

Процессы и продукты для регенерации воздуха и химической защиты

УДК 614.89

ИЗОЛИРУЮЩИЙ ДЫХАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ С ИЗМЕНЯЕМОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПАТРОНА

И.А. Боярко^{1,3}, Н.Ц. Гатапова¹, Н.Ф. Гладышев³, Р.В. Дорохов³,
Э.И. Симаненков³, В.П. Таров²

*Кафедры: «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» (1),
«Техника и технологии производства нанопродуктов» (2),
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов (3);
mail@roshimzaschita.ru*

Ключевые слова и фразы: изолирующий дыхательный аппарат; надпроксид калия; регенеративный патрон; регенеративный продукт; сопротивление дыханию.

Аннотация: Разработана и экспериментально исследована конструкция изолирующего дыхательного аппарата, обеспечивающего более полную отработку регенеративного продукта и комфортность дыхания за счет уменьшения сопротивления дыханию на вдохе по сравнению с выдохом. Конструкция аппарата исключает подсос окружающего воздуха при нарушении герметичного прилегания к лицу узла изоляции органов дыхания.

Изолирующий дыхательный аппарат (**ИДА**) представляет собой замкнутую систему, полностью изолирующую органы дыхания от окружающей среды. В этом главное преимущество ИДА перед фильтрующими средствами индивидуальной защиты органов дыхания (**СИЗОД**). Однако герметичность ИДА не может быть абсолютной. При вдохе в аппарате может возникать разрежение, в результате окружающий воздух, содержащий вредные примеси, проникает вовнутрь из-за неплотного прилегания лицевой части ИДА к лицу пользователя [1]. Кроме того при использовании индивидуальных самоспасателей пользователями с длинными волосами, носящих бороду и усы или совершающих резкие движения, часто происходит подсос окружающего воздуха через узел изоляции органов дыхания.

Важной характеристикой ИДА является сопротивление дыханию на вдохе и выдохе, которое сдерживает применение ИДА для защиты пользователей, не имеющих специальной подготовки, ограничивая круг потребителей военными, моряками и подводниками, шахтерами, бойцами МЧС и т.д. Неблагоприятное воздействие на организм человека сопротивления потоку воздуха, выдыхаемому из ИДА и выдыхаемому в него, заключается в дополнительной нагрузке на дыхательную мускулатуру, что препятствует нормальному процессу дыхания и кровообращения, вызывает преждевременное утомление и ощущение дискомфорта [2]. Следствием являются некоторые изменения функции газообмена. При значительном сопротивлении на вдохе и, следовательно, выраженном понижении давления в грудной полости возрастает присасывающее действие ИДА, что отрицательно сказывается на кровообращении [3].

В связи с этим возникает необходимость создания таких конструкций ИДА, которые обеспечивают уменьшение сопротивления в системе разряжения при вдохе, для снижения подсоса окружающего воздуха при кратковременном нарушении герметичного прилегания к лицу узла изоляции органов дыхания, а также снижение сопротивления на вдохе.

Данные технические требования учтены при разработке самоспасателя экстренной защиты (СЭЗ) [4]. Аппарат снабжен двумя вентиляторами, источниками тока и блоком управления. Однако большое число электрических узлов снижает надежность и отказоустойчивость аппарата, так как при отказе блока управления, недостаточном заряде источников тока или отказе хотя бы одного из вентиляторов нормальная работа аппарата нарушается или становится невозможной. В данной статье рассматривается конструкция изолирующего аппарата, имеющего аналогичные технические параметры, но все электрические составляющие исключены, соответственно повышена надежность аппарата.

В работе [5] рассмотрен новый регенеративный продукт (РП) на химически связанным кислороде, представляющий собой наноразмерные частицы КО₂ [6], нанесенные на пористую волокнистую матрицу. Особая структура регенеративного продукта позволяет придавать ему различные формы, в частности пластины различной формы (трапеция, треугольник, спирали, многослойные блоки, сотовые структуры и т.п.) [5]. Использование такого регенеративного продукта позволяет создавать изолирующие аппараты новых конструкций [7, 8], применять при их проектировании технические решения, недоступные при использовании гранулированного продукта, а также применять новые конструкционные полимерные материалы.

В аппарате (рис. 1) используется минимальное число металлических деталей, материалом для патрона и дыхательного мешка служит фторопласт Ф-4МБ толщиной 50 мкм. Фторопласт Ф-4МБ обладает высокой химической стойкостью, диэлектрическими характеристиками, мало зависящими от температуры и частоты тока, достаточной прочностью, термостабильностью. Интервал рабочих темпе-

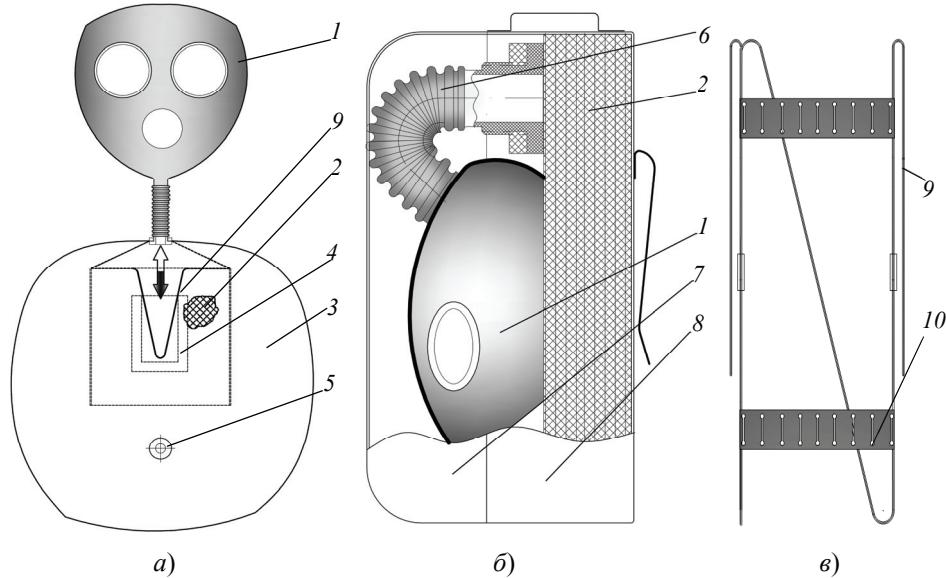


Рис. 1. Общая схема ИДА (а), вид в футляре (б) и упругая рамка для размещения пластин регенеративного продукта (в):

1 – узел изоляции органов дыхания; 2 – регенеративный продукт; 3 – дыхательный мешок; 4 – карман; 5 – клапан избыточного давления; 6 – гофрированная трубка; 7 – крышка футляра; 8 – корпус футляра; 9 – пружинная скоба; 10 – полимерная стяжка

тур от -190 до $+200$ $^{\circ}\text{C}$. Внутри дыхательного мешка помещен регенеративный патрон, который представляет собой упругую рамку (см. рис. 1, в), изготовленную из пружинной стальной проволоки толщиной 1,5 мм. В этой рамке с помощью гибких фторопластовых лент закрепляются пластины РП. Полученный регенеративный патрон соединен со стенками дыхательного мешка. Такая конструкция позволяет менять ширину патрона, а, следовательно, и расстояние между пластинаами регенеративного продукта, то есть изменять геометрию.

Аппарат переносится пользователем в опасной зоне либо закрепленным пружинной скобой на поясном ремне, либо на плечевом ремне. При этом корпус и регенеративный продукт находятся в сжатом состоянии, как показано на рис. 1, б. При возникновении опасной ситуации, когда воздух становится непригодным для дыхания, изолирующий дыхательный аппарат приводят в рабочее положение: открывается крышка футляра и из корпуса извлекается рабочая часть аппарата. Узел изоляции органов дыхания (маска) надевается на голову пользователя, при дыхании выдыхаемый воздух поступает из маски по гофрированной трубке в регенеративный патрон, в котором он проходит через зазоры между пластинаами регенеративного продукта в дыхательный мешок.

При выдохе (рис. 2, б) под давлением выдыхаемого воздуха одновременно с расширением дыхательного мешка происходит растягивание упругой рамки, что приводит к образованию зазоров между пластинаами регенеративного продукта. При этом увеличивается площадь поверхности контакта РП с воздухом, а значит и

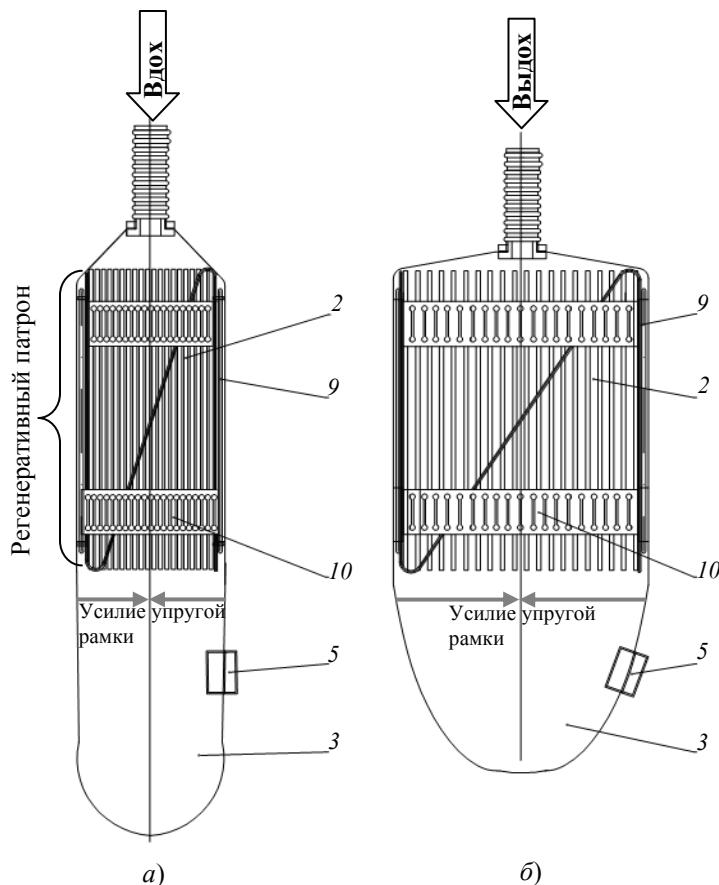


Рис. 2. Схема работы самоспасателя на вдохе (а) и на выдохе (б)

степень очистки выдыхаемого воздуха. При взаимодействии воздуха с пластинами регенеративного продукта происходит поглощение диоксида углерода и выделяется необходимый для дыхания кислород.

При вдохе (см. рис. 2, а) упругий элемент возвращается в исходное (сжатое) положение, уменьшая разряжение на вдохе и снижая сопротивление дыханию. Очищенный воздух из дыхательного мешка вновь проходит через зазоры между пластинами регенеративного продукта и поступает в маску к пользователю.

Выделяющееся при работе пластин регенеративного продукта тепло отдается через стенки корпуса воздуху, находящемуся в дыхательном мешке, затем через стенку рассеивается в окружающее пространство. Избыток воздуха из дыхательного мешка сбрасывается через клапан избыточного давления. Такая конструкция обеспечивает снижение сопротивления дыханию на вдохе даже при минимальных нагрузках.

Экспериментальные образцы аппарата исследованы на испытательном стенде «Искусственные легкие» (ИЛ) на базе испытательного центра ОАО «Корпорация «Росхимзащита» в соответствии с ГОСТ Р 12.4.220–2001 [9]. Испытательный стенд ИЛ предназначен для исследования изолирующих дыхательных аппаратов с химически связанным кислородом и определения их основных технических характеристик. При проведении испытаний определяются такие параметры, как время защитного действия, сопротивление дыханию, температура воздуха, поступающего из аппарата, контролируются концентрации кислорода и углекислого газа. В таблице приведены основные характеристики аппарата, полученные в ходе эксперимента.

На рисунках 3 и 4 приведены графики изменения основных показателей: сопротивления дыханию, концентрации CO₂ и O₂, температуры. Все параметры, определяемые во время испытаний, соответствуют ГОСТ Р 12.4.220–2001 и находятся в допустимых пределах. Время защитного действия в зависимости от массы продукта может варьироваться от 15 до 35 мин [9].

Проведенные испытания показали, что предложенная конструкция изолирующего дыхательного аппарата и регенеративного патрона обеспечивает снижение сопротивления на вдохе до 5...10 мм вод. ст. Повышение сопротивления на вдохе до 10 мм вод. ст. в процессе работы аппарата обусловлено незначительным увеличением в объеме пластин регенеративного продукта.

При выдохе в аппарат сопротивление возрастает, так как дыхательный мешок расширяется, а упругая рамка с закрепленными пластинами регенеративного продукта оказывает ему противодействие.

Благодаря тому что регенеративный патрон позволяет изменять расстояние между пластинами регенеративного продукта, обеспечивается более полная его

Технические характеристики ИДА

Параметры	Экспериментальные данные	Требования по [9]
Время защитного действия, мин	26	25
Температура ГВС на вдохе, °C	52	55
Концентрация O ₂ на вдохе, %	21...91	≥ 21
Сопротивление, мм вод. ст.:		
на вдохе	10 (max)	
на выдохе	55 (max)	≤ 100

Примечание: Масса регенеративного продукта в патроне 300 г.

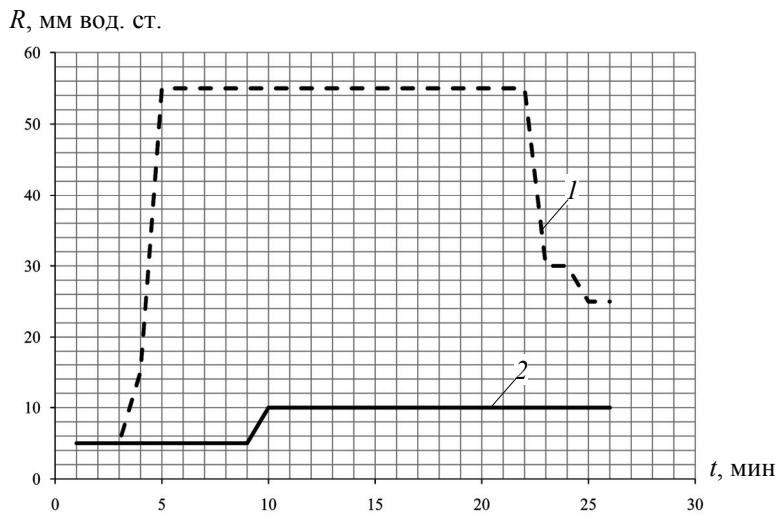


Рис. 3. Изменение сопротивления дыханию на выдохе (1) и вдохе (2) во времени

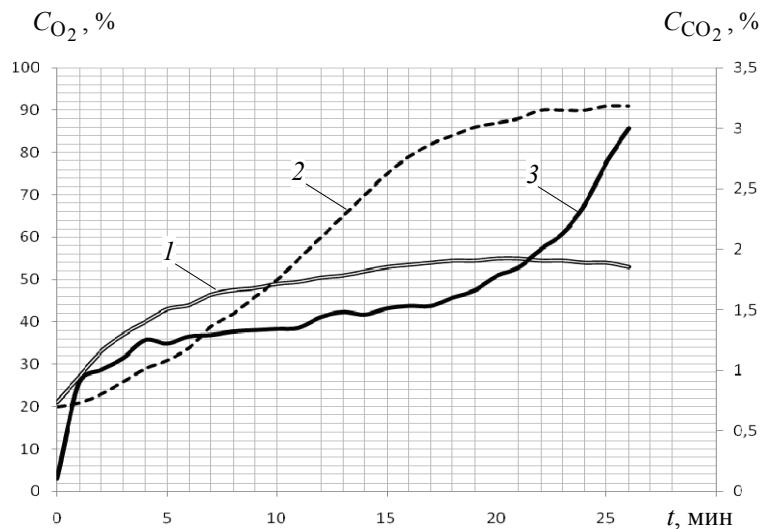


Рис. 4. Изменение температуры (1), концентраций О₂ (2) и СО₂ (3) на вдохе из аппарата во времени

отработки, что позволяет снизить массу необходимого РП. При выдохе увеличивается расстояние между пластинами РП, позволяя выдыхаемому воздуху свободно циркулировать между ними, то есть увеличивается площадь контакта с выдыхаемым воздухом. Кроме того, такой патрон имеет минимальные габариты в сложенном состоянии, так как патрон с упругой рамкой может быть плотно сжат.

Таким образом, разработанные экспериментальные образцы аппарата за счет особой конструкции регенеративного патрона обеспечивают более полную отработку регенеративного продукта (что позволяет снизить массу необходимого РП), а также уменьшить габариты аппарата при транспортировке в упаковке. Одновременно снижается сопротивление дыханию на вдохе, что уменьшает риск подсоса вредных примесей из окружающей среды.

Список литературы

1. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования : учеб. пособие / С.В. Гудков [и др.]. – М. : Машиностроение, 2008. – 188 с.
2. Ходот, В.В. Рудничные респираторы / В.В. Ходот. – М. : Углехимиздат, 1948. – 328 с.
3. Брандис, С.А. Очерки по физиологии и гигиене труда горноспасателей / С.А. Брандис. – М. : Медицина, 1970. – 231 с.
4. Разработка самоспасателя экстренной защиты гражданского населения при чрезвычайных ситуациях / С.Б. Путин [и др.] // Химическая и биологическая безопасность. – 2012. – № 1–2. – С. 90–95.
5. Пат. 2225241 Российская Федерация, МПК⁷ A 62 D 9/00. Регенеративный продукт и способ его получения / Гладышев Н.Ф., Гладышева Т.В., Глебова О.Н., Андреев В.П., Путин Б.В. ; заявитель и патентообладатель Тамб. науч.-исслед. хим. ин-т. – № 2002132800/15 ; заявл. 15.12.2002 ; опубл. 10.03.2004. – 7 с.
6. Гладышев, Н.Ф. Технология производства наноструктурированного регенеративного продукта на пористой волокнистой матрице / Н.Ф. Гладышев, Р.В. Дорохов, М.Ю. Плотников // Нанотехнологии. Экология. Производство. – 2012. – № 5(18). – С. 106–108.
7. Пат. 2428231 Российская Федерация, МПК A 62 B 7/08. Изолирующий дыхательный аппарат / Гладышев Н.Ф., Гладышева Т.В., Дорохов Р.В., Козадаев Л.Э., Путин Б.В., Путин С.Б., Симаненков Э.И., Боярко И.А., Маков А.С. ; заявитель и патентообладатель ОАО «Корпорация «Росхимзащита». – № 2010121571/12 ; заявл. 27.05.2010 ; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. – 13 с.
8. Новый подход к конструированию средств индивидуальной защиты органов дыхания / Р.В. Дорохов [и др.] // Вопр. оборонной техники. Сер. 15. Композиционные неметаллические материалы в машиностроении : науч.-техн. сб. – М., 2005. – Вып. 3(140)–4(141). – С. 45–49.
9. ГОСТ Р 12.4.220–2001. ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (самоспасатели). Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2002-07-01. – М. : Госстандарт России, 2002. – 24 с.

Self-Contained Breathing Apparatus with Variable Geometry of Regenerative Cartridge

**I.A. Boyarko^{1,3}, N.Ts. Gatapova¹, N.F. Gladyshev³, R.V. Dorokhov³,
E.I. Simanenkov³, V.P. Tarov²**

*Departments: "Technological Processes, Devices and Technosphere Safety" (1),
"Technology and Methods of Nanoproducts Manufacturing" (2), TSTU;
OAO "Corporation "Roskimzashchita", Tambov (3);
mail@roshimzaschita.ru*

Key words and phrases: potassium superoxide; regenerative cartridge; regenerative product; resistance to breathing; self-contained breathing apparatus.

Abstract: The paper describes the developed and experimentally tested self-contained breathing apparatus providing a more efficient use of regenerative product and breathing comfort by reducing the resistance to breathing on inspiration compared with that on exhalation, and excluding the air sucked in violation of sealed adjoining of respiratory isolation unit to the face.

Isolierender Atmungsapparat mit der geänderten Geometrie der regenerativen Patronen

Zusammenfassung: Es ist die Konstruktion des isolierenden Atmungsapparates, der die vollere Abarbeitung des regenerativen Produktes und die Behaglichkeit der Atmung auf Rechnung von der Verkleinerung der Widerstand der Atmung auf dem Atemzug im Vergleich zur Ausatmung gewährleistet und das Ansaugen der Luft beim Verstoß des dichten Anliegens zur Person des Knotens der Isolierung der Atmungsorganen ausschließt, entwickelt und experimental untersucht.

Appareil respiratoire isolant avec une géométrie variable du mandrin régénérateur

Résumé: Est élaborée et étudiée expérimentalement la construction d'un appareil respiratoire isolant assurant le plus complet traitement du produit régénéré ainsi que les commodités de la respiration compte tenu de la diminution de la résistance à la respiration à l'inspiration par comparaison avec l'expiration en éliminant l'entraînement de l'air environnant lors de la violation de la juxtaposition hermétique du noeud de l'isolation des organes respiratoires.

Авторы: *Боярко Илья Анатольевич* – аспирант кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»; *Гаманова Наталья Цибиковна* – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; *Гладышев Николай Федорович* – кандидат химических наук, начальник отдела химии и новых химических технологий; *Дорохов Роман Викторович* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник; *Симаненков Эдуард Ильич* – старший научный сотрудник, ОАО «Корпорация «Росхимзащита»; *Таров Владислав Петрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Промтov Максим Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».
