

В.К. Овчаров, инженер., **Э.Г. Ильинский**, канд. техн. наук,
Е.И. Конопелько, канд. физ.-мат. наук, **Л.А. Зборщик**, инженер
(НИИГД «Респиратор»)

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ С ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННЫМ КИСЛОРОДОМ

Подземная разработка угольных пластов осуществляется в условиях повышенной объективной опасности и, несмотря на проведение профилактических мероприятий, опасность возникновения аварий остается весьма значительной. Наибольший удельный вес составляют пожары, взрывы метано-воздушной среды и внезапные выбросы угля и газа, в результате которых в выработках образуется непригодная для дыхания среда. Для обеспечения жизнедеятельности в этих случаях необходимы средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). Создание СИЗОД – важная социальная задача и одно из генеральных направлений деятельности НИИГД «Респиратор».

СИЗОД подразделяются на фильтрующие и изолирующие. Фильтрующие респираторы и противогазы просты по конструкции, легки, дешевы; они широко применяются при выполнении технологических работ в токсичной среде. ВО ВНИИГД в 70-е годы было разработано и эксплуатировались на предприятиях Минуглепрома СССР фильтрующие самоспасатели СПП-2 и СПП-4 [1]. Однако применение таких СИЗОД запрещено в труднодоступных помещениях малого объема, замкнутых пространствах и в тех случаях, когда концентрация или тип вредных веществ в окружающем воздухе неизвестна или концентрация кислорода может стать ниже 18 %. Поэтому после нескольких трагических случаев, связанных с применением при авариях фильтрующих самоспасателей, распоряжением Министерства угольной промышленности с 1996 г. разрешено применение в угольных шахтах только изолирующих СИЗОД. Они обеспечивают дыхание человека независимо от газового состава рудничного воздуха.

Существуют разные способы резервирования кислорода в СИЗОД, но как показала практика для СИЗОД, предназначенных для горнорабочих (самоспасатель) наиболее приемлемо резервирование в химически связанном виде. После разработки в 1937 г. кислородсодержащего продукта профессором Казарновским А.И. началась разработка конструкций, пригодных для внедрения. В 1945-1947 гг., лабораторией Московского горного института и Макеевским научно-исследовательским институтом были созданы первые конструкции изолирующих самоспасателей для горнорабочих. Однако ряд существенных недостатков не позволили начать их промышленное применение. Дальнейшие работы по созданию изолирующего самоспасателя с химически связанным кислородом перешли в ЦНИЛ ВГСЧ Донбасса. Первые модели самоспасателей ЦНИЛ-СПХ-1 ЦНИЛ-СПХ-2 имели круговую схему дыхания (однако без клапана выдоха), снаряжалась продуктом Б-2 в количестве 1,1 кг и 0,86 кг и имели время защитного действия равное 1 ч и 45 мин при нагрузке средней тяжести (54,5 Вт). Самоспасатели не имел пускового устройства, поэтому включение в него должно было осуществляться на выдохе, то есть путем наполнения мешка выдыхаемым воздухом, после чего можно было начинать движение. Испытания этих самоспасателей при температуре окружающей среды ниже 18 °С показали, что для разработки кислородсодержащего продукта недостаточно одного выдоха, а поэтому возникла необходимость применения пускового устройства, что было реализовано в ШС-1. Однако неудачная конструкция пускового устройства, срабатывающего при случайных механических воздействиях на самоспасатель и выделяющего, кроме того, недостаточно кислорода (около 3 дм³); недостаточная механическая прочность корпуса самоспасателя, в результате чего имела место потеря герметичности и выход самоспасателя из строя, а в отдельных случаях и высыпание кислородсодержащего продукта из патрона, что делало самоспасатель весьма пожароопасным.

В 1957 г. был сконструирован, с использованием продукта ОКЧ, самоспасатель ШС-3 который явился первым образцом, доведенным до промыш-

ленного производства. Самоспасатель имел круговую схему дыхания и массу продукта 0,67 кг и обеспечивал время защитного действия в 45 мин при нагрузке средней тяжести. Для предохранения патрона самоспасателя от разрушений и высыпания продукта, весь самоспасатель был заключен в дополнительный металлический корпус, взамен брезентовой сумки, как это имело место в предыдущих конструкциях. При эксплуатации ШС-3 были выявлены существенные недостатки и этой конструкции: измельчение продукта в процессе ежедневного ношения самоспасателя в шахте и ненадежная конструкция дыхательных клапанов, в результате чего самоспасатели через 10 месяцев были сняты с эксплуатации

В 1958 г. был создан самоспасатель ШС-5, который снаряжался тем же продуктом ОКЧ и был утвержден Госгортехнадзором РСФСР и Госгортехнадзором УССР для промышленного производства. В самоспасателе ШС-5 впервые была использована маятниковая схема дыхания, наиболее простая и надежная, исключая применение дыхательных клапанов и уменьшающая возможность попадания пыли химпродукта в дыхательный шланг и загубник. Первый вариант этого самоспасателя имел пусковое устройство со стеклянной ампулой. Последняя не выдержала испытание на ударостойкость и конструкция ШС-5 была утверждена к выпуску без пускового устройства. Наблюдениям за эксплуатацией и проверками установлено, что после ношения самоспасателей в шахте гранулированный продукт, измельчаясь, создает повышенное сопротивление дыханию (до 2-3 кПа вместо 1,6 кПа по ТУ), а время защитного действия самоспасателя уменьшается до 30 мин вместо нормированных 45 мин. Поэтому в самоспасателе ШС-5М был применен кислородсодержащий продукт с более высокими прочностными свойствами ОКЧ-2. Сложность вскрытия аппарата, высокое сопротивление и ряд других недостатков было устранено в самоспасателе ШС-7, масса продукта в котором была увеличена до 0,9 кг.

Для увеличения срока службы самоспасателя, в конструкцию ШС-7М были внесены незначительные изменения для возможности его ремонта, при

котором защитный футляр и брикет пускового устройства заменяются новыми, остальные детали и узлы самоспасателя используются повторно. Срок службы самоспасателя ШС-7М составляет 2 года со дня изготовления, в том числе 1,5 года эксплуатации в шахте ношением. Примененный в самоспасателе ШС-7М способ герметизации крышки с корпусом футляра не обеспечивал при эксплуатации защиту аппарата от проникновения в него влаги. В результате воздействия на самоспасатель различных факторов, прежде всего механических, его герметичность ухудшается, что способствует более интенсивному воздухообмену между аппаратом и окружающей атмосферой. Попавшая в подкрышечное пространство аппарата влага адсорбируется тканью дыхательного мешка, а из него сорбируется пусковым брикетом и кислородсодержащим продуктом, являющимися сильно гигроскопичными веществами.

Для устранения этого недостатка в самоспасателе ШСС-1 (принципиальная схема приведена на рисунке 1) дыхательный мешок 11 защищен резиновой пробкой 10, а избыточный клапан 12 изготовлен с большим проходным сечением и конструктивно более надежен. Это позволило увеличить срок эксплуатации ШСС-1 до 2,5 лет, или до 5 лет в самоспасателе ШСС-1Н, корпус которого изготовлен из нержавеющей стали.. Регенеративный патрон 7 заполнен гранулированным кислородсодержащим продуктом 9, рассредоточенным с целью уменьшения спекания секционным теплораспределителем 8. Пусковое устройство размещено в специальном гнезде и верхней части регенеративного патрона, вне слоя продукта и состоит из пускового брикета 6 и механизма 5, обеспечивающего автоматическое его срабатывание. В нерабочем положении дыхательный мешок, гофрированный шланг 3, загубник 1 и носовой зажим 2 находятся под крышкой футляра, которая прочно и герметично прикрепляется к футляру посредством двух металлических лент и быстровскрываемого замка. Для удобства ношения футляр самоспасателя снабжен плечевыми ремнями 4. Его ВЗД 50 мин, а масса равна 3 кг. В настоящее время это основной СИЗОД, применяемый горняками и серийно вы-

пускаемый в Украине. Он пересек границы ближнего и дальнего зарубежья, завоевал заслуженную славу.

Для защиты работников газовой промышленности на базе ШСС-1 был разработан самоспасатель СИГ-1, в качестве лицевой части которого используется шлем-маска.

Самоспасатель ШСС-1П является модификацией шахтного изолирующего самоспасателя ШСС-1 в пластмассовом корпусе с пластмассовой крышкой, герметично соединенных посредством двух стяжных лент с измененной конструкцией замка и уплотнения между корпусом и крышкой. Полный срок службы самоспасателя от даты изготовления до списания 7 лет.

Новый самоспасатель ШСС-1ПV имеет круговую систему дыхания и является первым шахтным самоспасателем, отвечающим требованиям ДСТУ EN 401. Сравнительные испытания показали, что он по своим эксплуатационным параметрам не уступает таким известным самоспасателям, как SR-60 и OXY K 50 S, а по массогабаритным характеристикам превосходит их. Самоспасатель ШСС-1ПV сертифицирован в Европе и широко применяется на шахтах Польши и Чехии.

Анализ аварийных ситуаций на шахтах Украины показал низкий уровень навыков включения в самоспасатели. С целью обучения этому созданы учебные самоспасатели. Самоспасатель ШСС-1Т [2] по внешнему виду, форме, размерам, габаритам, массе, порядку вскрытия и включения соответствует самоспасателю ШСС-1 и обеспечивает обучение горнорабочих только в среде, пригодной для дыхания. Самоспасатель ШСС-1Т1 [2] обеспечивает обучение шахтеров включению и пользованию самоспасателем в атмосфере как пригодной, так и непригодной для дыхания. Учебный самоспасатель ШСС-1Т1 позволяет имитировать все действия, связанные со вскрытием, включением, дыханием в изолирующем самоспасателе, а также воспроизводить воздействие на человека таких физиологических факторов как, сопротивление дыханию, температуры и влажности вдыхаемого воздуха, объемных долей кислорода и диоксида углерода во вдыхаемом воздухе. Самоспа-

сатель ШСС-1Т1 не имеет аналогов среди зарубежных моделей. Разработанные фирмами «Dragerwerk AG», «Auer-MSA» (Германия), являясь учебными вариантами изолирующих самоспасателей OXY-C15G, OXY-SR60B, SSR-16BB, SSR-90 не содержат ни пускового устройства, ни поглотителя диоксида углерода. С их помощью имитируются только основные приемы приведения в действие и включения в самоспасатель, а из физиологических параметров дыхания в аппарате – только сопротивление вдоху и выдоху.

Несмотря на принятую в Украине концепцию безопасности, предусматривающую постоянное ношение самоспасателя, горняки из-за их значительной массы и габаритов часто оставляют самоспасатель вдалеке от рабочего места, что приводит при возникновении аварии к тяжелым последствиям. В связи с этим был разработан в 70-е годы в соответствии с нормативными документами того времени, предусматривающими допустимые значения параметров дыхания, малогабаритный самоспасатель ШСМ-30. Поэтому условия дыхания в нем тяжелые (высокие сопротивление дыханию и температура вдыхаемого воздуха). С другой стороны введение в Украине стандартов, гармонизированных с европейскими и предусматривающими более комфортные условия дыхания и более жесткие испытания показали, что ВЗД ШСМ-30 составляет всего 8-12 мин, что явно недостаточно. Поэтому в НИИГД «Респиратор» были разработаны малогабаритные самоспасатели СИ-30 [3] (рис 2) и СИ-40 [4], имеющих нормированное ВЗД 30 и 40 мин, массу 2,35 и 2,7 кг соответственно, и отвечающим европейским стандартам и гармонизированным с ними стандартами Украины. СИ-30 и СИ-40 предназначены для ношения на пояском ремне. Пиктограммы, размещенные на корпусе, показывают порядок включения в аппарат. В комплект СИ-30 и СИ-40 для защиты глаз от воздействия газа и пыли входят очки, а в качестве лицевой части служат загубник и носовым зажимом. Корпус (в первом случае - из пластмассы, а во втором – из нержавеющей стали) улучшает эксплуатационные качества самоспасателей, позволяя эксплуатировать и хранить их во влажной атмосфере, вызывающей коррозию. Самоспасатель СИ-30 сконструирован ремонтпригод-

ным, его конструкция позволяет заменять в использованных аппаратах регенеративные патроны с пусковыми устройствами. Эксплуатационные испытания на шахте им. А.А. Скочинского по отзывам горнорабочих подтвердили, что самоспасатель удобен при эксплуатации, компактен, корпус аппарата легко очищается от загрязнения угольной пылью, включение в аппарат удобное и простое, а условия дыхания – комфортные.

Для повышения безопасности труда шахтеров на шахтах Минуглепрома СССР в 1971 г. организованы вспомогательные горноспасательные команды (ВГК). В результате этого возникла необходимость создания специального изолирующего дыхательного аппарата для оснащения членов ВГК. При разработке конструкции аппарата были учтены следующие особенности: необходимость длительного хранения в шахте, оперативность включения в респиратор, простота и надежность конструкции. Как показали исследования, более целесообразно использовать в аппаратах химически связанный кислород, т.к. они просты из-за отсутствия в них сложного кислородоподдающего узла и надежны в работе. Подача кислорода в систему аппарата происходит автоматически в зависимости от тяжести выполняемой работы. Для обслуживания аппаратов не требуется создания на шахте компрессорного хозяйства. В процессе создания аппарата ШРС-2 решена проблема обеспечения его работоспособности при отрицательных температурах окружающей среды (до минус 20 °С) [5].

Регенеративные респираторы [6] (СИЗОД, которые находятся на оснащении горноспасателей) – важнейший элемент боеготовности к проведению спасательных операций. Они единственное средство защиты органов дыхания при долговременной работе в среде непригодной для дыхания.

Современное респираторостроение использует два типа резервирования кислорода: сжатый и химически связанный.

Респираторы со сжатым кислородом Р-34 и Р-30 - основные аппараты, которыми оснащена горноспасательная служба Минуглепрома Украины, обеспечивают время защитного действия 2 и 4 ч соответственно. Эти аппара-

ты позволяют выполнять работу отдельными периодами без потери общего времени защитного действия, надежны в экстремальных условиях. В них, кроме постоянной подачи кислорода со скоростью 1,4 дм³/мин, имеется легочно-автоматическая и байпасная на случай потери дыхательного объема. Снабженный щелочным поглотителем диоксида углерода респиратор Р-35 обеспечивает более комфортные условия дыхания. В респираторе Р-40Е с учетом европейских требований безопасности, осуществляется автоматическая «промывка» кислородом воздухопроводной системы при каждом включении, имеется новый, более надежный моноблок и возможно подключение при необходимости второго человека. При работе в зоне повышенных температур устанавливается холодильник, использующий брикетный лед. Многолетняя их эксплуатация показала их высокую надежность.

Однако сравнительные испытания показывают, что респираторы с химически связанным кислородом, имея массу меньше аппаратов со сжатым кислородом (при том же времени защитного действия) обеспечивают более комфортные условия дыхания за счет осушения регенерируемого воздуха, что приводит к снижению эквивалентной температуры вдыхаемого воздуха, и «сжигания» продуктов метаболизма в регенеративном патроне. Более низкая, чем в Р-30, эквивалентная температура вдыхаемого воздуха обуславливает, в отличие от Р-30, сьем тепловой нагрузки с организма пользователя при работе в зоне повышенных температур. И если бы горноспасатели на шахте «Краснолиманская» были включены в респираторы типа РХ-4, то тепловых ударов со смертельным исходом, который произошел в 2004 г., удалось бы избежать.

За более чем полувековую историю было разработано несколько моделей таких респираторов, но только РХС, разработанный в 1987 г. стал первым серийно выпускаемым аппаратом. Его нормированное ВЗД составляло не менее 120 мин, масса 9 кг. Создание его стало возможно благодаря разработанному в НИИГД регенеративному патрону с развернутым слоем, который на протяжении многих лет постоянно модернизировался [7].

Сравнительные испытания респираторов РХС показали, что:

- меньшие габариты и масса РХС по сравнению с респиратором со сжатым кислородом Р-30 позволяют легче и свободнее выполнять горноспасательные работы в лавах крутого падения и в тесных выработках;
- панорамные маски не запотевают вследствие малой влажности вдыхаемого воздуха;
- воздух ощущается как прохладный;
- восстановление после работы в РХС наступает намного быстрее.

Но, несмотря на столь очевидные преимущества респиратор РХС находился на вооружении горноспасателей ГВГСС только 2 года и был снят по ряду объективных и субъективных причин. К объективным причинам следует отнести:

- отсутствие индикатора отработки регенеративного патрона;
- затруднение дыхания при случайной потере дыхательного объема;
- недопустимость перерывов в работе более 30 мин;
- незащищенность лица горноспасателя от воздействия агрессивной среды.

К субъективным – некачественное изготовление отдельных узлов заводом-производителем.

Большинство этих проблем частично или полностью решены в разработанных в последние годы в НИИГД респираторах РХ-4Е (рис. 3) и РХ-4П [8]. Два дыхательных мешка, регенеративный патрон с развернутым слоем, теплообменник, тепловлагообменник или увлажнитель создают комфортные условия дыхания по температуре, влажности и сопротивлению дыханию. Панорамная маска, наличие цифрового или светового индикатора отработки регенеративного патрона [9], устройство дополнительной подачи воздуха или кислорода повышает безопасность применения респираторов и повышает коэффициент их защиты. Аппараты для расширения их тактических возможностей могут комплектоваться регенеративными патронами, имеющими нормированное ВЗД 120 и 240 мин. Масса снаряженного респиратора с двухчасовым патроном – 11 кг, с четырехчасовым – 12 кг. Фактическое ВЗД респиратора составляет 150...180 мин и

240...270 мин соответственно. Важное преимущество респираторов с химически связанным кислородом – экономичность его расхода, вследствие чего время защитного действия респираторов этого типа при нахождении пользователя в состоянии покоя увеличивается до 24 ч и более – абсолютный рекорд среди последних аппаратов.

При проведении разведки в ходе горноспасательных работ, длительность которых ввиду непредвиденных обстоятельств может превысить ВЗД основного респиратора, для помощи пострадавшим, а также в качестве вспомогательного респиратора для оснащения членов горноспасательных команд шахт предназначен резервный аппарат АР-1 с рекордным удельным ВЗД равным 28 мин/кг, что почти в 1,5 раза выше, чем у респираторов со сжатым кислородом и в 5...6 раз выше, чем у аппаратов со сжатым воздухом [10].

Респираторы РХ-4П находятся на оснащении газодымозащитников пожарной охраны г. Киева с 2000 г. Они размещены в двух пожарных частях и предназначены для тушения сложных пожаров на химических предприятиях, в метро и т.д. В настоящее время завершена в подконтрольная эксплуатация респиратора РХ-4Е горноспасателями оперативного ВГСО и 1 ВГСО. Опыт эксплуатации респираторов РХ-4П, отзывы горноспасатели о РХ-4Е, высказанные при их обучении, показывают, что респираторы с химически связанным кислородом просты по конструкции и в обслуживании, надежны в эксплуатации и необходимы аварийно-спасательным формированиям для выполнения длительных, тяжелых работ, особенно в зоне высоких температур.

Эти положительные качества респираторов с химически связанным кислородом позволяли неоднократно занимать призовые места на Всемирных соревнованиях спасателей.

Варьируя объем дополнительного баллона с воздухом, можно изменять эксплуатационные характеристики респиратора, например, ограничивать объемное содержание кислорода во вдыхаемом воздухе.

В респираторе РХВ осуществляется постоянная подача воздуха в мешок вдоха, в РХА с помощью плунжерного механизма она варьируется в зависимости

от частоты дыхания. Максимальную объемную долю кислорода при очень тяжелой работе можно снизить до 50 % , а среднее значение за ВЗД – 35 %. Гарантированное ВЗД обоих респираторов 120 мин при массе РХВ 12,3 кг, РХА 12,7 кг. Зарубежные респираторы с пониженным содержанием кислорода (например, Draeger, TramiX) по массогабаритным характеристикам, комфортности дыхания не превосходят РХВ И РХА.

Однако несмотря на спектр преимуществ, респираторы с химически связанным кислородом не получили широкого распространения. Важнейшей из причин являются более высокие эксплуатационные расходы, связанные с одноразовостью регенеративного патрона. Поэтому в разрабатываемом в настоящее время в НИИГД по заказу Минуглепрома Украины респираторе снижению эксплуатационных затрат уделено должное значение. Найденные технические решения проверяется сейчас на экспериментальном образце.

Арсенал средств защиты органов дыхания человека, разработанных НИИГД «Респиратор», не уступающий мировым аналогам, позволяет надежно защитить горнорабочих и горноспасателей при возникновении среды, непригодной для дыхания, улучшает условия труда и повышает его безопасность

ЛИТЕРАТУРА

1 Моисейцев Э.А., Дробец С.Е., Масло Л.М. Эксплуатация и результаты испытаний фильтрующих самоспасателей// Уголь Украины, 1987.- № 11 - с. 41.

2 Зборщик Л.А., Бурого Н.Н. Учебный самоспасатель ШСС-1Т1// Горноспасательное дело: Сб. науч.тр./НИИГД:- Донецк, 2007.- № 44.- С. 136-138.

3 Овчаров В.К., Л.А. Зборщик Л.А., Бурого Н.Н., Кошечева Э.Г. Современный изолирующий Самоспасатель СИ-30// Горноспасательное дело: Сб. научн. тр./НИИГД:- Донецк, 2008.- № 45.- С (в печати).

4 Зборщик Л.А., Бурого Н.Н. Малогабаритный изолирующий самоспасатель СИ-40// Горноспасательное дело: Сб. научн. тр./НИИГД.- Донецк, 2006.- № 43.- С.153-157.

5 Шевченко Ю.А., Дробец В.А., Колесников А.А. Новый респиратор-самоспасатель ШРС-2 для шахтной горноспасательной службы// Уголь Украины, 1979.- № 7.- С. 14-18.

6 Диденко Н.С.. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. М.: Недра, 1984.- 168 с.

7 Конопелько Е.И. Регенеративный патрон респиратора с химически связанным кислородом.// Горноспасательное дело: Сб. науч.тр./НИИГД,- Донецк, 2003.- № 40.- С. 57-61.

8 Конопелько Е.И. Новое поколение респираторов с химически связанным кислородом// Уголь Украины, 2003.- № 1.- С. 45-48.

9 Конопелько Е.И. Индикатор отработки регенеративного патрона респиратора с химически связанным кислородом// Науковий вісник Укр. НДПБ, 2003.- № 1,- С. 126-130.

10 Ovcharov V.K., Ilynsky E.G., Konopelko E.I. Chemical oxygen protective means for miners and mine rescuers. Proceeding of the 28-th International conference of the safety in mines research Institutes/ June, 1999, Vol 2, p. 505-520