

**В.К. Овчаров**, инженер., **Э.Г. Ильинский**, канд. техн. наук,

**Е.И. Конопелько**, канд. физ.-мат. наук, (НИИГД «Респиратор»)

## КОЛЛЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, СОЗДАННЫЕ НИИГД «РЕСПИРАТОР»

Высокая аварийность на шахтах Украины вынуждает искать новые методы и средства с уменьшением трагических последствий, связанных с возникновением среды непригодной для дыхания. Анализ показывает, что существующая система самоспасения шахтеров, которая предусматривает использование самоспасателей типа ШСС-1 не может обеспечить в достаточной степени безопасность людей при возникновении в горных выработках непригодной для дыхания среды. Это связано с возрастанием длины аварийных маршрутов выхода на свежую струю воздуха, их сложности и, следовательно, энергоемкости.

Для повышения безопасности на шахтах внедряется многоступенчатая система самоспасения, которая учитывает разнообразие условий разработки угольных месторождений, степень безопасности шахт, профессию, расположение рабочих мест шахтеров и другие факторы [1]. Эта система предусматривает использование в шахтах различных типов самоспасателей, учитывая длину выхода людей из аварийных участков на струю свежего воздуха, способы вентиляции горных выработок и размещение в них дополнительно коллективных средств защиты.

Разработкой таких средств защиты НИИГД занимается уже много лет. Одним из первых, промышленно внедренных, является переносной спасательный аппарат ПСА. ПСА-1 [2] состоит из футляра, в котором размещаются изолирующие самоспасатели, раструбы для подачи воздуха и распределительный клапан. Футляр ПСА-1 представляет собой металлический контейнер, изготовленный из листовой стали. Снизу к нему привинчен штуцер для подключения воздухоподающей системы аппарата к шахтной пневмосети.

Техническим решением, реализованным в ПСА-1, является конструкция раструба, выполненного в виде конической пружины, обтянутой сверху эластичным материалом. Это позволяет сжать его при закрывании аппарата, что приводит к уменьшению габаритных размеров ПСА-1. Распределительный клапан обеспечивает автоматическую подачу воздуха из шахтной пневмосети к раструбам при открытой крышке и перекрывает воздухопровод при закрытой крышке ПСА-1.

Учитывая, что использование переносных спасательных аппаратов ПСА-1 возможно только в выработках мощностью более 0,5 м, для более тонких пластов разработан аппарат ПСА-2 с аналогичным назначением. ПСА-2 представляет собой контейнер, состоящий из трех цилиндрических отсеков. Два из них предназначены для самоспасателей типа ШСС-1, а в одном размещаются распределительный клапан и отводы сжатого воздуха. Учитывая, что аппарат ПСА-2 подвешивается в очень стесненных выработках, в нем вместо раструбов в качестве лицевых частей применены две полумаски. Подача воздуха к полумаске производится через дозирующее устройство. Аппарат ПСА-2 подвешивается к стойкам шахтной крепи, имеет быстротворяемый замок. Аналогичные устройства применяются в административных зданиях европейских стран для защиты людей от воздействия токсичных газов при задымленности

Пункты переключения в резервные самоспасатели [3] применяются в угольных шахтах на длинных маршрутах выхода и зарекомендовали себя как надежное средство коллективной защиты. Они предназначены:

- для переключения горняков из самоспасателей с истекающим временем защитного действия в резервный самоспасатель на длинных маршрутах выхода;
- для включения горняков в самоспасатели при отсутствии у них собственных аппаратов в аварийной обстановке;
- для обеспечения горняков пригодным для дыхания воздухом, когда по аварийной ситуации целесообразно переждать в зоне спасательного передвиж-

ного пункта до восстановления нормальной вентиляции или поступления посторонней помощи.

В НИИГД «Респиратор» было разработано несколько типов пунктов переключения, отличающихся способом кислородопитания и количеством людей, которые могут быть одновременно включены в пункт. С целью экономного расхода воздуха и обеспечения удобства дыхания в ПСП использованы легочные автоматы, дозирующие подачу воздуха к дыхательным путям человека. К ним подсоединены гофрированные шланги, оканчивающиеся полумасками или загубниками. Система переговорной связи представляет собой комплект искробезопасной громкоговорящей аппаратуры связи и аварийного оповещения типа ИГАС-3. Он включает в себя штатив реле и усилителей, сигнальное табло, пульт главного инженера и двадцать абонентских комплектов, устанавливаемых в ПСП и в других точках подземных выработок. Четыре человека могут, включившись в воздухопроводы пункта, находиться у него до восстановления нормальной вентиляции на участке либо поступления посторонней помощи. Одновременно с открытием двери ПСП автоматически устанавливается связь с диспетчером шахты. Один из включившихся в полумаску благодаря наличию в ней герметичной переговорной мембраны может в загазированной атмосфере доложить диспетчеру обстановку, создавшуюся на участке в результате аварии.

В связи с тем, что большинство шахт, разрабатывающих пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа, имеют магистраль сжатого воздуха, на базе ПСП был разработан вариант пункта переключения в резервные самоспасатели с подключением его воздухоподающей системы непосредственно к шахтной пневмосети. Подключение пункта к шахтной пневмосети позволило убрать из него баллон с воздухом, что привело к снижению массы и габаритных размеров ПСПМ и сняло ограничение с времени пребывания людей, включенных в его воздухопроводы.

Аппараты групповой защиты органов дыхания АД с использованием химически связанного кислорода работают автономно и устанавливаются в

тупиковой горной выработке на расстоянии от 40 м до 50 м от забоя или на пути следования горнорабочих на протяженных маршрутах выхода в местах, предусмотренных планом ликвидации аварий. Аппарат АД выпускался в трех модификациях: АД-360 с временем защитного действия (ВЗД) 6 ч для установки в протяженных тупиковых выработках; АД-180-2 и АД-180 с ВЗД – 3 ч для использования их в качестве пункта переключения в резервные самоспасатели. Эти аппараты наиболее просты по конструкции, длительная эксплуатация в шахтах показала их высокую надежность. Одновременно с этим проявились некоторые эксплуатационные и технологические недостатки. Это – неудобство использования аппарата по назначению в аварийной экстремальной ситуации из-за близкого расположения лицевых частей, выполненных в виде загубников и сложностью, и следовательно, дороговизной регенеративных патронов, применяемых в АД.

В последнее время институтом разработан пункт переключения АСП (аппарат спасательный передвижной), в котором устранены указанные недостатки. Аппарат АСП (рис.1) представляет собой автономное коллективное средство защиты органов дыхания многократного действия. Он состоит из:

- корпуса в виде металлического контейнера сварной конструкции со скобами для переноски и крепления его в горной выработке; корпус закрывается двумя створками двери с запорным устройством, допускающим опломбирование;

- воздуховодной системы, состоящей из дыхательного мешка с избыточным клапаном, гофрированных шлангов с клапанами в них, обеспечивающих круговую систему дыхания, и шести загубников, закрепленных на внутренней поверхности створок двери;

- регенеративного патрона, снаряженного в качестве кислородсодержащего вещества надпероксидом калия ( $\text{KO}_2$ );

- клапана безопасности;

- двух пусковых устройств.

Время защитного действия (ВЗД) при легочной вентиляции  $60 \text{ дм}^3/\text{мин} - 90 \text{ мин}$ . Масса с самоспасателями типа ШСС-1 в количестве 15 шт. не более 135 кг. В настоящее время в институте ведется работа по созданию пункта с более высокой степенью защиты с возможностью включения его в систему УТАС или иную систему безопасности. В нем будет предусмотрена звуковая и световая сигнализация при открывании двери, контроль эксплуатационных параметров при использовании изделия и автоматическая передача их диспетчеру.

При длинных выемочных столбах, когда выход горнорабочих на свежую струю воздуха не обеспечивается временем защитного действия самоспасателя и размещением в горной выработке пункта переключения в резервные аппараты, следует применять специальные камеры-убежища. Они также необходимы для горноспасателей, которые проводят разведку и должны вывести с аварийного участка пострадавших. В камерах-убежищах горноспасатели могут оказать и первую медицинскую помощь. Известны два типа камер-убежищ: стационарные и передвижные.

Стационарная камера-убежище 10 (рис. 2) располагается в нише, пройденной из выработки 1, и герметично изолированной от нее. Высота камеры 1,8-2,0 м. Люди входят и выходят из камеры через специальный шлюз 3. Площадь камеры  $S$ , в  $\text{м}^2$  должна удовлетворять условию:

$$S' \geq 1,4 n, \quad (3)$$

где  $n$  - максимальное число людей в смене на участке.

Минимальное значение площади -  $12 \text{ м}^2$ .

Стационарные камеры-убежища используются во многих зарубежных странах, количество размещающихся в них людей может быть от 6 до 170 человек, продолжительность пребывания в них составляет от 4 ч до 14 суток. В качестве источника воздуха используются: шахтная пневмосеть 11, трубопровод с поверхности по скважине и баллоны со сжатым воздухом. Камеры-убежища такого типа используются в горнорудной промышленности США, ФРГ, ЮАР, Японии, России и других стран. Стационарные камеры-убежища

вошли составной частью системы самоспасения горняков в стандарт Минтопэнерго Украины. В камере устанавливается система жизнеобеспечения 4, включающая в себя систему трубопроводов с арматурой, фильтр-отстойник и фильтр очистки воздуха, турбохолодильник и манометры. Для отдыха шахтеров и горноспасателей в камере установлены скамейки 10. В ней размещены резервные самоспасатели типа ШСС-1 5, количество которых определяется количеством шахтеров и горноспасателей, которые могут оказаться на участке во время аварии. В камере установлен телефон 7 и газоанализаторы 6, предусмотрены аптечка 7, звуковая и световая сигнализации 2. Для того чтобы в стационарную камеру-убежище не попадал воздух из внешней горной выработки, необходимо создать в ней избыточное давление. Объемный расход  $Q_k$  воздуха, который необходимо подавать в камеру, зависит от ее герметичности и может быть определено по формуле:

$$Q_k = 60 \sqrt{\frac{h_k}{R_k}}, \quad (4)$$

где  $h_k$  - перепад давлений воздуха между камерой и примыкающей к ней выработкой (который должен быть не менее 50 Па), Па;

$R_k$  - эквивалентное сопротивление камеры, Па·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>.

Но эта величина должна быть не менее объемного расхода воздуха необходимого для нормального дыхания проектной численности людей (не менее 100 дм<sup>3</sup>/мин на одного человека, при времени нахождения в камере-убежище не менее 4 ч), которые могут одновременно находиться в камере-убежище.

Если камеру-убежище окружают с трех сторон ненарушенные породы, то ее эквивалентное сопротивление определяется герметичностью стенки, которая отделяет нишу от действующей выработки и может быть принято при расчетах следующим:

Площадь стенки, м <sup>2</sup>	7	10	15	20	25
Аэродинамическое сопротивление стенки, Па·с <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	1390	760	620	540	480

Передвижные камеры-убежища находят широкое применение в горной промышленности различных стран. Передвижная камера-убежище представляет собой контейнер, который можно перемещать на колесном ходу либо на специальных полозьях. В камере размещается 12-15 человек. Объем камеры определяется из расчета 1,2-1,5 м<sup>3</sup> на человека. В камере-убежище находятся 15 резервных самоспасателей типа ШСС-1, камера оборудуется скамейками; двери камеры должны создавать достаточную герметичность, обеспечивая избыточное давление не менее 50 Па, что предотвратит попадание вредных газов из шахтной среды. Обеспечение свежим воздухом людей, находящихся в камере, должно осуществляться от шахтной пневмосети. При повышенной температуре окружающей среды (более 26 °С) и наличии в выработке пневмосети камера-убежище должна иметь систему охлаждения воздуха, например, можно использовать для этих целей турбохолодильник. Если планом ликвидации аварии (ПЛА) предусматривается необходимость незначительного времени пребывания людей в камере (до 4 ч), то для создания в ней избыточного давления можно использовать баллоны со сжатым воздухом. Если в выработке нет трубопровода сжатого воздуха, тогда необходимо использовать в камере-убежище специальную систему регенерации, позволяющую выполнять очистку воздуха, находящегося в камере.

В НИИГД «Респиратор» накоплен большой опыт в создании таких систем. Все биологические спутники, запускаемые с животными в космос, были разработаны и изготовлены в нашем институте [4].

Принцип работы системы регенерации атмосферы основан на использовании способности высокоэффективных регенеративных веществ, содержащих кислород в химически связанном состоянии, выделять его при поглощении углекислого газа и паров воды. Регенеративным веществом снаряжены цилиндрические патроны, входные патрубки которых объединены нагнетательно-распределительным устройством. Процессы поглощения диоксида углерода и выделения кислорода происходит при продувке через один из патронов воздуха из гермокабины. Продувка осуществляется нагнетателем, ра-

бота которого контролируется датчиком потока, установленном в воздуховоде. При выходе нагнетателя из строя автоматически включается резервный нагнетатель. Входящий в состав системы регенерации атмосферы блок очистки из двух патронов-секций с индивидуальными нагнетателями, включаемыми одновременно по соответствующей команде. Поток воздуха проходит в каждом патроне-секции через развернутый слой сорбента, который поглощает аммиак и другие вредные микропримеси. Управление работой системы регенерации атмосферы осуществляется входящим в ее состав блоком по сигналам, поступающим от газоанализатора кислорода: при снижении парциального давления кислорода до заданного нижнего предела открывается клапан нагнетательно-распределительного устройства на патрон, выделяющийся кислород; при достижении парциальным давлением кислорода величины верхнего заданного предела открытый клапан нагнетательно-распределительного устройства закрывается и открывается клапан на патрон, поглощающий диоксид углерода. Патрон, отработавший ресурс по кислороду, автоматически отключается, и при снижении парциального давления кислорода до нижнего предела клапан нагнетательно-распределительного устройства открывается на следующий регенеративный патрон.

Для упрощения системы и, следовательно, ее удешевления рассматривается возможность управления ею в ручном режиме, ориентируясь на показания газоанализаторов кислорода и диоксида углерода.

Для эффективного проведения горноспасательных работ при:

- большой протяженности (до 5 км) маршрутов следования горноспасательных отделений к месту ведения работ;
- недостаточного проветривания в выработках;
- высокого содержания в атмосфере токсичных газов и содержания кислорода ниже предельно допустимых норм;
- повышенной температуры окружающей среды по пути следования отделений и в месте ведения горноспасательных работ

применяется комплекс бокс-базы горноспасательной КБГ [5]. КБГ обеспечивает дыхание горноспасателей (12 в большом и 6 в малом) без средств индивидуальной защиты, а также создает условия для оказания первой медицинской помощи пострадавшим. КБГ устанавливается в выработке сечением не менее  $5,5 \text{ м}^2$  при температуре воздуха не выше  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . В горной выработке, где устанавливается КБГ, должен быть пневмопровод (шахтная пневмосеть или прорезиненный пожарный рукав, подающий воздух от передвижного компрессора, устанавливаемого на свежей струе на расстоянии не более 1000 м от него), обеспечивающий объемный расход воздуха  $5 \text{ м}^3/\text{мин}$  при давлении сжатого воздуха от 0,3 до 0,6 МПа. Бокс представляет собой палатку арочного типа с надувным каркасом. Каркас наполняется воздухом либо с помощью мехов, либо от системы СЖО, включающей в себя блок подготовки воздуха и блок охлаждения. Избыток воздуха стравливается через предохранительный клапан. Бокс имеет тамбур и основной отсек с надувными сиденьями. Вход в тамбур и перегородка между тамбуром и основным отсеком имеет щелевой разъем. В обшивке бокса имеется предохранительный клапан, срабатывающий при избыточном давлении в боксе  $0,1 \div 0,2 \text{ кПа}$ . Для создания избыточного давления препятствующего проникновению вредных газов в бокс и уменьшению времени подготовки к работе при установке бокса производится одновременное нагнетание воздуха в основной отсек и каркас. Входить в тамбур, при необходимости, можно по два-три человека с временем задержки в тамбуре 3 - 4 мин. Внутри каркаса расположен турбохолодильник, в котором происходит охлаждение воздуха за счет его расширения. Величина снижения температуры воздуха в боксе  $T$ ,  $^\circ\text{C}$  (относительно окружающей среды) может быть вычислена по формуле

$$T = 30P,$$

где  $P$  – давление на входе в СЖО в МПа;

При повышении температуры на участке расположения КБГ выше  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  она снижается путем установки водоразбрызгивателей, аэраторов, отвода струи воздуха с повышенной температурой или подвода свежей струи и т.п

Проведение ремонтно-восстановительных и аварийно-спасательных работ при чрезвычайных ситуациях связано с оперативным выездом на место аварии, часто в труднодоступные или отдаленные от населенных пунктов места спасательной и (или) ремонтной бригады. Для обеспечения нормальных условий жизни при любых погодных условиях и оказания медицинской помощи предназначен автономный передвижной модуль МАП [6]. Модуль, как и КБГ, выполнен в виде палатки, несущим элементом которой является пневматический резиноканевый каркас. В свое время он был разработан в нашем институте и применялся нашими сотрудниками для встречи космонавтов. Эксплуатационные испытания на Северном полюсе, горах Памира и пустыне Кара-Кум показали его высокие эксплуатационные качества.

Различные модификации МАП обеспечивают нормальное санитарно-гигиенические условия проживания 5...18 человек. Система обогрева и наддува предназначена для вентиляции, охлаждения или обогрева воздуха внутри модулей при температуре окружающего воздуха от минус 30 °С до 50 °С, наддува каркаса при разворачивании модулей и автоматического поддержания внутрикаркасного давления. Время его разворачивания 10...15 мин. Система энергообеспечения и освещения гарантирует автономное питание комплекса в местах отсутствия стационарной электрической сети или ее повреждения. Немаловажно, то, что МАП могут устанавливаться на любой грунт (песчаный, каменистый, глинистый, травянистый) соответствующей площади без какой-либо предварительной планировки. Гигиенический блок, укомплектованный биотуалетом, водонагревателем и душевыми кабинами, имеющими сборники грязной воды – повышает не только комфортность проживания, но и экологическую чистоту. На базе МАП созданы региональные спасательные отряды МЧС в Крыму, Донецкой и Днепропетровской областях, на предприятиях НАК «Нефтегаз Украины». Аналогичные модули используются в Англии, Франции, ФРГ для установки в тоннелях, дезактивации и дегазации местности, для укрытия пожарных и оказания первичной помощи пострадавшим.

Одним из масштабных проектов последних лет было создание в 1997 г. на базе модулей МАП по заказу МЧС Украины мобильного госпиталя МГ (рис.3) [7]. Он выполнен с учетом опыта аналогичных разработок для СССР и России. МГ предназначен для обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий при оказании аварийно-спасательными частями оперативной медицинской помощи пострадавшим и подготовки их к эвакуации в стационарные лечебные учреждения при авариях, катастрофах, стихийных бедствиях или других чрезвычайных ситуациях в различных климатических регионах, в труднодоступных или удаленных от стационарных медицинских учреждений местах. Для этого каждый из модулей укомплектован системами обогрева и наддува, кондиционирования, энергообеспечения и освещения (в том числе и аварийного), гигиенблоком. Первоначально его полезная площадь составляла 384 м<sup>2</sup>, он состоял из одиннадцати модулей и имел 7 отделений: приемно-сортировочное, эвакуационное, терапевтическое, предоперационное, операционное, послеоперационное и инфекционное, обеспеченные соответствующим медицинским оборудованием. В последние годы он доукомплектован диагностическим и противошоковым кабинетами, клинической лабораторией, аптекой, столовой и помещениями для сна и отдыха. Время развертывания МГ, как показала практика, составляет около 60 минут и через 60 минут может начинаться квалифицированная медицинская помощь. Доукомплектование МГ специальным реанимобилем сокращает начало оказания медицинской помощи до 10...15 мин. Одновременная загрузка составляет 75...80 человек, пропускная способность 300 человек в сутки. Доставка госпиталя к месту применения осуществлялась различными видами транспорта: автомобильным в Карпаты (для оказания помощи пострадавшим от наводнения), авиационным – в Индию, Турцию, Иран (для ликвидации последствий землетрясения). За время своей службы в МГ оказана помощь десяткам тысяч людей.

Громадный опыт, накопленный работниками НИИГД «Респиратор», высококвалифицированный персонал позволяет создавать коллективные

средства защиты на высшем мировом уровне для применения а различных областях жизнедеятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Система саморятування гірників. Загальні вимоги: СОУ 10.1-00174102-002-2004.- (Чинний від 2005-07-01).- Донецьк, 2006.- 24 с. (Стандарт Мінпаливенерго України).

2 Шевченко Ю.А., Ильинский Э.Г., Артеменко А.И. Эксплуатационные требования к средствам спасения горнорабочих очистных забоев при внезапных выбросах угля и газа//В кн.: Новые средства индивидуальной и групповой защиты шахтеров при авариях.- М.: ЦНИЭИуголь, 1976.- С. 22-25.

3 Ильинский Э.Г., Диденко Н.С., Козаченко В.В. Передвижные спасательные пункты для включения в резервные самоспасатели// Уголь Украины, 1976.- № 10.- С. 43-44.

4 Система регенерации атмосферы для жизнеобеспечения лабораторных животных в замкнутом гермообъеме/ Вейберг К.Г., Голов В.К., Зленко А.И. и др.// Аппаратура и методы медицинского контроля: Материалы II Всесоюзн. науч.-практ. конф.- Л.: Медицина, 1982.- С. 317-319.

5 Шевченко Ю.А., Ильинский Э.Г., Овчаров В.К., Гладков Ю.А.// Безопасность труда в промышленности. 1983.- № 10.- С. 33-34.

6 Пневматична споруда: Патент України № 426. МКІ Е 04 Н 15/20.

7 Волянский П.Б., Ильинский Э.Г., Пилягин Ю.Я., Марков А.Л. Медико-тактические возможности и перспективы применения мобильного госпиталя// Пути развития горноспасательного дела: Тр. науч.-практ.конф.- Донецк, НИИГД, 1997.- С. 70-72.