

СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И СХЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НАДЕЖНОЕ ПРОВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ИХ ПРОХОДКЕ БУРОВЗРЫВНЫМ СПОСОБОМ

*В.М. Рясной, М.А. Митина, ГП «НИИБТГ», Украина
Л.И. Евстратенко, ГВУЗ КНУ, Украина*

Приведены эффективные беструбные схемы проветривания тупиковых выработок с использованием пневмоэжекторов, обеспыливания воздуха при проходке восстающих выработок, устройство для нейтрализации вредных газов после взрывных работ с использованием ультрафиолетового излучения для выработок с тесной аэродинамической связью.

В большинстве случаев нормальные санитарно-гигиенические условия труда в забоях горизонтальных выработок при их проходке поддерживаются за счет принудительного проветривания вентиляторами местного проветривания. При этом используется одна из трех схем: всасывающая, нагнетательная или комбинированная. Вместе с тем, современные условия проходки горизонтальных и наклонных выработок требуют применения других, более эффективных средств и схем проветривания забоев.

Известны беструбные каскадные схемы проветривания [1]. Их сущность заключается в разделении воздушного потока в активно-проветриваемой части тупиковой выработки на два противоположно направленных потока, один из которых, двигаясь у одной из стенок выработки, доставляет свежий воздух до забоя, а другой поток, двигаясь у противоположной стенки выработки в обратном по отношению к первому потоку направлении, выдает загрязненный воздух.

С целью увеличения длины проветривания горизонтальных тупиковых выработок, институтом ГП «НИИБТГ» разработана беструбная схема проветривания и устройство для ее осуществления (рис.1.). В этой схеме удаление последнего подающего эжектора от забоя должно быть меньшим или равняться дальности исходящего из него воздушного потока. Согласно формулы Ю.Б. Мостепанова [2]

$$l_э = 0,58 \frac{S}{a \cdot P_B} + 0,6 \frac{S}{d}, \text{ м} \quad (1)$$

где S – сечение выработки, м^2 ; P_B – периметр выработки, м ; a – коэффициент структуры ограниченной струи; d – диаметр нагнетательного трубопровода, м .

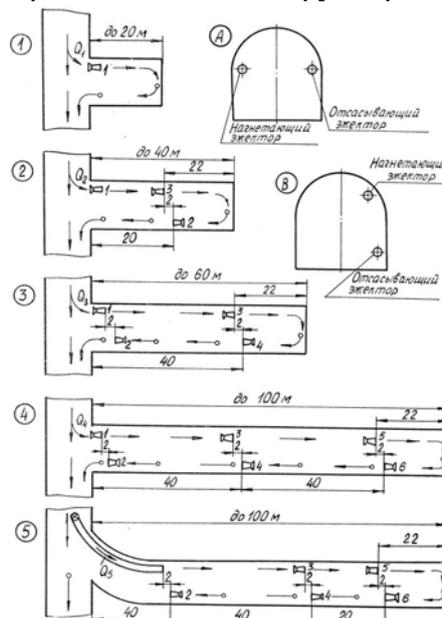


Рис.1 – Схема проветривания выработок протяженностью до 100 м

Исследованиями установлено, что смешение поступающей и исходящей (возвратной) струй не происходит, если расстояние между подающим и выдающим эжекторами не превышает суммы длин начального участка исходящих из этих эжекторов потоков. Согласно данным Ю.М. Первова [3], длина начального участка круглой ограниченной струи может определяться по формуле:

$$l_H = \frac{0,399}{a} R_0, \text{ м} \quad (2)$$

где R_0 - радиус выходного отверстия эжектора, м.

Для практического осуществления этой схемы проветривания был разработан универсальный эжектор-пенногенератор ЭПГ – 2П (рис. 2). Отличительная его особенность в том, что он не только проветривает выработку, но и позволяет обрабатывать пылегазовое облако, образующееся после взрывных работ, мелкодиспергированной, водовоздушной или водопенной смесью. Его производительность по воздушной-водяной смеси составляет $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$.

Обработка пылегазового облака после взрыва исходящим из эжектора-пенногенератора воздушно-водяным потоком позволяет на 70% нейтрализовать витающие пылевые частицы и на 50% окислы азота уже после первой обработки. В предложенной схеме (рис.1.) рекомендуется первые три эжектора от забоя использовать в режиме подачи водовоздушной смеси. В этом случае исключается возможность накопления вредностей в рудничном воздухе призабойного пространства. Остальные эжекторы работают в обычном воздушном режиме.

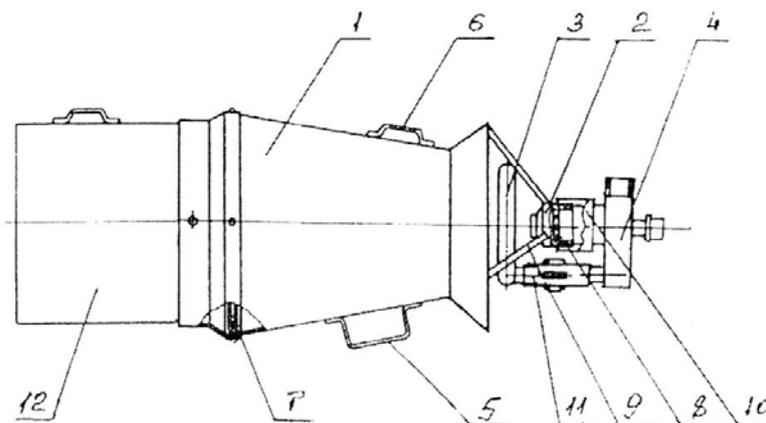


Рис. 2 – общий вид эжектора ЭПГ – 2П

Эжектор-пенногенератор может работать в двух режимах подачи воздуха. Он имеет кольцевое сопло и центральный узел подачи сжатого воздуха, которые могут работать автономно. Это позволяет использовать его при различных технологических процессах проходки с различной интенсивностью пылегазообразования.

Промышленные испытания предложенных схем проветривания проводились на шахтах Криворожского железорудного бассейна. Для примера, на шахте «ПАО ЕВРАЗ Суха Балка» на гор. 1100 м проходилась вентиляционный штрек-коллектор 134 оси сечением $6,7 \text{ м}^2$, длиной 60 м гор. а так же орт-заезд 7-ой оси сечением $11,8 \text{ м}^2$ длиной 200м.

При производстве взрывных работ в вентиляционном штрек-коллекторе в качестве взрывчатого вещества использовался зерногранулит А-6 в количестве 28 кг, а в орт-заезде - патронированный «Аммонит – 6ЖВ» в количестве 72 кг.

В процессе испытаний установлено, что скорость воздушного потока в призабойной части и по всей длине проветриваемой выработки была не меньше $0,25-0,3 \text{ м/с}$, достигая максимальных значений в непосредственной близости от эжектора $2,5-3 \text{ м/с}$, что соответствует Единым правилам безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом (ЕПБ). Время, затраченное на полный вынос продуктов взрыва, составило 20-25 мин. Практически после 25 минут интенсивного проветривания с одновре-

менной подачей воды в эжекторы-пеногенераторы в количестве 1-2 л/мин следов наличия в воздухе оксидов углерода и азота не обнаружено. Атмосфера в выработке при работающих эжекторах была чистой и прозрачной.

Аналогичные результаты были получены при промышленных испытаниях на других шахтах. В настоящее время ведутся исследования по разработке эжекторно-каскадных схем проветривания, позволяющих проветрить горизонтальные тупиковые выработки до 180-200м.

В настоящее время на железорудных шахтах Украины проходка восстающих горных выработок осуществляется разными, в зависимости от их назначения и заданных параметров способами:

- комбайновым на все сечение;
- секционным взрыванием глубоких скважин;
- механизированным с помощью комплексов типа КПВ;
- обычным (ручным) способом, предусматривающим прокладку на всю высоту специальных лестниц и ежесменное оборудование деревянных полков.

По ряду причин (прежде всего экономического характера) удельный вес проходки восстающих выработок прогрессивными способами, исключаящими или существенно сокращающими нахождение горнорабочих в опасной рабочей зоне, становится все меньше. Так, на большинстве шахт Криворожского железорудного бассейна почти на 90% проходка восстающих выработок осуществляется с помощью монорельсовых комплексов и обычным (ручным) способом, что отрицательно сказывается на условиях и безопасности труда горнорабочих. Запыленность воздуха в рабочей зоне в отсутствие активного проветривания даже при бурении с промывкой в десятки раз превышает предельно-допустимую концентрацию (ПДК). При сухом бурении шпуров, практикуемом на ряде южных шахт Кривбасса, эти показатели достигают критических для здоровья человека показателей, в сотни раз превышающие допустимые нормы.

Не имея практических решений по надежности вентиляции и эффективному пылегазоподавлению после взрывных работ, каждую смену проходчики подвергаются серьезной опасности отравления вредными газами.

Вышеприведенные обстоятельства вызвали необходимость применения срочных и действенных мер по устранению недостатков и повышению безопасности горнорабочих.

В технической литературе были детально опубликованы результаты испытаний разработанного ГП «НИИБТГ» высокоэффективного универсального пыле-шламоулавливающего аппарата для телескопных перфораторов, получившего название УПА-1. Аппарат прошел широкую промышленную апробацию при проходке восстающих выработок с помощью механизированных комплексов различных модификаций (КПВ-2, КПВ-4, КПН-4А и др.), а также при бурении взрывных скважин (штанговых шпуров).

Настоящая статья содержит описание и результаты испытаний принципиально нового аппарата УПА-1М. Его основные отличительные особенности состоят в возможности использования при проходке восстающих не только в качестве средства нормализации условий труда при бурении шпуров, но и в качестве средства, обеспечивающего эффективное проветривание и пылегазоподавление при взрывных работах, а также дистанционный отбор из призабойной части восстающей выработки газовых проб.

Аппарат включает навесную часть в виде телескопического пневмодатчика с пыле-шлакоприемником, а также эжектор пылегазоподавитель с отсасывающим и отводящим рукавами. Для закрепления пневмодатчика на перфораторе используются гайки стяжного болта, расположенного со стороны автомасленки, с помощью быстросъемного крепежного устройства.

Пыле-шлакоприемник выполнен цилиндрической формы с расположенным в центральной части отверстием для прохода бура и вырезом на его боковой поверхности для удобной замены одного бура другим в процессе работы.

Телескопический податчик заблокирован с пневмосистемой перфоратора, благодаря чему подъем и опускание пылеприемника выполняются одновременно при повороте в соответствующее положение рукоятки пускового крана перфоратора.

Эжектор (рис.3.) выполнен двухступенчатым. Первая ступень включает цилиндрический корпус с отсасывающим патрубком в верхней части и соосно присоединенным в нижней конфузуром, камерой смешения, диффузором, а также встроенным во внутрь центральным соплом.

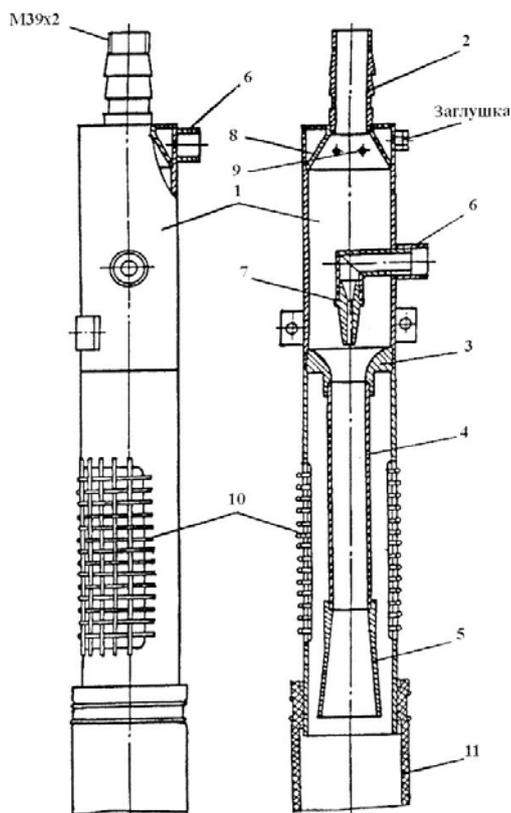


Рис. 3 – Общий вид универсального аппарата УПА – 1М

Действие аппарата в режиме пылеулавливания основано на отсосе продуктов бурения от устья шпура, а также пыли из призабойной части за счет разрежения, создаваемого эжектором.

Действие аппарата в режиме пыле-газоподавления основано на активном воздействии на образованное после взрыва пыле-газовое облако мощной воздушно-водяной струей, его разжижении, а также досаждения пыли и газа (окислов азота) в самом аппарате.

Действие аппарата в режиме дистанционного отбора газовых проб основано на отсосе из призабойной части загрязненного воздуха по имеющемуся в выработке трубопроводу сжатого воздуха, связанного с дополнительным эжектором, установленным у устья восстающей выработки. На рис.4 показана общая схема вентиляции восстающей выработки при взрывных работах.

Отличие в компоновке заключается в том, что при производстве взрывных работ основной эжектор повернут относительно поперечной оси на 180° и отводящим рукавом направлен в сторону призабойной части выработки. При этом к отсасывающему патрубку эжектора присоединяется рукав, питающий перфоратор водой.

При дистанционном отборе газовых проб подача сжатого воздуха и воды на эжектор прекращается.

Промышленные испытания аппарата УПА-1М на шахтах Криворожского железорудного бассейна подтвердили его высокую эффективность и надежность в самых различных режимах эксплуатации. При бурении шпуров как с подачей воды в шпур, так и без нее применение УПА обеспечивает снижение запыленности воздуха до уровня ПДК и надежную защиту проходчиков от бурового шлама.

При взрывных работах время, затрачиваемое на нейтрализацию и полный вынос продуктов взрыва из призабойной части с использованием аппарата, составляет не более 20 мин.

После 20-25 мин интенсивного проветривания атмосфера по всей длине выработки - чистая и прозрачная.

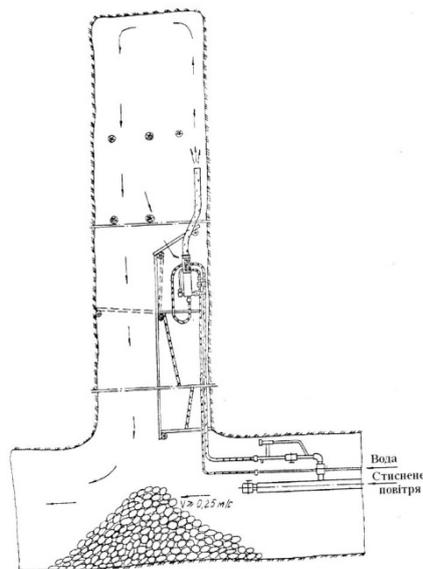


Рис.4 - Вентиляция восстающего при взрывных работах.

Аппарат отличается небольшими габаритами и массой (навесная часть – 4,7 кг, эжектор – 5 кг), простотой в обслуживании и эксплуатации, надежностью в работе.

Он получил высокую оценку производителей, а также органов Госгорпромнадзора и Минздрава Украины.

В настоящее время средства для проветривания горных выработок ЭПГ-2П и УПА-1М по документации, разработанной ГП «НИИБТГ», изготавливаются ремонтно-механическими заводами всех горнорудных предприятий (ПАО «Кривбасжелезрудком», ПАО «ЕВРАЗ Суха Балка», ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и др.).

В последнее время разработан ряд устройств для очистки воздуха от окиси углерода с использованием озона, который получают из атмосферного кислорода в разрядах высокого напряжения, с последующим растворением окисленных вредных газов водой. Разработка и применение этого способа для нейтрализации вредных газов после взрывных работ в условиях железорудных шахт, связанные с высокой влажностью рудничного воздуха и содержанием пыли с малым электрическим сопротивлением, делает их неработоспособными, а использование озона требует надежного контроля его содержания в рудничном воздухе на рабочих местах и обеспечения предельно допустимых концентраций . Известен также способ очистки и обеззараживания воздуха возбужденными ультрафиолетовым излучением молекулами кислорода [4]. Недостатком данного способа является то, что воздух очищается только от пыли, органических соединений и бактерий, вызывающих болезнь у людей.

Повышение эффективности нейтрализации вредных газов после взрывных работ в условиях железорудных шахт может осуществляться путем создания условий для протекания фотохимических реакций между предварительно возбужденными молекулами атмосферного кислорода и вредных газов.

С целью создания искусственных условий для нейтрализации вредных газов в горных выработках за счет протекания фотохимических реакций было разработано устройство, принципиальная схема которого показана на рис 5.

Устройство имеет цилиндрический корпус 1, в котором в направлении движения загрязненного воздуха установлены фильтр для очистки воздуха от пыли 2, камера реакции 3, вентилятор 4 и эжектор 5. По периметру камеры реакции 3 размещены источники ультрафиолетового излучения 6 с оптическими фильтрами 7. Эжектор 5 соединен патрубками 8 с емкостью 9 для активной жидкости и с источником сжатого воздуха. Устройство смонтировано на раме 10.

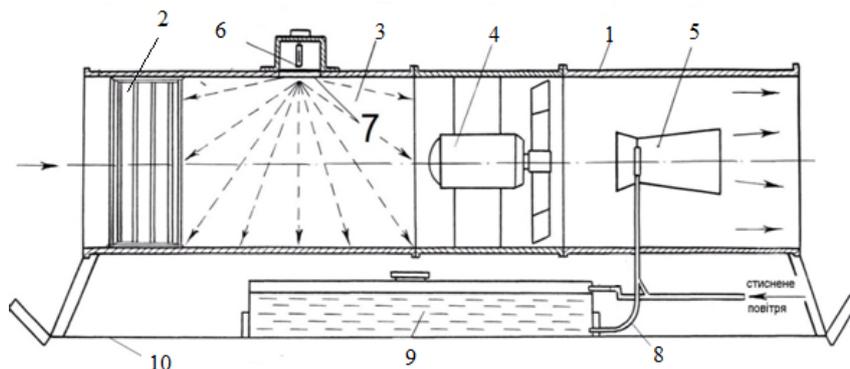


Рис 5. - Устройство для очистки воздуха от вредных газов

В горной выработке устройство располагается на границе выброса продуктов детонации ВВ. При этом нейтрализация вредных газов осуществляется по двухступенчатой схеме. С помощью пневмоэжектора 5 пылегазового облака обрабатывается диспергированной активной жидкостью (3% раствором перекиси водорода). Снижение концентрации вредных газов в рудничной атмосфере в этом случае происходит за счет химических реакций атомарного кислорода, образующегося при распаде раствора перекиси водорода, который доокисляет вредные газы до высших оксидов с последующим поглощением их водой. Одновременно происходит процесс очистки воздуха от пыли. Загрязненный воздух поступает к устройству через гравийный фильтр 2, а затем в камеру реакции 3. Под действием ультрафиолетового излучения от дуговых ртутных трубчатых ламп ДРТ 1000, происходит возбуждение молекул вредных газов и атмосферного кислорода, между которыми интенсивно протекают реакции окисления.

Наличие гравийного фильтра увеличивает эффективность протекания фотохимических реакций за счет уменьшения потери энергии ультрафиолетового излучения на частицах пыли.

Устройство работает в рециркуляционном режиме обработки пиле-газового облака.

Лабораторными исследованиями установлены оптимальные конструктивные параметры устройства и режимы обработки загрязненного воздуха потоком ультрафиолетового излучения, при которых достигнута эффективность уменьшения концентрации оксидов углерода до 90%, а оксидов азота до 100%.

На основе лабораторных исследований отдельных элементов устройства разработана конструкторская документация на изготовления опытного образца для последующего испытания в условиях шахт.

Таким образом, практическое применение устройства для обезвреживания вредных газов после взрывных работ при проходке горных выработок путем их нейтрализации в процессе фотохимических реакций под действием ультрафиолетового излучения, позволит обеспечить нормальные условия труда при ведении взрывных работ в горных выработках и уменьшить затраты на их проветривания.

Список литературы

1. Алексеев Е.К. Новый способ проветривания призабойного пространства тупиковых горных выработок. – Шахтное строительство, 1985, №1, с. 16-18.
2. Мостепанов Ю.Б. Исследования дальнобойности стесненной струи, действующей в забое тупиковой выработки. – Изв. Вузов. Горный журнал, 1978, №11, с.47-50.
3. Первов Ю.М. Расчет турбулентных свободных струй, распространяющихся в ограниченных пространствах. – В кн.: Проблемы рудничной аэрологии и внезапных выбросов угля и газа. М: 1958, с. 67-68.
4. Патент 2149704 Российская Федерация МКИ В 03 С3/00. Устройство очистки и обеззараживания воздуха / Новиков Н.Н.; заявитель ЗАО "ЗЛАТО-Н" патентообладатель Новиков Н.Н. - № 98117893/03; заявл. 29.09.98; опубл. 27.05.00, Бюл. № 23.