
ФИЛЬТРУЮЩИЕ ПОРТАТИВНЫЕ РЕСПИРАТОРЫ КАК СРЕДСТВО УМЕНЬШЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧЕЛОВЕКА ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*А.В. Коробейникова, Г.В. Подплетнева, С.Д. Колосенцев,
В.С. Астахов*

Северо-западный научно-технический центр «Портативные средства индивидуальной защиты» им. А.А. Гуняева, ЗАО, г. Санкт-Петербург

В работе обоснованы необходимость создания портативных средств защиты для применения населением в случае возникновения террористического акта или чрезвычайной ситуации техногенного характера и требования для индивидуальной защиты от ингаляционного воздействия наиболее вероятных аварийно химически опасных веществ и биологических агентов. Представлены результаты испытаний фильтрующего портативного респиратора серии АЛИНА от хлора, аммиака, органических веществ, как по отдельности, так и при совместном присутствии, а также микробиологических аэрозолей. Приведена технико-экономическая оценка создания производства фильтрующих портативных респираторов. Для обеспечения населения регионов предложено создание модульного производства фильтрующих портативных респираторов для его тиражирования в регионы.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты органов дыхания, портативный фильтрующий респиратор, фильтрующий материал, сорбционно-фильтрующий материал, сопротивление, коэффициент проникновения, коэффициент проницаемости, время защитного действия по тест-веществам, чрезвычайная ситуация, аварийно химически и биологически опасные вещества.

The study demonstrates the necessity for the development of respiratory protective devices for public protection in the case of a terrorist attack or a man-made emergency accompanied by the emission of hazardous chemical and/or biological substances. The test results for ALINA series respirators, protecting against chlorine, ammonia, organic substances both individually and combined, as well as against microbiological aerosols, are presented. A technical and economic assessment of the production of such devices has been carried out. Initiation of modular production of the respiratory protective devices for regional population protection intended for regional distribution has been suggested.

Keywords: respiratory protective devices, portable filtering respirator, filtering material, sorption-filtering material, resistance, penetration rate, permeability rate, breakthrough time for test-substances, emergency situation, emergency chemically and biologically hazardous substances.

Введение

Источниками техногенных аварий являются объекты экономики, представляющие химически, радиационно- и биологически опасные объекты. Число таких объектов в РФ превышает 10 тысяч, из которых 70% расположены в 146 городах с населением более 100 тысяч человек. Из общего числа экономических объектов более 75% представляют химически опасные объекты (ХОО). По данным контрольного управления Президента РФ в настоящий момент суммарная площадь, на которой может возникнуть очаг химического заражения в результате возможных

техногенных аварий на ХОО, составляет 300 тысяч кв. км с населением 54 млн. человек. Статистика показывает, что наибольшее число случаев гибели людей вызывают аварийно химически опасные вещества (АХОВ) хлор и аммиак. По данным МЧС сегодня в РФ насчитывается свыше 3300 ХОО, на многих из которых размещены десятки тысяч тонн сжиженного аммиака и сотни тонн сжиженного хлора. Значительные их запасы сосредоточены на объектах пищевой, мясомолочной промышленности, в холодильниках торговых баз, в жилищно-коммунальном хозяйстве. По территории России ежегодно железнодорожным транспортом перевозятся сотни

тысяч тонн сжиженных аммиака и хлора. При возникновении техногенных аварий эти вещества, обладающие токсическим действием, способны образовывать обширные зоны поражения.

Сходными с ХОО по опасности воздействия на организм человека являются биологически опасные объекты, содержащие различные микроорганизмы, в том числе возбудители инфекционных заболеваний. Отличия заключаются лишь в том, что облако зараженного воздуха формируется из болезнетворных микроорганизмов и токсических продуктов их жизнедеятельности (токсинов), которые находятся в атмосфере в аэрозольном виде. Именно через них, помимо заражения воздуха и воды, возникают чрезвычайные ситуации (ЧС) пандемического характера, то есть эпидемии. В случае террористических актов при аварии на биологически опасных объектах возможно поражение персонала и заражение населения на территории нескольких квадратных километров.

Обеспечению безопасности населения в последнее время уделяется все больше внимания: проводятся мониторинг техногенных аварий и мероприятия по их предупреждению, изменен порядок обеспечения населения средствами индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) (Приказ МЧС РФ № 993 от 21 декабря 2005 г. «Об утверждении Положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты») и т. д.

По назначению СИЗОД, которые рекомендуется использовать в условиях техногенных аварий и ЧС, можно разделить на три группы [1–7]:

- первая группа – для производственного персонала, работающего в химически опасных производствах или в непосредственной близости от них;

- вторая группа – для личного состава аварийно-спасательных формирований и войск гражданской обороны, предназначенных для ведения работ в очаге поражения;

- третья группа – для населения, проживающего на территориях, подвергаемых риску химического и биологического заражения или радиационного загрязнения атмосферы.

Защита производственного персонала осуществляется путем применения промышленных

СИЗОД фильтрующего или изолирующего типа [2, 6]. Требования отражены в системе стандартов ССБТ (Система Стандартов Безопасности Труда). Защита личного состава аварийно-спасательных невоенизированных формирований и других сил, предназначенных для выполнения работ в очагах химического и биологического поражения, а также при радиационных авариях, обеспечивается специальными СИЗОД. Требования отражены в системе стандартов БЧС (Безопасность в Чрезвычайных Ситуациях).

Основную особенность первых двух групп СИЗОД составляет высокий уровень защиты (время защитного действия – несколько часов), что обеспечивается большим объемом поглотителей и применением противоаэрозольных фильтров высокой эффективности с коэффициентом проницаемости не более 0,1%. Это приводит к увеличению массы СИЗОД (противогазов и респираторов с резиновой полумаской) от 0,350 до 2,5 кг, сопротивлению дыханию на вдохе – до 210 Па (при объемном расходе 30 л/мин). К использованию таких СИЗОД допускаются только здоровые люди.

В третью группу СИЗОД входят противогазы типа ГП-5 и ГП-7, закладываемые на резервное хранение для целей гражданской обороны. Однако эффективность оперативной защиты населения в случае ЧС и террористических актов с их помощью может оказаться очень низкой по следующим причинам. Во-первых, из-за длительного периода обеспечения ими населения, во-вторых, лицевые части СИЗОД имеют несколько (3–5) размеров. При значительном контингенте потребителей, отсутствии обученных специалистов по подгонке лицевых частей, особенно, в условиях ЧС, где пользователь должен самостоятельно привести средство защиты в рабочее положение, это может привести к большому поражению людей. Для части населения применение таких средств защиты также невозможно как по состоянию здоровья, так и с возрастом. Поэтому в настоящее время в качестве массового средства защиты органов дыхания от радиоактивных веществ, биологических соединений и АХОВ населению все еще рекомендуют применять простейшие средства защиты (ГОСТ Р БЧС 22.3.03-94). К таким средствам защиты органов дыхания относятся «противопыльные»

тканевые маски (ПТМ) и ватно-марлевые повязки (ВМП). В нормативных документах указано, что каждый человек должен иметь их по месту жительства или по месту работы и изготавливать самостоятельно. Такие изделия не имеют герметичной полосы обтюрации и поэтому эффективность их защиты по аэрозолям оценивается очень низким показателем – не более 5% [7]. Для повышения защитных свойств ВМП и ПТМ от хлора и аммиака их рекомендуется увлажнять растворами щелочей, соды или кислот. Но и в этом случае эффективность защиты остается низкой.

Несомненным преимуществом в этом случае обладают облегченные противогазоаэрозольные респираторы, выполненные в виде фильтрующих масок – фильтрующие портативные респираторы (ФПР). Малая масса (12–60 г), низкое сопротивление дыханию (60–100 Па) и простота в применении позволят их иметь при себе и пользоваться практически без ограничений всему контингенту населения, включая детей, больных, пожилых и ослабленных людей [8–14]. Поэтому тематика настоящей работы – разработка ФПР для защиты населения от поражающего действия наиболее вероятных АХОВ и биологических опасных агентов при ЧС, – несомненно актуальна.

Материалы и методы исследований

При отсутствии согласованных и утвержденных требований к СИЗОД для населения за основу взяты следующие требования:

- 1) соответствие СИЗОД физиологическим возможностям человека;
- 2) соответствие СИЗОД антропометрическим данным человека по размеру лицевой части;
- 3) обеспечение защитной эффективности по биологическим агентам (БА), АХОВ и аэрозолям.

Первый критерий диктует эргономические показатели СИЗОД, ограничивающие степень его возможного влияния на здоровье, функциональное состояние и работоспособность человека, к которым относятся нормативы по величине аэродинамического сопротивления, содержанию углекислого газа во вдыхаемом воздухе, ограничению поля зрения, слуха, речевого общения,

давления лицевой части на голову. По этим показателям фильтрующие облегченные респираторы в виде фильтрующих полумасок имеют несомненные преимущества по сравнению с противогазами и фильтрующими респираторами с лицевой частью из изолирующих материалов [2, 6]. Поэтому для оценки изделия выбран основной показатель – норматив по сопротивлению респиратора. В соответствии с ГОСТ Р 12.4.191-99 сопротивление при скорости воздушного потока 30 дм³/мин не должно превышать 100 Па.

Для обеспечения герметичности по линии обтюрации и соответствия лицевой части СИЗОД антропометрическим данным человека размер полумаски должен быть универсальным. В этом смысле фильтрующие облегченные неформованные маски или полумаски, не имеющие жесткого или полужесткого каркаса, имеют несомненные преимущества перед другими фильтрующими респираторами.

Основная задача применения СИЗОД заключается в обеспечении человека воздухом, пригодным для дыхания. Главной характеристикой любого СИЗОД является защитная эффективность, которая определяет долю веществ, задерживаемую средством защиты. Оценка защитной эффективности (Э) противоаэрозольных СИЗОД производится по коэффициенту проникновения ($K_{пр}$) тест-аэрозолей, определяемому в лабораторных условиях при стандартных условиях испытаний: $Э = 100 - K_{пр}$, где $K_{пр}$ – это показатель, определяющий долю тест-аэрозоля, прошедшего через СИЗОД. Коэффициент проникновения для класса защиты FFP3 должен быть менее 2% (ГОСТ Р 12.4.191-99).

Защитная эффективность противогазовых СИЗОД оценивается временем защитного действия по стандартным тест-веществам или парам и газам тех веществ, для защиты от которых предназначено СИЗОД. Для оценки защиты от органических веществ используется циклогексан, бензол, от основных газов – аммиак, от кислых – диоксид серы, неорганических – хлор, сероводород, циановодород и др. (ГОСТ Р 12.4.193-99).

На основании анализа существующих нормативных требований к СИЗОД, прогноза развития ЧС [15] для разработки были приняты следующие требования к ФПР (табл. 1).

Таблица 1. Основные требования к портативным СИЗОД

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Класс защиты респиратора по аэрозолям	FFP3 (ГОСТ Р 12.4.191-99)
2	Коэффициент проникания, %, не более	2
3	Коэффициент проницаемости, %, не более	1
4	Начальное сопротивление воздушному потоку, Па, не более: – на вдохе при расходе 30 л/мин	100
5	Время защитного действия, определенное по тест-веществам, мин, не менее: – циклогексан ($C_{исх} = 400 \text{ мг/м}^3$) – аммиак ($C_{исх} = 100 \text{ мг/м}^3$) – хлор ($C_{исх} = 30 \text{ мг/м}^3$)	20 20 20
6	Количество размеров полумаски	Размер универсальный
7	Масса респиратора, г, не более	100
8	Ограничение поля зрения, %	20
9	Объемная доля диоксида углерода во вдыхаемом воздухе, %, не более	1,0

Анализ свойств [2], тенденций развития [8] и конструктивных особенностей облегченных респираторов [9, 10] показал, что в качестве базовых конструктивных вариантов ФПР могут быть использованы 2 варианта – противоаэрозольный респиратор РОС [16] и респиратор «АЛИНА®-200АВК» [17].

Противогазоаэрозольный респиратор РОС создан в 2006 году на базе конструкции У-2К. Он предлагается для защиты органов дыхания различных категорий населения (школьники старшего возраста, взрослое трудоспособное население, пенсионеры), производственного персонала промышленных предприятий, работников структур и формирований ГО и ЧС от радиоактивной пыли, газовой фазы радионуклидов и паров АХОВ.

Существенные недостатки данного респиратора состоят в следующем: 1) РОС имеет высокое сопротивление дыханию, на вдохе – 120 Па (при расходе 30 дм³/мин), что не соответствует установленному нормативу для облегченных СИЗОД, 2) он не имеет универсального размера полумаски (изготавливается трех размеров: 1, 2, 3), 3) требует индивидуального подбора для обеспечения герметичности по полсе обтюрации.

При использовании СИЗОД с сопротивлением более 100 Па должны быть установлены

режимы труда и отдыха в соответствии с рекомендациями [18]. В дополнение к сказанному в настоящее время респиратор РОС серийно не выпускается.

Респиратор «АЛИНА®-200АВК» (далее АЛИНА) разработан в 2004 году [11], имеет универсальный размер, обладает низким сопротивлением дыханию (около 60 Па) [17]. Ограничение поля зрения в данной конструкции не более 12%, объемная доля диоксида углерода во вдыхаемом воздухе не более 1% [6]. В настоящее время серийно выпускается и используется для обеспечения школьников, вместо ВМП.

Таким образом, респиратор серии АЛИНА по основным эргономическим показателям выгодно отличается от респиратора РОС и на этом основании принят за основу для разработки ФПР.

Респиратор данной конструкции представляет собой (см. рис. 1) неформованную фильтрующую полумаску, корпус которой выполнен из волокнистых материалов разного назначения. Для создания корпуса полумаски использована следующая компоновка материалов (рис. 2): вдыхаемый пользователем поток воздуха последовательно проходит через слой 1 – фильтрующий материал, задерживающий аэрозоли, затем через слой 2 из сорбционно-фильтрующего материала (СФМ), осуществляющий адсорбцию/

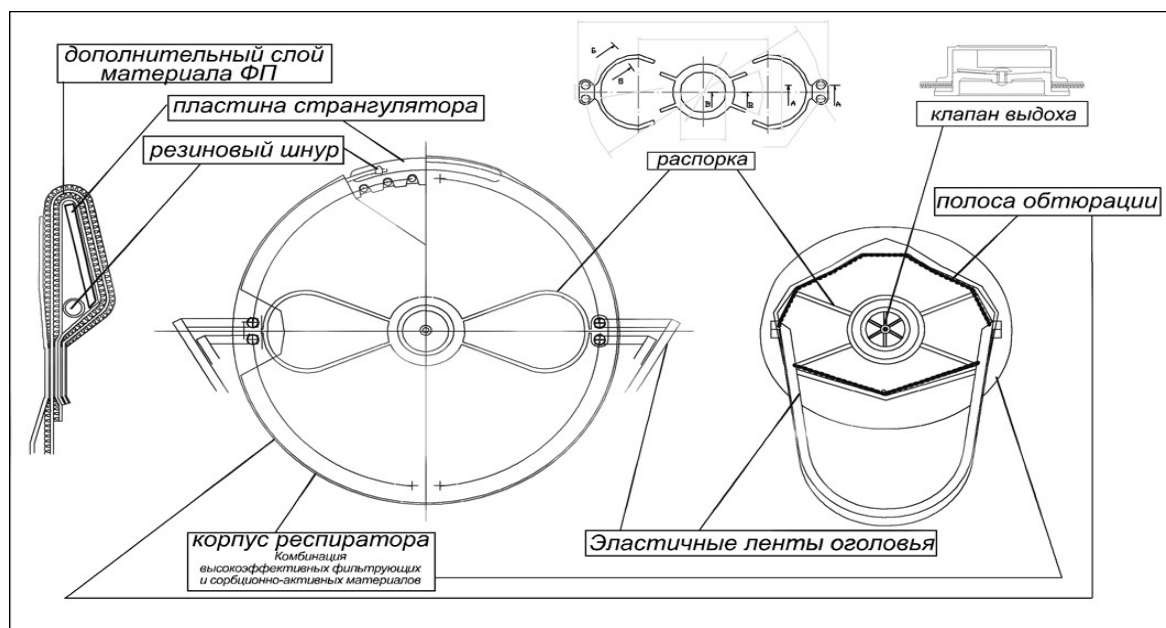


Рис. 1. Конструкция респиратора АЛИНА

хемосорбцию газов и паров, затеем через слой 3, задерживающий частицы из слоя 2 и выполняющий окончательную фильтрацию аэрозолей, и поступает к органам дыхания пользователя. Респиратор снабжен оголовьем, пластмассовой фигурной распоркой, полосой обтюрации, странгулятором из резинового шнура и гибкой металлической пластинки и клапаном выдоха (или без него). Такая конструкция позволяет производить респираторы разного назначения как противоаэрозольные, так и противогазоаэрозольные.

Цель доработки респиратора АЛИНА для решения поставленной задачи – создание ФПР для снижения риска поражения населения АХОВ и БА в условиях чрезвычайных ситуаций, состояла в разработке высокоэффективных СФМ по целевым компонентам – хлор, аммиак и БА, – с минимальным сопротивлением при

толщине, допустимой для применения в конструкции полумаски.

Анализ свойств существующих на рынке серийно выпускаемых волокнистых фильтрующих материалов ФПП, применяемых для изготовления отечественных противоаэрозольных респираторов, а также изучение их свойств показали, что данные материалы стабильно не обеспечивают высшего класса защиты по аэрозолям FFP3 по ГОСТ Р 12.4.191-99 [19]. Для обеспечения необходимых свойств ФПР в качестве фильтрующих материалов выбраны фильтрующие материалы типа ФП других марок с улучшенными защитными свойствами [6, 20].

Для создания новых СФМ использовали принцип сложения защитных свойств сорбентов и поглотителей и волокнистых сорбционно-активных материалов [21, 22], путем аэродинамического введения диспергаторов сорбентов и поглотителей с размером частиц до 100 мкм в структуру волокнистого материала [23]. Такой способ формирования СФМ позволяет, с одной стороны, повышать сорбционную емкость СФМ по одному конкретному веществу, а с другой – позволяет расширить защитные свойства по отношению к веществам различной природы.

В настоящей работе в качестве адсорбента был выбран активированный уголь AR1 (АУ) с объемом микропор 0,54 см³/г. Он же был ис-

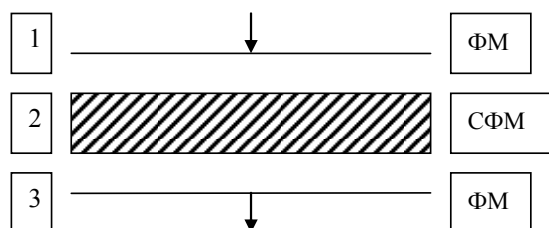


Рис. 2. Композиционный состав корпуса респиратора

пользован как носитель при получении импрегнированных химпоглотителей и ингибитора роста бактерий. В качестве волокнистой основы при формировании СФМ использовали волокнистые углеродные материалы (АУВ): Карбон-В-актив, АНМ-2, ионообменные материалы: ВИОН, МИОН и материал ФНМ.

Химпоглотители различного назначения получали путем пропитки АУ химическими соединениями, взаимодействующими с аммиаком и хлором. На основе анализа состава импортных и штатных поглотителей [24] с учетом наибольшей эффективности их работы в СИЗОД [3, 4] были выбраны следующие соединения для синтеза поглотителей: для поглощения аммиака NiCl_2 и $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (лимонная кислота), для поглощения хлора – K_2CO_3 .

В качестве ингибитора использовался уголь АР1, импрегнированный наночастицами серебра. Наносеребро, как известно, обладает не только бактериостатическими, но и бактерицидными свойствами [25, 26].

Экспериментальные исследования полученных СФМ и ФПР на их основе проводились в соответствии с программами и методами исследований по ГОСТ 2.106-96. Фильтрующие, сорбционно-фильтрующие волокнистые материалы и ФПР испытывали с применением стандартных методик, принятых при испытаниях СИЗОД.

Поверхностную плотность активных добавок (АД) вводимых в фильтрующий материал оценивали по привесу материала до и после процедуры введения на единицу площади СФМ ($\text{мг}/\text{см}^2$).

Сопротивление ФПР определяли по методике ГОСТ 10188-76 при скорости воздушного потока $30 \text{ дм}^3/\text{мин}$.

Время защитного действия определяли в динамических условиях по модельным веществам по ГОСТ 12.4.158-85 (бензол) и ГОСТ Р 12.4.193-99 (хлор, аммиак, циклогексан) при скорости воздушного потока $30 \text{ дм}^3/\text{мин}$, влажности 50–70%, температуре 20°C и концентрациях, отвечающих целям испытаний. Проскоковые концентрации составляли по аммиаку – 20, хлору – 1, бензолу – 5, циклогексану – $80 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Коэффициент проницаемости определяли по стандартному тест-аэрозолю масляного тумана при $30 \text{ дм}^3/\text{мин}$ по ГОСТ 12.4.028-76.

Коэффициент проникания оценивали по хлориду натрия на испытателях по ГОСТ Р 12.4.191-99.

Оценку проницаемости микроорганизмами материалов полумаски производили в статике по ГОСТ 12.4.136-84. В качестве тест-микроорганизмов использовался тест-штамм *S. aureus* 6538 при нагрузке $10^7 \text{ КОЕ}/\text{см}^2$. Проницаемость микроорганизмами определяется по формуле: $\text{ПР} = \text{М} / \text{Мк} (\times 100\%)$, где М – среднее арифметическое количество колоний выросших микроорганизмов на испытываемом материале через 24 часа при температуре $(37 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, Мк – среднее арифметическое количество колоний выросших микроорганизмов на контрольном материале при тех же условиях.

Обеззараживание образцов респираторов проводили ультрафиолетовым излучением с длиной волны короче 280 нм (используется для обработки помещений в медицинских учреждениях). Образцы обрабатывались в течение 8, 16 и 24 часов.

Оценку влияния условий обеззараживающей обработки на защитные свойства респиратора проводили по результатам определения коэффициента проницаемости масляного тумана через ФПР после каждого цикла обработки в сравнении с исходными образцами.

Результаты и обсуждение

Для обеспечения необходимых параметров СФМ и изделия в целом были изучены различные сочетания и соотношение компонентов в системе: волокнистый материал – сорбент/поглотитель/ингибитор. Во всех случаях в начале изучалась зависимость сопротивления ФПР от поверхностной плотности АД. После выбора оптимального состава по сопротивлению определяли время защитного действия СФМ и ФПР по тест-газам.

Марки и выбранные составы компонентов для новых СФМ приведены в табл. 2.

Результаты испытаний различных марок СФМ и ФПР на их основе приведены в табл. 3–5.

Как видно из табл. 3, различные образцы СФМ-АР имеют разное время защитного действия по бензолу. Наиболее приемлемым для изготовления ФПР-АР оказались материалы марок

Таблица 2. Марка и состав СФМ

Обозначение	Основа	Поглотители
СФМ АР(1)	АНМ-2 (ТУ 1916-232-04838763-04)	AR1+K ₂ CO ₃ (ГОСТ 4221-76)
СФМ АР(2)	Карбопон-В-Актив (ТУ РБ 400031289.104-00)	AR1+K ₂ CO ₃ (ГОСТ 4221-76)
СФМ АР(3)	ВИОН (Na-форма) (ТУ 2272-112-17277875-2003)	AR1
СФМ АР(4)	АНМ-2 (ТУ 1916-232-04838763-04)	AR1
СФМ АКР(1)	МИОН (ТУ РФ 839700-002-72811069-2005)	AR1+K ₂ CO ₃ (ГОСТ 4221-76)
СФМ АКР(2)	МИОН (ТУ РФ 839700-002-72811069-2005)	AR1
СФМ АКР(3)	ВИОН (H-форма) (ТУ 2272-112-17277875-2003)	AR1+K ₂ CO ₃ (ГОСТ 4221-76)
СФМ АКР(4)	АНМ-2 (ТУ 1916-232-04838763-04)	AR1+NiCl ₂ (ГОСТ 4038-79)
СФМ КР(1)	МИОН (ТУ РФ 839700-002-72811069-2005)	AR1+NiCl ₂ (ГОСТ 4038-79)
СФМ КР(1)	МИОН (ТУ РФ 839700-002-72811069-2005)	AR1+C ₆ H ₈ O ₇ (ГОСТ 3652-69)
СФМ КР(3)	ВИОН (H-форма) (ТУ 2272-112-17277875-2003)	
СФМ БР	ФНМ (ТУ ЕЕ SK 10548294 TS 01:2004)	AR1+наносеребро

Таблица 3. Результаты испытаний СФМ-АР и ФПР-АР

Марка СФМ в респираторе	Поверхностная плотность АД, мг/см ²	Сопротив- ление ФПР, Па	Время защитного действия, мин по тест-веществам при концентрации, мг/м ³		
			СФМ по бензолу C _{исх} =250	ФПР по хлору C _{исх} =100	ФПР по циклогексану C _{исх} =400
СФМ-АР(1)	14,4	84	55	74	84
СФМ-АР(2)	10,3	99	30	—	—
СФМ-АР(3)	18,5	65	13	—	—
СФМ-АР(4)	11,1	94	56	82	89

СФМ-АР(1) и СФМ-АР(4). ФПР-АР с применением указанных составов имеют допустимые значения по сопротивлению (84–94 Па) и близкие значения по времени защитного действия как по циклогексану, так и по хлору. Таким образом, ФПР-АР с СФМ-АР(4) и СФМ-АР(1) могут быть рекомендованы для защиты от аэрозолей, хлора и органических паров. Они могут ис-

пользоваться неподготовленным населением, проживающем в городских районах, расположенных вблизи химически опасных объектов с хлором, а также сотрудниками предприятий, расположенных вблизи хранилищ хлора, при превышении ПДКа.в. в атмосферном воздухе (для хлора максимальная разовая концентрация

Таблица 4. Результаты испытаний СФМ-АКР и ФПР-АКР

Марка СФМ в респираторе	Поверх- ностная плотность АД, мг/см ²	Сопротив- ление ФПР, Па	Время защитного действия, мин по тест-веществам при концентрации, мг/м ³			
			СФМ бензол С _{исх} =250	ФПР аммиак С _{исх} =100	ФПР хлор С _{исх} =100	ФПР циклогексан С _{исх} =400
СФМ-АКР(1)	16,0	66	9	7	–	–
СФМ-АКР(2)	17,0	74	22	40	73	68
СФМ-АКР(3)	17,7	63	13	5	–	–
СФМ-АКР(4)	10,3	92	57	94	38	65

Таблица 5. Результаты испытаний СФМ-КР и ФПР-КР

Марка СФМ в респираторе	Поверх- ностная плотность АД, мг/см ²	Сопротив- ление ФПР, Па	Время защитного действия, мин по тест-газам при концентрации, мг/м ³	
			СФМ бензол С _{исх} =250	ФПР аммиак С _{исх} =100
СФМ-КР(1)	16,5	75	25	81
СФМ-КР(2)	16,9	74	25	51
СФМ-КР(3)	17,7	70	23	7

0,1 мг/м³), в местах непостоянного пребывания в случае теракта.

Наиболее оптимальным для получения респираторов марки ФПР-АКР является материал СФМ-АКР(2). При сопротивлении 74 Па образцы респираторов на его основе обладают большим временем защитного действия по хлору и циклогексану, чем респираторы на основе СФМ-АКР(4), при сохранении достаточно высоких защитных свойств по аммиаку. Таким образом, респираторы ФПР-АКР с СФМ-АКР(2) могут быть рекомендованы для комплексной защиты от аэрозолей, хлора, органических паров и аммиака. Они могут использоваться неподготовленным населением при возникновении ЧС или теракта в местах непостоянного пребывания (театры, гостиницы, магазины, стадионы, торгово-развлекательные комплексы, общественный транспорт, вокзалы, аэропорты и т. д.) при превышении ПДКа.в.

Из табл. 5 видно, что лучшими показателями по сопротивлению (до 75 Па) и времени защитного действия по аммиаку обладает респиратор ФПР-КР на основе СФМ-КР(1). ФПР-КР с СФМ-КР(1) может быть рекомендован для защиты от аэрозолей и аммиака. Респираторы ФПР-КР могут использоваться населением, про-

живающим вблизи предприятий, в технологическом процессе которых используется аммиак, а также сотрудниками этих предприятий при превышении ПДКа.в. [27] (максимальная разовая концентрация аммиака – 0,2 мг/м³).

При разработке материала СФМ-БР – ингибитора микробиологических аэрозолей учитывались свойства биологических агентов. Поскольку «микробы» имеют размеры, как и небиологические аэрозоли (пыль, дым, туман) [28], то основным способом защиты от них является способ фильтрации. Биологические частицы являются живыми организмами, имеют генетическую способность как к размножению, так и к движению. Поэтому высока вероятность их появления на внутренней поверхности фильтра со временем. Скоростью разрастания колоний и перемещения биологических частиц к лицу пользователя будет определяться срок использования средства защиты: одноразовый или многоразовый.

Для повышения срока использования ФПР, предназначенного для защиты от биологических агентов, необходимо затормозить рост и подвижность БА. Это может быть достигнуто способом ингибирования жизнедеятельности БА при контакте с СФМ, содержащим диспергиро-

ванный активированный уголь, импрегнированный наночастицами серебра, а также способом периодической обеззараживающей обработки респираторов ультрафиолетовым облучением.

По результатам испытаний установлено, что проницаемость микроорганизмов через материал полумаски, содержащей СФМ-Б, через 24 часа выдерживания при температуре $(37 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ составляет менее 1% и материал такой полумаски по ГОСТ 12.4.175-88 относится к 1 (вышей) группе защиты. ФПР-Р на основе СФМ-БР может применяться при количестве колониеобразующих микроорганизмов свыше 100 тыс./м³ в течение трех смен, то есть использоваться неоднократно.

Для повышения надежности защиты ФПР-Р при работе с особо опасными БА, на наш взгляд, необходимо сочетание способов ингибирования роста бактерий с обработкой ФПР ультрафиолетом. В настоящее время влияние ультрафиолета на изменение защитных свойств фильтрующих материалов (из-за возможного изменения структуры, потери электростатического заряда и т. д.) не исследовано. С целью изучения влияния облучения на защитные свойства материалов кор-

пуса производилась обработка ФПР-Р ультрафиолетом в течение 8, 16 и 24 часов с последующей оценкой его защитных свойств по масляному туману и микробиологическим аэрозолям. Результаты испытаний показали, что обработка ультрафиолетом за указанное время не снижает защитные свойства ФПР-Р. Коэффициенты проницаемости по масляному туману и микробиологическим аэрозолям оставались в пределах требуемых нормативов для данного класса защиты и составляли менее 1%, что говорит также о том, что ФПР-Р можно использовать неоднократно.

Респираторы ФПР-Р, защищающие от микробиологических аэрозолей при ожидаемой концентрации микроорганизмов в воздухе выше 100 тыс./м³, могут использоваться много раз при обработке ультрафиолетовым облучением.

Таким образом, полученные результаты исследований показали, что новые СФМ могут быть использованы для создания ФПР. На основе их были изготовлены и испытаны опытные образцы ФПР на соответствие разработанным требованиям (см. табл. 1). Результаты испытаний опытных образцов респираторов приведены в табл. 6.

Таблица 6. Результаты испытаний опытных образцов респираторов ФПР

Показатели	Марки ФПР				Соответствие табл. 1
	ФПР-АР	ФПР-АКР	ФПР-КР	ФПР-Р	
Коэффициент проникания, %, не более	0,7–1,2	0,8–1,6	0,6–1,3	0,5–1,1	соответствует FFP3
Коэффициент проницаемости при расходе 30 л/мин, %, не более	0,01	0,01	0,01	0,01	соответствует
Начальное сопротивление воздушному потоку на входе при 30 л/мин, Па, не более	84	74	75	80	соответствует
Время защитного действия по тест-веществам, мин, не менее :					
– циклогексан ($C_{\text{исх}} = 400 \text{ мг/м}^3$)	84	68	–	–	соответствует
– аммиак ($C_{\text{исх}} = 100 \text{ мг/м}^3$)	–	40	81	–	
– хлор ($C_{\text{исх}} = 30 \text{ мг/м}^3$)	74	73	–	–	
Количество размеров полумаски	универсальный	универсальный	универсальный	универсальный	соответствует
Масса респиратора, г, не более	25	30	25	25	соответствует

Как видно из табл. 6, по эргономическим показателям разработанные ФПР соответствуют требованиям к портативным СИЗОД. По времени защитного действия ФПР обеспечивают защиту более 20 мин и могут быть рекомендованы для серийного производства.

Предварительные технико-экономические расчеты производства ФПР показали, что себестоимость ФПР (в ценах 2009 года) в зависимости от марки ФПР составит 29–75 рублей, затраты на организацию производства ФПР производительностью 1 миллион респираторов в год (по данным аналогичного производства респиратора «АЛИНА®-200АВК») составляют около 10 миллионов рублей.

Срок окупаемости составит 2,5–3 года. Произведенные технико-экономические расчеты подтверждают конкурентоспособность разработанных ФПР на отечественном рынке и инвестиционную привлекательность для развития их производства. Для реализации данного проекта ведется разработка типового модульного производства респираторов с целью его тиражирования в регионы. Это позволит в случае возникновения ЧС быстрее решить проблему обеспечения химической, биологической и радиационной безопасности населения на региональном (местном, объектовом) уровне.

Выводы

1. Экспериментальные исследования показали возможность создания портативных СИЗОД, отвечающих требованиям защиты населения от АХОВ и БА в условиях чрезвычайных ситуаций. Предложенная конструкция ФПР на основании респиратора серии АЛИНА приемлема для применения неподготовленным и необученным населением, имеет универсальный размер полумаски, сопротивление ниже физиологически допустимой нормы. По защите от аэрозолей относится к высшему классу защиты FFP3.

2. Защитные свойства ФПР целевого назначения: ФПР-АКР/ФПР-АР/ФПР-КР/ФПР-Р обеспечивают снижение риска опасного воздействия на организм человека аммиака и хлора/хлора/аммиака/биологических агентов, соответственно, в течение реального промежутка времени (0,5–1,3 часа).

3. Снабжение населения ФПР на случай возникновения чрезвычайных ситуаций для защиты от АХОВ и БА требует организационных мероприятий по их рекламе и внедрению. Для оперативного обеспечения населения портативными средствами защиты предполагается создание в регионах типовых модульных производств ФПР с объемом выпуска 5 млн. шт./год.

Список литературы

1. Грачев В.А. Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): Справочник / В.А. Грачев, С.В. Собоурь; под ред. д.т.н., профессора Е.А. Мешалкина. – М.: Академия ГПС, 2003. – 232 с.
2. Басманов П.И., Каминский С.Л., Коробейникова А.В., Трубицына М.Е. СИЗОД. Справочное руководство / Под общ. ред. С.Л. Каминского. – СПб.: ГИПП «Искусство России», 2002. – 400 с.
3. Олонцев В.Ф. Противогаз: наука и технологии. – Пермь: Пермский ЦНТИ, 2003 с. – 310 с.
4. Кошелев В.И. Просто о непростом в применении средств защиты дыхания / В.Е. Кошелев, В.И. Тарасов. – Пермь: Агенство «Стиль-МГ», 2007. – 280 с.
5. Босняцкий Г.П. и др. Защита персонала и населения от токсичных газов на объектах газовой промышленности / Г.П. Босняцкий, В.М. Рогальский, Н.С. Белов. – М.: Газ-Ойл-Пресс-Сервис, 1994. – 111 с.
6. Лепесток (Легкие респираторы) / И.В. Петрянов, В.С. Кошечев, П.И. Басманов, С.Н. Шатский и др. – М.: Наука, 1984. – 213 с.
7. Борчук Н.И. Медицина экстремальных ситуаций. – Минск: Высшая школа, 1998. – 240 с.
8. Коробейникова А.В. Тенденции в создании легких респираторов / А.В. Коробейникова, С.Н. Шатский, М.Е. Трубицына, Ю.Л. Евдокимов, С.Л. Каминский, Л.А. Миронов // Эколого-гигиенические проблемы сохранения здоровья населения: Материалы научно-практической конференции. – Нижний Новгород, 1999. – 516 с.
9. Коробейникова А.В. Применение облегченных респираторов в быту и на производстве / А.В. Коробейникова, Г.В. Подплетнева, В.С. Астахов // Проблемы гигиенической безопасности и управления факторами риска для здоровья населения: Материалы научно-практической конференции, вып. 14; под ред. А.И. Потапова. – Нижний Новгород, 2004. – 397 с.
10. Коробейникова А.В. Ватно-марлевые повязки и противопылевые маски. Что взамен? / А.В. Коробейникова, С.Н. Шатский, В.С. Астахов // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. – 2001. – № 4 (12). – С. 36–37; Безопас. и охрана труда. – 2002. – № 2. – С. 45–46.

11. Коробейникова А.В. / Респиратор АЛИНА 200 АВК, как портативное средство защиты для использования при ЧС / А.В. Коробейникова, В.С. Астахов // Трансп. безопас. и технологии. – 2004. – № 1. – С. 152.
12. Астахов В.С. Респираторы серии АЛИНА для защиты в условиях чрезвычайных ситуаций / В.С. Астахов, А.В. Коробейникова, Г.В. Подплетнева // Микробиологические проблемы противолучевой и противохимической защиты: Сб. тезисов Российской научной конференции. – СПб, 2004. – С. 396–397.
13. Астахов В.С. Облегченные средства защиты от ингаляционного воздействия вредных факторов / В.С. Астахов, А.В. Коробейникова, Г.В. Подплетнева // Флагман безопасности. – 2004. – Февраль. – С. 24.
14. Подплетнева Г.В. Новые подходы по защите населения в условиях ЧС техногенного характера и террористических проявлений в условиях мегаполиса / Г.В. Подплетнева, В.С. Астахов, А.В. Коробейникова // Новое поколение систем жизнеобеспечения и защиты человека в чрезвычайных ситуациях техногенного и природного характера: Сб. трудов российской науч. конференции. Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2006. – С. 111–115.
15. РД.52.04.253-90 Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. – Введ. 01.07.1990. – СПб.: Гидрометеониздат, 2000.
16. Респиратор облегченный сорбционный РОС [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.protivogaz.ru/products/product.php?id=932>.
17. Разработка портативного средства индивидуальной защиты органов дыхания (сизод) для снижения риска воздействия на человека химических/биологических факторов при техногенных авариях и террористических актах. Рекламно-техническое описание: отчет о НИР: Научный рук. канд. хим. наук Коробейникова А.В., ответственный исполнитель Подплетнева Г.В. – СПб., 2008. – 19 с. – Гос. Рег. № 01.2.006 14779.
18. Каминский С.Л., Коробейникова А.В. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Выбор, применение, режим труда. Методические рекомендации. – СПб.: «Крисмас+», 1999. – 96 с.
19. Коробейникова А.В. Испытания респираторов из материалов ФПП по парафиновому маслу и хлориду натрия // Шестые Петряновские чтения. Москва, 19–21 июня 2007 г.: Сборник тезисов докладов. – М.: МГИУ, 2007. – С. 54–57; Каминский, С.Л., Коробейникова, А.В. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Выбор, применение, режим труда. Методические рекомендации. – СПб.: «Крисмас+», 1999. – 96 с.
20. Дружинин Э.А. Производство и свойства фильтрующих материалов Петрянова из ультратонких полимерных волокон // Шестые Петряновские чтения. Москва, 19–21 июня 2007 г.: Сборник тезисов докладов. – М.: МГИУ, 2007. – С. 37–38.
21. Коробейникова А.В. Композиционные сорбционно-фильтрующие материалы для производства облегченных респираторов / А.В. Коробейникова, В.С. Астахов, Г.В. Подплетнева // Новое поколение систем жизнеобеспечения и защиты человека в чрезвычайных ситуациях техногенного и природного характера // (К 145-летию со дня рождения академика Н.Д. Зелинского, изобретателя угольного противогаза): Сб. трудов российской науч. конф. Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2006. – С. 138–148.
22. Пат. на полезную модель 36238 Российская Федерация. Сорбирующий фильтр / Коробейникова А.В., Кривошеков А.П., Астахов В.С., Астахов А.М.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Севзаппромэнерго». – № 2003128139/20; заявл. 2003.09.12; опубл. 2004.03.10. – 2 с.: ил.
23. Пат. на изобретение 2251440 Российская Федерация, МПК А62В23/02, А62В7/10. Способ наполнения фильтрующего материала тонкоизмельченным сорбентом и устройство для его изготовления / Кривошеков А.П., Коробейникова А.В., Астахов В.С., Астахов А.М.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Северо-Западный научно-технический центр «Портативные средства индивидуальной защиты» им. А.А. Гуняева». – № 2003128340; заявл. 12.09.2003; опубл. 2005.05.10.
24. Мухин В.М., Чебыкин В.В., Галкин Е.А., Васильев Н.П., Медняк В.С., Тамамьян А.Н. Активные угли. Эластичные сорбенты. Катализаторы, осушители и химические поглотители на их основе: Каталог / Под общ. ред. В.М. Мухина. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 280 с.+Прил. (8 с.).
25. Зими́на Татьяна. «Наносеребро «святое» обычного» [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.nkj.ru/news/6124/>.
26. «Золотая Формула» – победитель Всероссийского конкурса на лучшие системы водоочистки [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.nanosorbent.ru/>.
27. ГН 2.1.6.695-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
28. Виды и основные свойства возбудителей болезней [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.rhbz.info>.