

УДК 622.867.322

Е.И. КОНОПЕЛЬКО (канд. физ.-мат наук, доцент)

Донецкий национальный технический университет, г.Красноармейск

РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ РЕСПИРАТОР ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКИХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Обоснована актуальность разработки регенеративного респиратора, отвечающего современным условиям ведения горноспасательных работ, отличительными особенностями которого являются нержавеющий корпус и аккумуляторный индикатор отработки регенеративного патрона.

Рассмотрена схема разработанного респиратора с химически связанным кислородом. Показаны его преимущества по сравнению с другими аппаратами для ведения энергоёмких аварийно-спасательных работ.

Ключевые слова: регенеративный респиратор, химически связанный кислород, аварийно-спасательные работы.

Дальнейшее развитие шахт связано с проходкой очистных и подготовительных выработок на более глубоких горизонтах, что обуславливает повышение газообильности пластов и температуры вмещающих пород. Это приводит к увеличению склонности пластов к внезапным выбросам угля и газа, их самовозгорания и взрывов метано-воздушной среды, что создает в шахте непригодную для дыхания среду. Профилактические мероприятия во многом способствуют предотвращению аварий, однако не исключают их возникновения. Так количество аварий и аварийных ситуаций в 2013 г. по сравнению с периодом 2008-2012 гг практически не изменились, а среднегодовое время работы горноспасателей в респираторах за период 2009-2013 гг составило 27345 ч, в том числе при температуре выше 27 °С – 2186 ч. Поэтому совершенствование респираторов, учитывая увеличение тяжести аварийно-спасательных работ и с каждым годом возрастающую температуру окружающей среды вследствие углубления горных выработок – актуальная в наше время задача.

В настоящее время в подразделениях ГВГСС Украины, ВГСЧ России, Казахстана и ряда других зарубежных стран основным рабочим респиратором является респиратор со сжатым кислородом Р-30, а вспомогательным – Р-34 [2]. Однако эти респираторы не полностью отвечают современным условиям ведения аварийно-спасательных работ: длинным маршрутам, высокой температуре в выработках и энергоёмкой нагрузке. Зарубежные аппараты, хотя более эстетичны, по сравнению с респираторами Р-30 и Р-34, однако их эксплуатационные параметры не лучше отечественных, а стоимость значительно выше.

Нами разработан респиратор с химически связанным кислородом ДАХ, имеющий более комфортные условия дыхания и простую конструкцию, с индикатором отработки регенеративного патрона, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1.

Респиратор состоит из корпуса, в котором теплообменник 11 выполнен как одно целое с корпусом, регенеративного патрона 3, дыхательного мешка вдоха 10 и выдоха 7 (со вставленным в него избыточным клапаном 6), пускового устройства 8, устройства дополнительной подачи кислорода 9, шлангов вдоха 14 и выдоха 2 с клапанами 12 и 4. В теплообменнике установлен датчик индикатора отработки 5. К шлангам 2 и 14 подсоединяется лицевая часть 1 (маска либо загубник с носовым зажимом).

Выдыхаемый воздух через лицевую часть 1 по дыхательному шлангу выдоха 2 поступает в мешок выдоха 7 и далее в регенеративный патрон 3, снаряженный надпероксидом калия (KO₂). В регенеративном патроне выдыхаемый воздух очищается от диоксида углерода и обогащается кислородом. При регенерации воздуха в регенеративном патроне респиратора с химически связанным кислородом протекают различные химические реакции, наиболее важными из которых являются [2]:



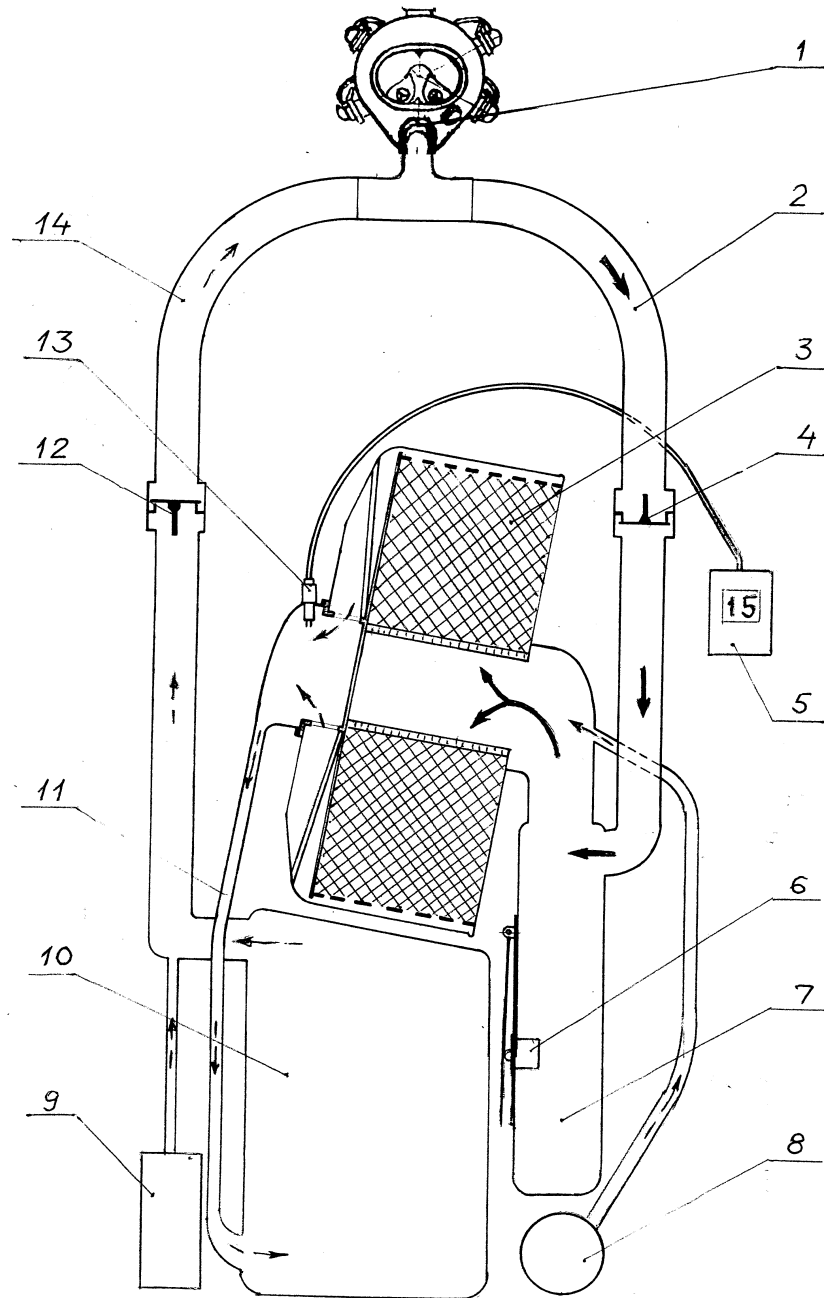


Рис. 1. Принципиальная схема респиратора

1 – лицевая часть; 2 – шланг выдоха; 3 – регенератный патрон; 4 – клапан выдоха; 5 – индикатор; 6 – избыточный клапан; 7 – мешок выдоха; 8 – пусковое устройство; 9 – устройство дополнительной подачи; 10 – мешок вдоха; 11 – теплообменник; 12 – клапан вдоха; 13 – датчик индикатора; 14 – шланг вдох

Из этих реакций видно, что выделение кислорода пропорционально поглощению паров влаги, которые в свою очередь, пропорциональны легочной вентиляции. Отсюда вытекает одно из важнейших эксплуатационных свойств таких респираторов – экономичность расходования кислорода.

Вследствие того, что коэффициент регенерации надпероксида калия выше необходимого для нормального функционирования организма пользователя аппаратом (1,5-3 вместо 1,2), в воздухопроводной системе респиратора создается избыточное давление и выдыхаемый воздух с продуктами метаболизма (H_2O и CO_2) через избыточный клапан, расположенный на мешке выдоха, выходит в атмосферу. Такое расположение избыточного клапана уменьшает энергетиче-

скую нагрузку на регенеративный патрон, что приводит не только к снижению температуры вдыхаемого воздуха, но и увеличению времени защитного действия (ВЗД) респиратора.

Из регенеративного патрона очищенный воздух через теплообменник 11 поступает в дыхательный мешок 10 и по шлангу вдоха 14 – в дыхательные пути человека. Для расширения тактических возможностей респиратора он может комплектоваться регенеративными патронами с номинальным ВЗД равным два и четыре часа.

Устройство дополнительной подачи кислорода 9, выполненное в виде баллона, имеет связь со шлангом вдоха. Это устройство обеспечивает подачу необходимого количества пригодной для дыхания смеси при резкой смене физической нагрузки и при «разработке» регенеративного продукта после перерывов в работе респиратора.

Серийно выпускаемые респираторы Р-30 и Р-34 имеют корпус из дюралюминия, что не обеспечивает их фрикционной безопасности в соответствии с имеющимся стандартом [3]. Для ликвидации этого недостатка корпус респиратора ДАХ выполнен из нержавеющей стали. Совмещение теплообменника с корпусом респиратора и его чернение позволило повысить отдачу тепла из респиратора в окружающую среду, что также обуславливает снижение температуры вдыхаемого воздуха. На рисунке 2 показана зависимость температуры вдыхаемого воздуха от времени работы респиратора в режиме нагрузки средней тяжести

Видно, что на протяжении всего ВЗД она значительно ниже нормированной величины (42 °С) [4].

Для возможности включения в респиратор при отрицательных температурах (минус 5...10 °С) в качестве иницирующей жидкости в пусковом устройстве используется раствор серной кислоты.

В респираторе ДАХ используются регенеративные патроны с развернутым слоем регенеративного вещества KO_2 , что в сочетании с наличием в респираторе

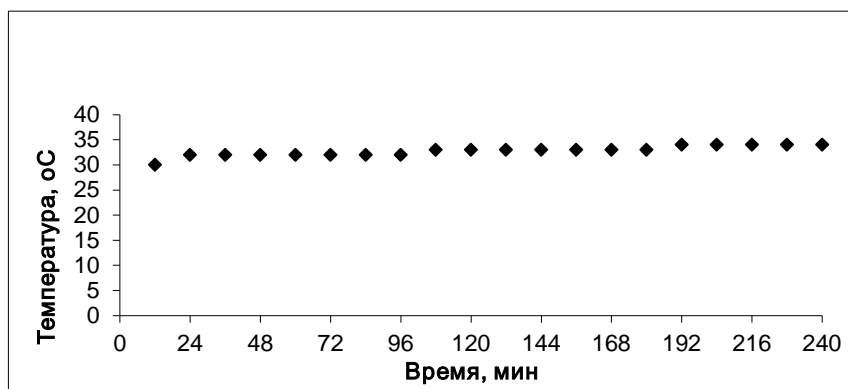


Рис. 2. Зависимость температуры вдыхаемого воздуха от времени работы в респираторе.

ДАХ двух дыхательных мешков (вдоха и выдоха) позволяет уменьшить сопротивление дыханию.

Из рисунка 3, на котором приведены зависимости сопротивления вдоху, выдоху и полу-сумма сопротивлений вдоху-выдоху (которая нормируется на уровне 300 Па [4]) видно, что сопротивление дыханию также ниже нормативной величины.

Низкое сопротивление, температура и относительная влажность (40-60%) создают комфортные условия дыхания пользователю, включенному в этот респиратор, что и отметили горноспасатели, которые испытывали респиратор ДАХ.

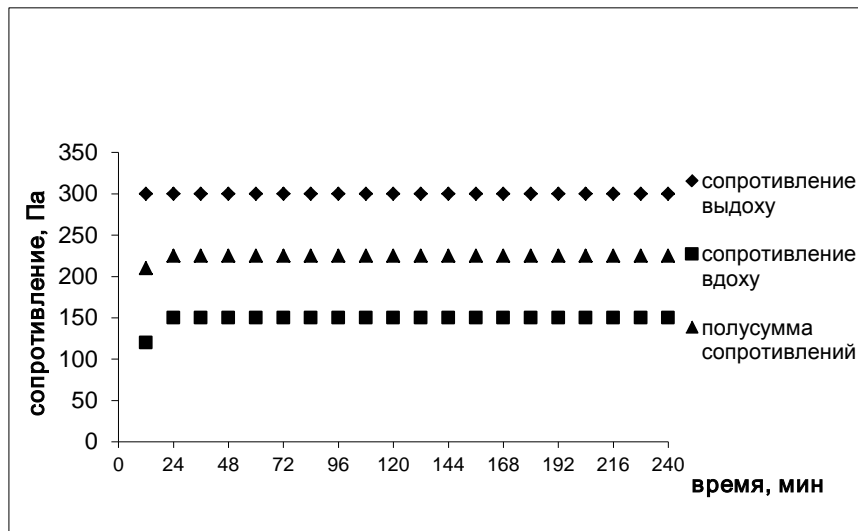


Рис. 3. Сопротивление дыханию при испытании респиратора с 4-х часовым патроном

Индикатор отработки регенеративного патрона предназначен для определения остающегося запаса кислорода в регенеративном патроне с целью его максимального использования и следовательно повышения безопасности человека, включенного в респиратор. Он состоит из индикаторного устройства и датчика для определения теплового потока, выходящего из регенеративного патрона, который согласно реакциям 1 и 2 пропорционален выделению кислорода из регенеративного продукта. Отклонение от линейности, связанные с изменением тепловой отдачи респиратора в окружающую среду в зависимости от условий эксплуатации, корректируются аппаратными средствами. Индикатор разработан и выполнен в искровзрывобезопасном исполнении, что позволяет применять его во взрывоопасной среде, имеет цифровую индикацию и аккумуляторный тип энергообеспечения с временем работы не менее 12 ч для использования его при любом режиме работ.

Созданный респиратор ДАХ с химически связанным кислородом имеет целый ряд преимуществ по сравнению с респираторами со сжатым кислородом:

- улучшенные условия дыхания, обусловленные тем, что энтальпия вдыхаемого воздуха ниже выдыхаемого, т.е. в отличие от аппаратов других типов этот респиратор отводит тепло из организма человека. Это особенно важно при ведении работ в условиях высокой температуры окружающей среды или при тяжелых физических нагрузках;

- экономное расходование запаса кислорода, что увеличивает время защитного действия при «отсидке» до 24 часов – абсолютный рекорд для автономных аппаратов;

- увеличение ВЗД респиратора на 15-25% за счет возможности использования его в режиме самоспасателя, т.к. ВЗД респиратора с химически связанным кислородом регламентируется содержанием во вдыхаемом воздухе диоксида углерода на уровне 1,5%, а кислородсодержащая смесь с достаточным содержанием кислорода и допустимым содержанием диоксида углерода (до 3%) поступает на протяжении еще 15-25% времени от ВЗД;

- возможность снаряжения респиратора регенеративными патронами с номинальными ВЗД равными 2 и 4 часа повышает его тактико-эксплуатационные свойства;

- имеет более простую конструкцию, низкую трудоемкость при изготовлении, следовательно их стоимость;

- при обслуживании респираторов не нужны дорогостоящие дожимающие компрессоры и другая сложная аппаратура, что позволяет оперативно готовить их к применению по назначению в любых, в том числе и полевых условиях;

- высокая температура в зоне химических реакций обуславливает «дожигание» всех продуктов метаболизма человека, благодаря чему восстановление физиологических функций в организме происходит в 5-6 раз быстрее, чем в респираторах со сжатым кислородом.

Респиратор ДАХ с индикатором отработки регенеративного патрона может быть использован при ведении тяжелых горноспасательных работ в шахтах с высокой температурой окружающей среды. Область его применения может быть расширена на другие отрасли промышленности (Государственная служба по чрезвычайным ситуациям, специальные аварийно-спасательные формирования и др.), когда требуется длительная (два-четыре часа) индивидуальная автономная защита органов дыхания человека.

Библиографический список

- 1 Анализ аварийности на угольных шахтах Украины за 2013год .Донецк, 2014, 136 с.
- 2 Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ / Н.С.Диденко. – М.: Недра, 1990. – 160 с.
- 3 Электрооборудование взрывозащищенное с видами взрывозащиты. Электробезопасная электрическая цепь. Технические требования и методы испытаний: ГОСТ 22782.5-78.
4. Респіратори ізолювальні регенеративні для гірничорятувальних робіт. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. ДСТУ 3856-99. Чинний від 01. 01. 2000

Надійшла до редакції 02.12.2015

Є.І.Конопелько

Донецький національний технічний університет

РЕГЕНЕРАТИВНИЙ РЕСПІРАТОР ДЛЯ ВЕДЕННЯ ЕНЕРГОСМНИХ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

Обґрунтована актуальність розробки регенеративного респіратора, який відповідає сучасним умовам ведення гірничо-рятувальних робіт, відмінності якого полягають у виконанні корпусу з нержавіючої сталі та акумуляторного індикатора відпрацювання регенеративного патрона. Розглянута схема розробленого респіратора з хімічно-зв'язаним киснем. Показані його переваги порівняно з іншими апаратами, які використовуються для ведення енергоємних аварійно-рятувальних робіт.

Ключові слова: регенеративний респіратор, хімічно-зв'язаний кисень, аварійно-рятувальні роботи.

Konopelko Ye.

Donetsk National Technical University

A CLOSED-CIRCUIT BREATHING APPARATUS FOR ENERGY DEMANDING RESCUE WORK

The topicality of the development of a closed-circuit breathing apparatus for mine-rescuers muting modern requirements has been substantiated.

The schematic layout of the developed closed circuit breathing apparatus with chemically bonded oxygen has been considered. Its advantages in comparison with other devices have been shown, for energy demanding rescue work.

Key words: closed-circuit breathing apparatus, chemically bonded oxygen, rescue work.