированным сетками (см. табл. 2).

Для изготовления опытных образцов были приняты бетоны класса по прочности В15, 25, 27, 30, 60 МПа. Данные о составах бетона приведены в табл. 3. Бетон класса по прочности 60 МПа был получен на шлаковом щелочном вяжущем, полученном из отходов Криворожского металлургического комбината. Именно это обстоятельство и вызвало интерес.

Таблица 3

Составы бетона, принятые для изготовления опытных образцов

Материалы	Номера составов бетона							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Цемент, кг	325	340	470	-	430	460		
Песок, кг	670	560	584	-	550	560		
Щебень, кг	1273	1300	1190	1280	1200	1220		
Вода, л	179	180	200	-	170	180		
В/ц	0,55	0,53	0,43	-	0,40	0,40	0,38	0,36
Пульпа, кг	-	-	-	650	-	-	-	-
Шлак, кг	-	-	-	550	-	-	-	-
Жидкое стекло ( $\gamma=1,3$ )	-	-	-	170	-	-	-	-
$n=c \cdot \gamma/m$	-	-	-	0,4	-	-	-	-

Для фибрового бетона были применены стальные фибры диаметром 0,5 мм и длиной 50 мм, изготовленные из низкоуглеродистой тонкой проволоки ГОСТ 7480-75. Для армирования бетона применялась сетка из проволоки диаметром 1 мм с размером ячейки 10×10 мм.

Прочность бетонов определяли при испытании кубов 15×15×15 см и бетонных призм 15×15×60 см. Значения призмной прочности приведены в табл. 4.

Таблица 4

Прочностные и деформативные характеристики бетонов			
Номера составов бетона	$R$ , МПа	$R_b$ , МПа	$E_b \cdot 10^{-4}$ , МПа
1	24,6	18,6	2,90
2	33,4	26,5	2,86
3	41,7	34,0	3,54
4	80,7	77,8	3,64
5	20,8	15,0	2,10
6	31,2	21,0	2,50
7	34,9	25,2	2,80
8	40,0	28,0	2,90

Прочность прессованного бетона, фибрового бетона, бетона, армированного сетками, определялась при испытании бетонных цилиндров-ядер, а прочность центрифугированного бетона - при испытании центрифугированных колец.

Из таблицы 4 видно, что соотношение между призмной и кубиковой прочностью примерно соответствует значениям, которые характерны для обычных тяжелых бетонов и в среднем составляет 0,73 (в возрасте 28 суток). Для шлакового щелочного высокопрочного бетона (состав 4) это значение составило 0,96. Это объясняется хрупким разрушением высокопрочного бетона.

Значения прочности центрифугированного бетона приведены в табл. 5.

Таблица 5

Прочность центрифугированного бетона									
Шифр	db1	db2	N	R <sub>b1</sub>	Nb1	K	E <sub>b</sub> ×10-3	E <sub>b1</sub> ×10-3	K <sub>ε</sub>
Ц-22-25	309	229	5	24,0	809	1,60	21,0	25,0	1,19
Ц-22-15	309	249	5	24,3	638	1,62	21,0	25,0	1,19
Ц-21-35	311	211	5	22,3	916	1,48	21,0	25,0	1,19
Ц-21-36	311	205	6	29,9	1286	1,42	25,2	27,0	1,07
Ц-11-38	221	121	8	41,7	III9	1,49	29,0	35,0	1,21
Ц-12-27	219	139	7	37,1	835	1,48	28,2	35,5	1,15

*Примечание:* в каждой серии испытано по три образца-близнеца;  $d_{b1}$  – внешний диаметр, мм;  $d_{b2}$  – диаметр полости бетонного ядра, мм;  $N$  – номер состава бетона;  $R_{b1}$  – прочность центрифугированного бетона, МПа;  $N_{b1}$  – несущая способность, кН;  $K$  – коэффициент центрифугирования бетона;  $E_b, E_{b1}$  – соответственно, модуль упругости бетона обычного и центрифугированного;  $K_\epsilon$  – коэффициент изменения модуля

Из таблицы видно, что в результате центрифугирования прочность бетона повышается в среднем в 1,52 раза. Величина коэффициента повышения прочности бетона за счет центрифугирования изменяется в пределах 1,42-1,62, что согласуется с результатами других авторов (табл. 6).

Таблица 6

Значение коэффициента K по результатам работ других авторов		
Номер	Авторы работ	K
1	Аль-Каллас М. Халед	1,3-1,5
2	И.Н. Ахвердов	1,37

3	Р.У. Ахмедов	1,2-1,8
4	В.М. Багашев	1,7
5	В.Ш. Каландадзе	1,5-2,0
6	А.П. Кудзис	1,7
7	М.Я. Либерман, В.И. Сорокер	1,5
8	Т.М. Пецольд	1,5

Експерименти підтвердили, що характер змінення продольних і поперечних деформацій в центрифугированном бетоне - такой же, как и в обычном.

Из табл. 5 следует, что за счет центрифугирования достигается незначительное увеличение модуля упругости, причем коэффициент его увеличения колеблется в пределах 1,15-1,21.

По замеренным деформациям вычислялся коэффициент Пуассона  $\nu$  и начальный модуль упругости  $E_0$ , а также строился график изменения модуля деформации.

Графики изменения коэффициента Пуассона  $\nu$  и модуля деформаций  $E_0$  для обычных бетонов приведены на рис. 1,2, а для центрифугированного бетона - на рис. 3,4

С увеличением напряжений в обычном бетоне (составы 5, 6, 7, 8) наблюдается увеличение коэффициента Пуассона  $\nu$ , что говорит, согласно теории О.Я. Берга, о развитии микротрещин в бетоне (рис. 1). При этом значение коэффициента Пуассона  $\nu$  превышало 0,5 при напряжениях, приближающихся к призмочной прочности.

Характер изменения коэффициента Пуассона  $\nu$  для центрифугированного бетона - примерно такой же, как и для вибрированного бетона,  $\nu$  измеряется от значений 0,25-0,3 до 0,38-0,45 (рис. 3).

С увеличением напряжений наблюдается уменьшение модуля деформаций центрифугированного бетона (в среднем до 30%). Характер изменения модуля деформаций с ростом напряжений - такой же, как и для вибрированного бетона.

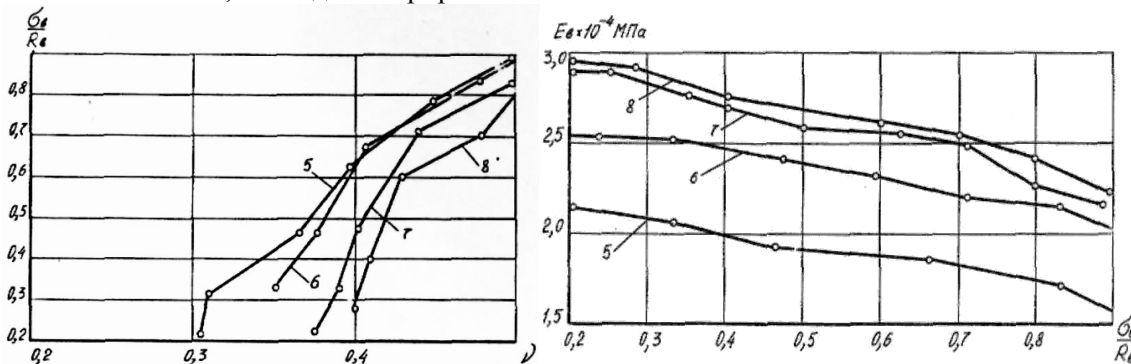


Рис. 1. Зависимость коэффициента Пуассона  $\nu$  (слева) и модуля деформаций  $E_0$  (справа) от величины напряжений; 5, 6, 7, 8 – номера составов бетона

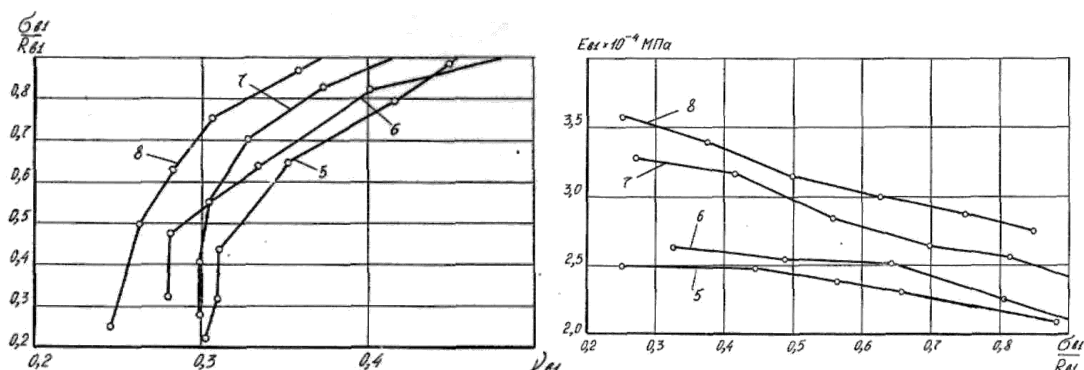


Рис. 3. Зависимость коэффициента поперечных деформаций центрифугированного бетона  $\nu_{b1}$  (слева) и модуля деформаций  $E_{b1}$  (справа) от величины напряжений; 5, 6, 7, 8 – номера составов бетона

В табл. 7 приведена прочность бетона состава 1, армированного стальными фибрами и сетками, а также прочность этих же бетонов, упрочненных методом прессования. Призмочная прочность бетона состава 1 без упрочнения - 18,6 МПа.

Физико-механические свойства упрочненного бетона

Шифр образца	$R_b$	$N_b$	$K_m$	$E_b$	$K$
Б-Ф	22,2	167	1,19	3,75	1,29
БС	20,2	152	1,09	3,35	1,15
БП	34,6	260	1,86	3,90	1,34
БП-Ф	39,3	295	2,11	4,20	1,45
БП-С	37,4	281	2,01	4,05	1,39
Б	-	140	-	2,90	1

Примечание: Б-Ф – армирование фибрами, БС – армирование сетками, БП – прессование, БП-Ф – прессование, армирование фибрами, БП-С – прессование, армирование сетками, Б – обычный бетон;  $R_b$  – прочность упрочненного бетона, МПа;  $N_b$  – несущая способность, кН;  $K_m$  – коэффициент повышения прочности;  $E_b \times 10^{-4}$  МПа;  $K$  – коэффициент изменения модуля по сравнению с обычным бетоном

Установлено, что деформативность армированных образцов - ниже, а несущая способность - выше по сравнению с обычными бетонными образцами, при этом несущая способность образцов из фибрового бетона примерно на 19% выше по сравнению с обычным бетоном.

Характер деформирования прессованных образцов отличается от вибрированных. В начальный период загрузки зависимости  $N-\varepsilon_1$  и  $N-\varepsilon_2$  у прессованных образцов - практически прямолинейны. За счет прессования прочность бетона увеличивается почти в два раза.

Для прессованного бетона на протяжении всего периода загрузки коэффициент поперечных деформаций  $\nu$  равнялся 0,2 и достиг величины 0,3 только при напряжениях, близких к предельным. В вибрированном бетоне в состоянии, близком к предельному, коэффициент поперечной деформации достиг величины 0,5.

В табл. 7 приведены значения начального модуля упругости для всех образцов из вибрированного и прессованного бетона. При этом начальный модуль упругости для прессованного бетона - выше по сравнению с вибрированным бетоном. Это увеличение для серии БП составляет 34%. С увеличением напряжений в бетоне модуль деформаций вибрированного бетона уменьшается почти в два раза, в то время, как уменьшение модуля деформаций прессованного бетона составляет 15-20%.

В табл. 8 приведены физико-механические характеристики стали, из которой изготовлены трубы, стальные фибры и сетки.

Таблиця 8

Физико-механические характеристики сталей

Толщина трубы, мм	$\sigma_y$ , МПа	$\sigma_u$ , МПа	$E \times 10^{-5}$ МПа
2,0	280	318	2,10
2,1	295	320	2,05
3,0	300	325	2,10
11,0; 10,0; 2,0; 2,5; 4,0	290	325	2,35
2,5; 4,0	290	325	2,35
2,0; 2,5; 4,0	290	327	2,35
2,3	310	335	2,10
Стальные фибры	300	330	2,03
Стальные сетки	320	340	2,01

$\sigma_y$  представляет собой напряжение, при котором начинается текучесть, а  $\sigma_u$  - временная прочность стали.

После изготовления трубобетонных образцов с ядром из центрифугированного бетона осуществлялось заполнение полости бетоном, фибровым бетоном и бетоном, армированным сетками (рис. 3).

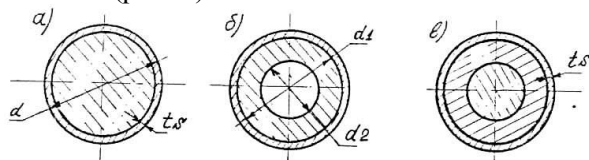


Рис. 3. Поперечные сечения образцов: а) – из трубобетона со сплошным ядром; б) – из центрифугированного трубобетона; в) – из центрифугированного трубобетона с полостью, заполненной бетоном

Аналогично производилось заполнение полости бетонных центрифугированных колец.

На рис. 4. показан метод изготовления образцов с прессованным ядром.

Испытание образцов осуществлялось в возрасте 28 суток при центрально действующей статической нагрузке ступенями в  $0,1N_{разр}$ .

Испытание образцов осуществлялось в возрасте 28 суток при центрально действующей статической нагрузке ступенями в  $0,1N_{разр}$ .

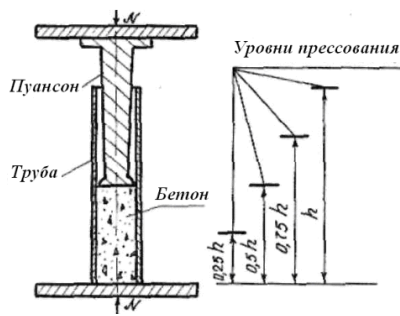


Рис. 4. Изготовление образцов с прессованным ядром

**Выводы.** Приведенные в статье исследования способствуют изучению влияния на несущую способность и деформации трубобетонных элементов всевозможных видов упрочнения бетонного ядра.

Коэффициент увеличения прочности бетона для описанных опытов составил:

при 1% армирования бетона стальными фибрами ( $d=0,5$  мм,  $l=50$  мм) – 1,2;

при поперечном армировании бетона стальными сетками (0,32%) – 1,1;

для прессованного бетона – 1,9;

для прессованного бетона, армированного фибрами – 2,1;

для прессованного бетона, армированного сетками – 2,0.

Прочность бетона, упрочненного методом центрифугирования, превышает призмную прочность вибрированного бетона, при этом коэффициент увеличения прочности колебался в пределах 1,4-1,6, что согласуется с данными, полученными другими исследователями.

Коэффициент увеличения модуля упругости  $E_b$  составил:

для бетона, армированного стальными фибрами – 1,3;

для бетона, армированного стальными сетками – 1,15;

для прессованного бетона – 1,3;

для прессованного бетона, армированного стальными фибрами – 1,45;

для прессованного бетона, армированного стальными сетками – 1,4.

Для центрифугированного бетона коэффициент увеличения модуля упругости изменялся в пределах 1,1-1,2.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.12

УДК 622.807: 622.411.3

О.Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф., М.В. АНДРЕЙЧИКОВ, магістрант  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПИЛОГАЗОПОДАВЛЕННЯ ПРИ ПРОХОДЦІ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВИРОБОК

Розглянуто питання ефективності пилогазоподавлення при проходці горизонтальних виробок. Виконано дослідження пилогазоподавлення в шахтах Кривбасу. Загострено увагу на умовах роботи в підземних виробках.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Стабілізація та економічний підйом гірничо-металургійного комплексу України потребує пошуку нових ефективних рішень по збільшенню видобутку, переробки та реалізації мінеральної сировини в умовах жорсткої ринкової конкуренції. Успішне рішення цих задач неможливо без виконання заходів соціального розвитку регіонів, покращення умов та безпечності праці.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Питанням пилогазоподавлення при веденні вибухових робіт в гірничих виробок присвячені роботи великих учених, серед них праці П.В. Бересневича, Ф.Г. Гагауза, В.В. Дьякова, Е.І.Єфремова, Б.Д. Россі, В.Г. Слюсаренка, М.І. Швидкого, О.П. Янова, І.Ф. Ярембаша, та ін., у яких викладені теоретичні і прикладні питання взаємодії пилових часток з водою, що диспергує, нейтралізації шкідливих газів хімічними речовинами і видалення продуктів вибуху засобами вентиляції

Аналіз досліджень показує, що пилоподавлення зрошуванням характеризується простотою і доступністю. Воно передбачає використання різних зрошувальних пристроїв, які відрізняються режимами роботи і технічними параметрами.

Виконаний аналіз сучасного стану питань пилогазоподавлення після вибухових робіт в гірничих виробках шахт показав, що існуючі методи і засоби цієї боротьби при проведенні виробок не відповідають сучасним вимогам. Ефективність заходів пилогазоподавлення невисока. Діючі засоби вентиляції потребують реконструкції, а облаштування пилогазоподавлення вима-