

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЕЖЕКТОРА ДЛЯ ПРИДУШЕННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

*В. А. Корж, докт. техн. наук, О. О. Лапшин, асп. (Криворізький технічний
університет)*

Приведены способы проветривания тупиковых выработок шахт. Установлено превышение концентраций вредных веществ в выработках после взрывных работ. Предложен электрический эжектор для пылегазоподавления, работающий совместно с всасывающим вентилятором. Применение эжектора позволяет снизить содержание вредных веществ в забое до санитарных норм.

Видалення отруйних газів і пилу з підземних виробок шахт Криворізького басейну здійснюється за допомогою вентиляторів місцевого провітрювання (ВМП) або за ежекторними каскадними схемами (ЕКС) [1, 2]. Обидва способи мають суттєві недоліки. Так, використання ЕКС потребує значної витрати стисненого повітря і є економічно недоцільним. Застосування ВМП для провітрювання шахтних виробок при їх проведенні неефективне через руйнування повітряних трубопроводів вибухами.

Останні дослідження на шахтах Кривбасу показали, що найбільш ефективним засобом видалення шкідливих речовин із виробничих вибоїв при одночасному покращенні екологічних показників навколишнього середовища на поверхні шахт є використання електричних ежекторів [3]. Принципову схему електричної ежекторної установки і її розташування в горизонтальній виробці при промислових випробуваннях на шахті ім. Фрунзе зображено на рис. 1.

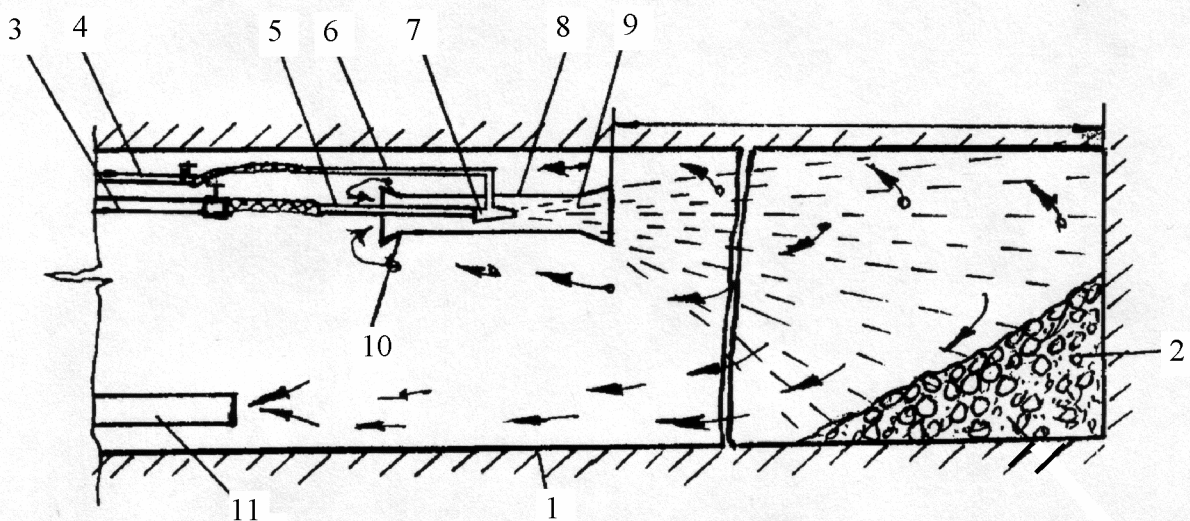


Рис. 1. Принципова схема ежекторної установки і її розташування в горизонтальній виробці: 1 – горизонтальна виробка; 2 – обвалена порода; 3 – трубопровід для стисненого повітря; 4 – трубопровід для води; 5, 6 – штуцери для стисненого повітря і води; 7 – пневмогідравлічна форсунка; 8 – корпус ежекторної установки; 9 – змішувальна камера; 10 – приймальна камера; 11 – відсмоктуючий трубопровід

Ежекторна установка для придушення шкідливих речовин розташована на відстані 25 м від тупика вибою орта-заїзду горизонту 1060 м. Електричний ежектор включається в роботу безпосередньо перед підриванням вибою. Стиснене повітря і вода надходять у пневмогідравлічну форсунку (ПГФ) 7 через штуцери 5 і 6, з'єднані з трубопроводами стисненого повітря 3 і шахтної води 4. На виході із форсунки 7 утворюється струмінь негативно зарядженої водоповітряної суміші. Діаметр краплинок води змінюється від 20 до 100 мкм залежно від ширини кільцевої щілини ПГФ і тиску повітря в магістралі.

За рахунок адіабатичного розширення стисненого повітря на виході із форсунки 7 відбувається охолодження водоповітряної суміші. Холодний струмінь опускається донизу, а тепле забруднене повітря витискається у верхню частину виробки і засмоктується в приймальну камеру 10 ежекторної установки. Звідси забруднене повітря проходить через корпус 8 у змішувальну камеру 9. У змішувальній камері частинки рудникового пилу коагулюють під дією негативно заряджених мікрокраплинам води. Очищений повітряний струмінь охолоджується на виході з корпусу 8 ежекторної установки і видаляється з вибою по нижній частині виробки через всмоктувальний повітряний трубопровід 12, розташований позаду ежекторної установки.

Для забезпечення ефективної роботи ежектора необхідно визначити оптимальний розмір кільцевої щілини ПГФ, діаметр крапель води, при якому досягається максимальна коагуляція пилу, і оптимальну відстань між установкою і торцевою стінкою вибою [3]. При розташуванні ежекторної установки на відстані 10 м і менше від тупика вибою необхідні значні затрати часу на її перестановки вслід за переміщенням вибою. До того ж установка може бути пошкоджена під час підривання вибою. При великій відстані від вибою ефективність роботи ежекторної установки знижується внаслідок недостатньої далекобійності установки або неякісного розпилення водоповітряної суміші форсункою.

Були проведені експериментальні дослідження ежекторної установки з різною шириною кільцевої щілини ПГФ (від 0,5 до 5 мм). Визначалась далекобійність установки залежно від розмірів щілини ПГФ і тиску повітря в робочій магістралі (табл. 1).

Таблиця 1. Залежність далекобійності ежектора від тиску повітря в магістралі та ширини кільцевої щілини

Тиск P , МПа	Ширина кільцевої щілини ПГФ, мм					
	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
	Далекобійність ежектора					
10	8	10	13,5	13,0	9,0	8,0
20	12	15	18,5	18,0	14,0	11,0
30	14	18	23,0	22,0	17,0	13,1
40	15,7	21	27,5	24,0	20,0	15,0
50	18,5	23,5	29,5	29,0	22,0	16,5
60	20	25	33,5	32,0	24,1	18,0
70	21	28	35,0	33,3	26,0	20,1
80	24	29	37,6	35,9	27,9	22,2

З табл. 1 випливає, що збільшення тиску повітря в магістралі приводить до збільшення дальності ежекторної установки незалежно від конструкції ПГФ. Так, при збільшенні тиску повітря в магістралі і, відповідно, на вході ежекторної установки від 1 до 80 МПа дальність польоту водоповітряної суміші зростає від 0 до 28...38 м.

Дальнокібність залежить і від ширини щілини ПГФ. Найбільша дальнокібність при одному і тому ж значенні тиску повітря в магістралі спостерігалась при використанні форсунок із шириною кільцевої щілини 1 мм. Збільшення або зменшення ширини щілини призводило до зменшення дальнокібності ежекторної установки. Це пояснюється тим, що при збільшенні ширини щілини ПГФ різко збільшується кількість водяної маси, що попадає в форсунку, і кількість краплинок води. Енергія ж, яку краплинки отримують від повітряного струменя, поступово зменшується, що призводить до зменшення дальності польоту краплинок. При ширині щілини, меншій за оптимальну, різко збільшується розмір водяних крапель і їх тертя об краї щілини. В результаті знижується початкова швидкість крапель, що призводить до зменшення дальності їх польоту.

Використання методів математичної обробки [4] отриманих результатів дозволило установити аналітичні залежності між зазначеними параметрами. Так, залежність дальнокібності $L_{ст}$ (м) від тиску повітря в магістралі і ширини щілини ПГФ має вигляд

$$L_{ст} = 10 \sqrt{\frac{Pb}{b^3 + 4,5}}, \quad (1)$$

де P – величина тиску повітря на вході в ежекторну установку (в магістралі), МПа; b – ширина кільцевої щілини ПГФ, мм.

Залежність дальнокібності ежекторної установки від розмірів кільцевої щілини форсунки наведена на рис. 2.

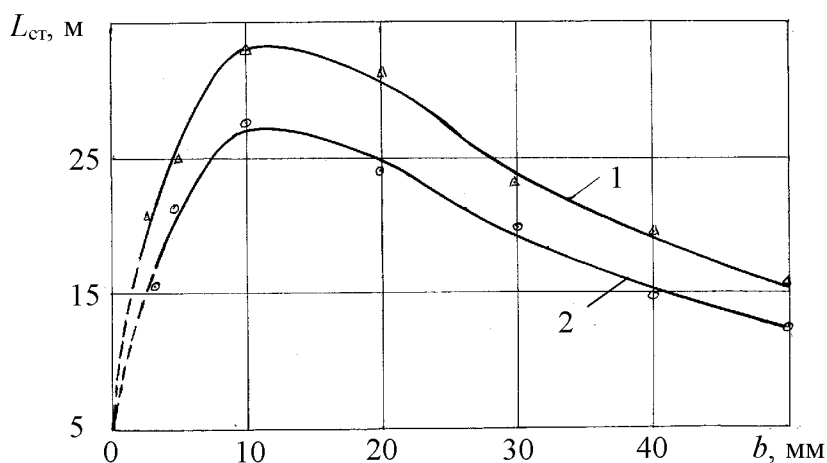


Рис. 2. Залежність дальності ежектора $L_{ст}$ від ширини щілини форсунки b при значеннях тиску P : 1 – $P = 40$ МПа; 2 – $P = 60$ МПа

Аналіз формули (1) і графіків на рис. 2 показав, що найбільшу дальнокібність установки забезпечують форсунки ПГФ-1 з шириною щілини 1 мм – до 30 м при тиску в магістралі 50 МПа, 35...38 м при тиску 70–80 МПа. Відповідні

показники для форсунки ПГФ-3 з шириною щілини 3 мм такі: близько 22 м при тиску 50 МПа, 25...27 м – при тиску 70...80 МПа.

Отже, використання форсунок ПГФ-1 дозволить в процесі їх експлуатації зменшити до мінімуму кількість перестановок ежектора в тупиковому вибої. Розташувавши ежектор на відстані 10 м від тупика вибою, можна не переустановлювати його до того часу, поки вибій не переміститься на 32...35 м. Крім того, розміщення ежекторних установок на відстані більше 10 м від вибою виробки запобігає їх пошкодженню під час виконання підривних робіт.

Велике значення для ефективної роботи ежекторної установки мають розміри водяних крапель та їх кількість у водоповітряній суміші. Для визначення діаметра крапель були проведені кропіткі експериментальні дослідження. На шляху польоту частинок, від установки до вибою, викладали вузьку доріжку із провощених скляних пластинок. Під час роботи ежекторної установки на них випадали водяні краплинки. Після короткочасної роботи установку вимикали, а скляні пластинки складали в спеціальний контейнер таким чином, щоб вони не контактували одна з одною. В прохолодному вологому приміщенні скляні пластинки вивчали під мікроскопом і визначали діаметр водяних крапель. Результати експериментальних досліджень наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Діаметр крапель води у водоповітряній суміші ежекторної установки

Тиск P , МПа	Ширина кільцевої щілини ПГФ, мм					
	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
	Діаметр крапель води, мкм					
10	142,6	108,5	63,3	83,0	102,0	112,0
20	100,0	77,5	44,0	59,0	71,1	80,0
30	83,0	61,8	37,1	47,5	59,0	63,1
40	70,7	54,0	31,1	42,0	50,0	56,0
50	64,0	49,0	28,8	36,5	46,0	50,5
60	57,5	44,0	26,0	34,0	41,0	46,0
70	54,4	41,5	23,5	32,0	38,0	41,3
80	50,0	37,7	21,5	29,0	36,0	40,0

Наведені в табл. 2 дані свідчать про те, що діаметр крапель залежить як від ширини кільцевої щілини форсунки, так і від тиску в магістральному повітропроводі. Збільшення тиску повітря приводить до зменшення діаметра крапель незалежно від конструктивних параметрів форсунки. Це означає, що збільшення тиску повітря на виході із форсунки сприяє інтенсивному розпиленню води і створенню більш насиченої водоповітряної суміші. В проведених експериментах діаметр крапель змінювався від 20 до 100 мкм. Такі розміри крапель сприяють коагуляції шкідливих речовин, діаметр твердих частинок яких становить в основному 5...10 мкм. Тому кожна крапля води коагулює з однією пилинкою. Отже, чим більша кількість крапель утворюється

на виході з форсунки, чим більш насиченою є водоповітряна суміш, тим ефективнішою буде робота ежекторної установки.

Математична обробка отриманих даних дозволила встановити аналітичний взаємозв'язок між конструктивними параметрами ППФ, тиском повітря в магістральному повітропроводі і розміром краплинок. Зазначена залежність описується формулою

$$d_{\text{ск}} = 100 \sqrt{\frac{1}{P} \sqrt{270 \ln b + 310/b - 294}}, \quad (2)$$

де $d_{\text{ск}}$ – діаметр краплинок води, мкм.

Залежність середнього діаметра крапель від параметрів форсунки наведена на рис. 3.

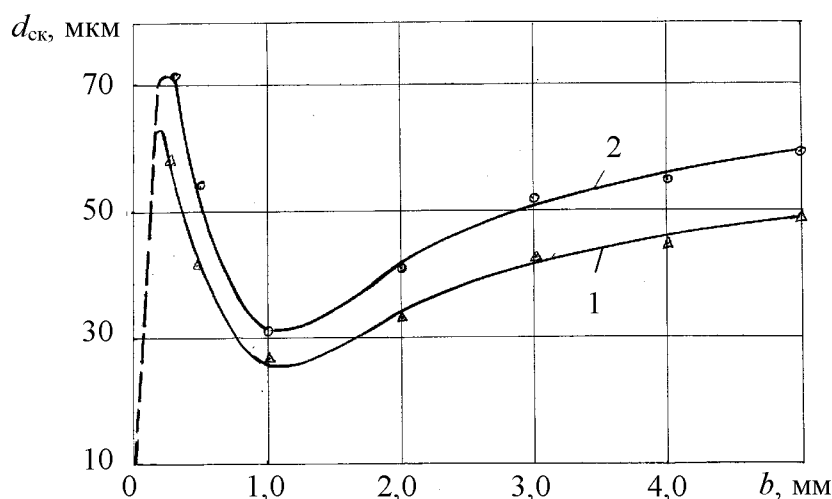


Рис. 3. Залежність діаметра крапель $d_{\text{ск}}$ від ширини щілини форсунки b при тиску повітря: 1 – $P = 60$ МПа; 2 – $P = 40$ МПа

З рис. 3 випливає, що при ширині щілини форсунки 1 мм утворюються краплі оптимального розміру і їх кількість буде максимальною, тобто умови для ефективної коагуляції пилу будуть найбільш сприятливими.

Таким чином, з точки зору далекобійності і ефективної коагуляції пилу найдоцільнішим є використання форсунок з шириною кільцевої щілини 1 мм.

1. Ярембаш И. Ф., Бахтин В. В. и др. Снижение ядовитых газов при взрывных работах // Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. – М.: Недра. – 1971. – № 9. – С. 30–31.

2. Янов А. П., Ващенко В. С. Защита рудничной атмосферы от загрязнения. – М.: Недра. – 1977. – С. 61–77.

3. Гагауз Ф. Г. Борьба с пылью и ядовитыми газами при ведении взрывных работ в подземных горных выработках // Бюллетень «Цветная металлургия». – М.: Недра. – 1965. – № 1. – С. 7–8.