

УДК 614.894

ОЦЕНКА ЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ В ЗОНЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Тихонов М.М.*, к.т.н., Пармон В.В.*, к.т.н., Бойничев О.Н.***, Рябцев В.Н.*

*Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

**Республиканский отряд специального назначения МЧС Республики Беларусь

e-mail: timax1978@gmail.com, niipb@yahoo.com

Рассмотрены средства индивидуальной защиты органов дыхания, свойства их фильтрующих элементов, характеристика, принцип действия. Осуществлен эксперимент по исследованию защитных свойств фильтра противогАЗа 3М 6035 Р3 в условиях, имитирующих работу спасателей МЧС на территории радиоактивного загрязнения, был определен коэффициент проницаемости тест-аэрозоля через противоаэрозольный фильтр 3М 6035 Р3. Разработана универсальная установка для проверки защитной эффективности фильтрующих материалов на соответствие требованиям стандартов Республики Беларусь в целях последующего использования ее в службе химической и радиационной защиты МЧС.

Considered personal respiratory protective properties of the filter elements, characteristics, mode of operation. Carried out an experiment to study the protective properties of the filter mask 3M 6035 R3 in simulated rescue officers work in the territory of radioactive contamination was determined permeability test aerosol through the filter of 3M 6035 R3. The universal system for testing the effectiveness of protective filter materials for compliance with the standards of the Republic of Belarus in order to later use it in the service of chemical and radiation protection MOE.

(Поступила в редакцию 20 ноября 2014 г.)

Введение. Под защитной эффективностью понимается способность фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (далее - СИЗОД) задерживать вредные вещества в виде аэрозолей, паров и газов при тех или иных условиях. Оценка защитной эффективности СИЗОД проводится в испытательной лаборатории, после чего может быть проведена в рабочих условиях. Как показала практика, защитная эффективность в процессе эксплуатации значительно ниже данных, получаемых в лабораторных условиях [1-4]. Данная ситуация вызвала необходимость совершенствования методов оценки защитной эффективности в лабораторных условиях, что послужило одной из причин введения новых стандартов.

Аэрозоли могут быть в виде пыли, туманов или дымов. Аэрозольная пыль образуется в процессе разрушения твердых материалов, при рассеивании в воздухе мелкого порошка или от ранее осевшей пыли. Аэрозоль [1] – это коллоидная система, состоящая из твердых и жидких частиц, которые взвешены в газовой среде. Радиоактивный аэрозоль [1, 2] – это аэрозоль, в состав дисперсной фазы которого входят радионуклиды.

К естественным радиоактивным газам относятся изотопы радона: ^{222}Rn радон, ^{220}Rn торон, ^{219}Rn актинон, образующиеся вследствие радиоактивного распада ^{238}U , ^{232}Th и ^{235}U . Они поступают в атмосферу с почвенным воздухом. При радиоактивном распаде ^{232}Rn , период полураспада которого $T_{1/2} = 3,8$ суток, образуются аэрозольные продукты распада, так как возникающие при этом химические элементы ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po относятся к металлам и не летучи при обычных условиях. Основная масса естественных радиоактивных изотопов ^7Be , ^{10}Be , ^{35}S , ^{32}P , ^{33}P , ^{22}Na , ^{14}C , ^3H , возникающих при взаимодействии космического излучения с ядрами атомов химических элементов, входящих в состав воздуха, образуется в верхних слоях атмосферы, где и отмечаются наибольшие их концентрации. Большую опасность представляют искусственные радиоактивные аэрозоли, образующиеся при ядерных взрывах, при технологических или аварийных выбросах на предприятиях атомной промышленности, на

урановых шахтах и в обогатительных цехах. Состав искусственных радиоактивных аэрозолей зависит от их происхождения и условий существования в атмосфере. Через несколько десятков секунд после взрыва они содержат около 100 различных радиоактивных изотопов, наибольшую токсическую опасность из которых представляют ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{14}C , ^{131}I . Высота заброса в атмосферу радиоактивных аэрозолей зависит от мощности и высоты ядерного взрыва, а характер их распространения от размеров частиц и от высоты заброса их в атмосферу. Наиболее крупные частицы, более 100 мкм, быстро выпадают из атмосферы, распространяясь всего на 100 км от места взрыва – локальные выпадения. Однако в случае взрывов мощных ядерных бомб, эквивалентных десяткам мегатонн тринитротолуола, они попадают в стратосферу и, прежде чем выпадут на поверхность Земли, могут пройти в атмосфере тысячи км. Туманы – это мелкие капли, формируемые в процессе перехода жидкости в дисперсное состояние, например, во время разбрызгивания или распыления. Дымы образуются в процессах испарения материалов под действием высоких температур. Пары быстро охлаждаются и конденсируются, превращаясь в очень мелкие частицы диаметром менее 1 мкм, которые свободно распространяются в воздухе. В большинстве случаев горячие частицы реагируют с воздухом и формируют оксиды [3]. Вредные вещества, находящиеся в воздухе в виде аэрозолей, могут состоять из твердых или жидких частиц, распределенных в воздухе. Аэрозольные частицы размером более 100 мкм в диаметре обычно быстро оседают под действием силы тяжести и представляют меньшую опасность, чем частицы с размером менее 100 мкм. Более мелкие частицы могут находиться в воздухе достаточно долго, чтобы проникнуть с воздухом в респираторный тракт. Чем меньше размер частиц, тем дольше они находятся в воздухе и тем больше вероятности их проникновения в органы дыхания. Частицы диаметром менее 10 мкм называются «вдыхаемыми», они способны достигать зоны газообмена в легких человека.

Фильтр, структура которого представлена в виде сети, отверстия которой меньше фильтруемых частиц называется абсолютным, главный принцип его работы основывается на просеивании аэрозольных частиц. Такие фильтрующие элементы имеют высокое сопротивление воздушному потоку и быстро забиваются, поэтому их использование не практично [3].

В последнее время для изготовления СИЗОД применяются неабсолютные фильтры. Поры таких фильтров в несколько раз больше фильтруемых частиц и большую часть объема материала фильтра занимает воздух. Материал состоит из множества волокон. Молекулярные силы достаточно сильны, чтобы удержать частицу, ударившуюся о волокно – принимая во внимание мелкие размеры аэрозольных частиц, практически любая преграда на ее пути, является «липкой».

Современные технологии позволяют создавать фильтрующие материалы, эффективность которых сравнима с абсолютными фильтрами, при очень низком показателе сопротивления воздушному потоку. Основные схемы фильтрации учитывают поведение аэрозольных частиц в воздушных потоках. При фильтрации волокно фильтра расположено перпендикулярно к движущимся воздушным потокам. Метод перехвата (рис. 1) – единственный механизм, при котором частицы не отклоняются от несущих их воздушных потоков. По мере того, как воздушные потоки приближаются к волокну, происходит их разделение и компрессия с последующим восстановлением после прохождения волокна. Если частица, движущаяся по таким воздушным потокам, приближается к поверхности волокна на расстояние ее радиуса, частица «поймана». Чем больше размер частицы, тем больше вероятность ее задержания [1].



Рисунок 1 – Схема фильтрации аэрозольных частиц методом перехвата

При резком изменении воздушного потока, частица с достаточной величиной инертности перестает следовать за воздушным потоком и ударяется в волокно (рис. 2). Инертность аэрозольной частицы зависит от ее размера, плотности, конфигурации и скорости движения.

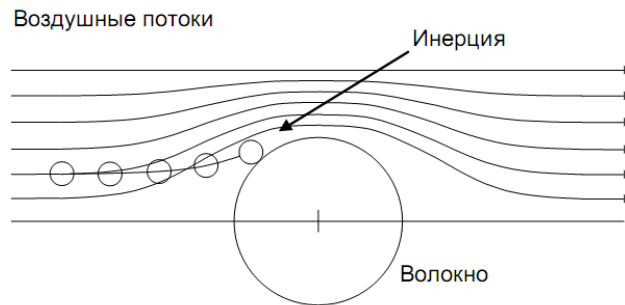


Рисунок 2 – Схема фильтрации аэрозольных частиц методом инерции

Метод рассеивания (рис. 3) работает при фильтрации мелких и легких частиц. Мелкие частицы находятся в постоянном движении и могут хаотично менять воздушные потоки. По мере приближения к волокну возрастает активность рассеивания и возрастает вероятность прикосновения к волокну.

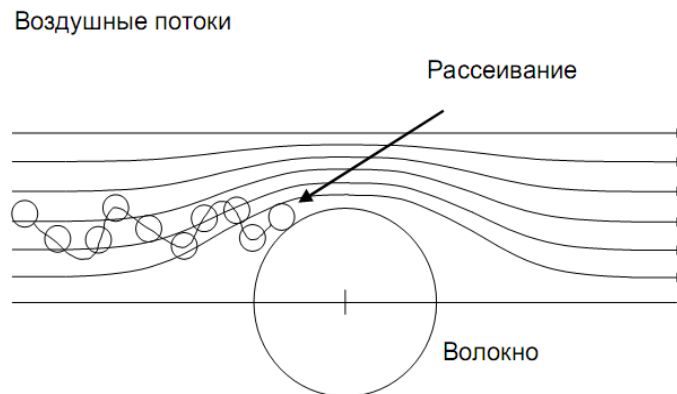


Рисунок 3 – Схема фильтрации аэрозольных частиц методом рассеивания

Описанные выше схемы присущи всем противоаэрозольным фильтрам, а фильтрующие материалы, работающие только на этих принципах, называются «механическими». Эффективность работы такого фильтра зависит от количества имеющихся волокон для улавливания аэрозольных частиц из проходящего воздуха. К сожалению, чем больше волокон в материале, тем труднее воздушному потоку пройти через них. Таким образом, высокоэффективные механические фильтры имеют высокое сопротивление воздушному потоку. Эффективность фильтрующего материала может быть увеличена с помощью применения постоянного электрического заряда волокон (рис. 4). В механических фильтрах используется энергия самих аэрозольных частиц для их фильтрации [3]. Электростатические силы заряженных волокон заставляют частицы отклоняться от их воздушных потоков и притягивают их к волокнам. Электростатический заряд позволяет использовать меньше фильтрующего материала для достижения того же уровня эффективности, что и у эквивалентного механического фильтра. Что сказывается на уровне сопротивления воздушному потоку.

Для проверки эффективности работы фильтрующего материала Европейские стандарты используют пыль хлорида натрия (поваренная соль). Проведенные испытания показывают, что при использовании хлорида натрия эффективность фильтра будет самой низкой для частиц с диаметром 0,6 мкм. Такой размер частиц имеет наибольшее значение «проникающей способности», этот показатель может слегка варьироваться при использовании других материалов [1].

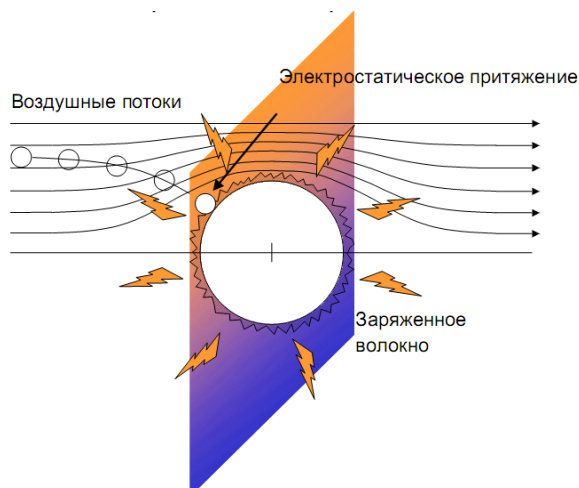


Рисунок 4 – Схема фильтрации аэрозольных частиц методом электростатического заряда

Оценка защитной эффективности противоаэрозольных СИЗОД. Защитная эффективность СИЗОД в рабочих условиях зависит от многих факторов. СИЗОД должны быть правильно выбраны по назначению, конструкции и размерам для каждого пользователя с учетом условий и характера проводимых работ, персонал должен быть обучен правилам пользования. Должен производиться контроль за применением СИЗОД и изучение тенденций заболеваемости персонала. Кроме того, даже после подтверждения высоких защитных свойств в лабораторных условиях, целесообразно и в рабочих условиях проводить испытания и анализ фактической защиты СИЗОД, особенно новых марок.

Поэтому для оценки СИЗОД в рабочих условиях используют ряд следующих методов. Для выбора лицевой части по размеру и обучения правильному применению СИЗОД можно использовать методику с применением люминесцентного аэрозоля, разработанную Нижегородским институтом гигиены труда и профпатологии. Для оценки фактической защиты пользователя СИЗОД используют также инструментальные методы измерения концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны и под маской СИЗОД у работающего. Эффективность определяют по уменьшению концентрации вредного вещества под маской [5]. При применении и постановке на производство СИЗОД используется также метод биомониторинга, основанный на обнаружении метаболитов вредных веществ, поступающих в организм человека, применяющего СИЗОД [5, 6].

Оценка защитной эффективности (далее – Э) противоаэрозольных СИЗОД в лабораторных условиях производится по коэффициенту проникания (далее – K_{np}) аэрозолей, определяемому при стандартных условиях испытаний:

$$Э = 100 - K_{np}. \quad (1)$$

Коэффициент проникания - это показатель, определяющий долю теста-аэрозоля, прошедшего через СИЗОД, при условиях, имитирующих трудовую деятельность человека. Экспериментально K_{np} определяют по измерению концентрации (далее – C) тест-аэрозоля тем или иным способом до и после объекта исследования:

$$K_{np} = C_{после} / C_{до} \times 100 \%, \quad (2)$$

где $C_{после}$ – активность аналитического аэрозольного фильтра АФА-РМ, после пропускания через него воздуха совместно с фильтром противогаса, $K_{np} \approx 0 \%$; $C_{до}$ – это активность аналитического аэрозольного фильтра после пропускания воздуха без фильтра противогаса.

Оценка противогазовых фильтров СИЗОД проводится в лабораторных условиях по времени защитного действия при стандартных условиях испытаний. В зависимости от величины коэффициента проникания и времени защитного действия СИЗОД и фильтры для СИЗОД делят на классы в соответствии с СТБ ГОСТ Р 12.4.194-2007 по эффективности и

обозначают цифрами 1, 2, 3, которые проставляются после обозначения типа СИЗОД (например, FFP3): 1 – низкая эффективность; 2 – средняя эффективность; 3 – высокая эффективность.

При характеристике СИЗОД в справочной литературе используют как коэффициент проникания, так и такое понятие как «коэффициент защиты» (далее - K_3). Эти величины связаны между собой [6-8].

Коэффициент защиты СИЗОД оценивается как по экспериментальным данным определения концентрации тест-вещества до и после объекта исследования, так и по коэффициенту проникания:

$$K_3 = C_{до} / C_{после} \times 100 \% \quad (3)$$

При определении коэффициента проникания важное значение имеют условия, при которых проводят испытания. На величину коэффициента проникания влияют как дисперсный состав аэрозоля, так и условия испытаний, то есть методика оценки.

Коэффициент защиты СИЗОД от радиоактивных веществ по ГОСТ 12.4.217-2001 должен иметь значения, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициент защиты СИЗОД от радиоактивных веществ

Вид СИЗОД	Коэффициент защиты от радиоактивных веществ, не менее
СИЗОД с фильтрующей или фильтрующе-поглощающей лицевой частью	20
СИЗОД с полумаской из изолирующих материалов	40
СИЗОД с маской или шлем-маской	1000

Коэффициент проникания тест-аэрозоля при расходе воздуха 30 дм³/мин. через фильтр (фильтрующую систему) СИЗОД по ГОСТ 12.4.217-2001 должен иметь значения, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициент проникания тест-аэрозоля через фильтр (фильтрующую систему) СИЗОД в зависимости от его комплектации

Комплектация СИЗОД	Коэффициент проникания тест-аэрозоля через фильтр (фильтрующую систему) СИЗОД, %, не менее
Противоаэрозольный фильтр (фильтрующая система) СИЗОД с лицевой частью в виде полумаски	0,5
Противоаэрозольный фильтр (фильтрующая система) СИЗОД с лицевой частью в виде маски или шлем-маски	0,05

Защитная эффективность СИЗОД по отношению к радиоактивному йоду, гексафториду урана, тритию и другим газопарообразным радиоактивным веществам, а также к боевым отравляющим веществам и компонентам ракетных топлив устанавливается в документах на конкретное изделие. У изолирующих СИЗОД должно быть плотное и надежное в процессе эксплуатации прилегание к лицу по полосе обтюрации и отсутствие подсоса загрязненного воздуха в узлах стыковки деталей конструкции. Коэффициент подсоса под лицевую часть должен быть не более 0,001 %.

Полумаски из изолирующих материалов должны комплектоваться фильтрующими, поглощающими и фильтрующе-поглощающими системами только 3 класса. Объемное содержание кислорода в подаваемом в подмасочное пространство СИЗОД воздухе (дыхательной смеси) должно быть не менее 18 % по объему. Время защитного действия СИЗОД должно обеспечивать возможность выполнения поставленной задачи в условиях, для которых они предназначены, и устанавливаться в соответствующих стандартах. Объемное содержание двуокиси углерода в подмасочном пространстве СИЗОД должно быть не более 1 % [2].

Многие производственные и технологические процессы, различные спасательные

операции сопровождаются образованием аэрозолей в виде пыли, туманов или дымов. Некоторые примеси обладают высокой токсичностью даже в незначительных концентрациях, это особенно относится к радиоактивным веществам; другие вызывают легочные заболевания. Во всех этих случаях необходимо решать проблему защиты персонала от аэрозольных загрязнений, чтобы вдыхаемый воздух был безопасным для людей и пригодным для проведения специальных операций. Выбор типа фильтрующего средства индивидуальной защиты органов дыхания зависит от природы пыли и требуемой эффективности очистки. Для защиты спасателей Республиканского отряда специального назначения Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь уже давно применяются современные СИЗОД на основе электростатических и тканевых фильтров, эффективность которых постоянно улучшается.

При определении коэффициента проникания (K_{np}) важное значение имеет дисперсный состав аэрозоля, методика его оценки. Методы оценки K_{np} , используемые в стандартах разных стран всегда отличались. Это было вызвано разной обеспеченностью экспериментальной базы (лабораторий) испытательным оборудованием. В стандартах большинства стран СНГ для определения коэффициента проникания (коэффициента проницаемости) тест-аэрозолей через противоаэрозольный фильтр СИЗОД используют монодисперсный аэрозоль масляного тумана с диаметром частиц 0,28-0,34 мкм и полидисперсные аэрозоли: хлорид натрия, шлиф-порошок М-5, радиоактивные аэрозоли и др.

В странах Европейского сообщества и новых стандартах Республики Беларусь, гармонизированных с европейскими, используют для определения коэффициента проницаемости тест-аэрозолей через противоаэрозольный фильтр СИЗОД и фильтрующие полумаски полидисперсные аэрозоли: хлорид натрия (полидисперсный аэрозоль с среднемассовым диаметром частиц около 0,6 мкм), парафиновое масло (со средним диаметром частиц около 0,4 мкм). Оценка коэффициента проницаемости проводят на постоянном потоке при различных скоростях. По СТБ ГОСТ Р 12.4.194-2007 испытания проводят на постоянном воздушном потоке расходом 30 и 95 дм³/мин при таких давлении и температуре окружающей среды, сочетание которых не приводит к конденсации влаги на фильтре. Оценка коэффициента проникания СИЗОД проводится в аэрозольной камере.

В поздних стандартах коэффициент проникания определяли на испытуемом при выполнении следующих упражнений: в покое и выполнении мимических упражнений: проговаривание алфавита, наклоны головы вправо и влево, имитация улыбки, что соответствует работе легкой тяжести.

При испытаниях по новым стандартам испытания проводят на испытуемом, который передвигается и выполняет следующие упражнения: ходьба, повороты головы из стороны в сторону, повороты головы вверх-вниз, проговаривание алфавита, что может соответствовать работе средней тяжести.

Коэффициент проникания, например, в первом случае для респиратора типа ШБ-1 «Лепесток-200» [9] составлял 0,15, при испытаниях по последнему стандарту коэффициент проникания составил 2,0-2,2. Соответственно по старому стандарту респиратор отнесен в высшей степени защиты (K_3 более 100), поэтому была принята маркировка ШБ-1 «Лепесток-200», по новому стандарту респиратор ШБ-1 «Лепесток-200» имеет $K_3 = 50-45$. При K_3 , равном и менее 50, СИЗОД относится к средней степени защиты, маркируется как FFP2.

Учитывая условия испытаний, при которых оценивается K_{np} , можно с уверенностью считать, что при выполнении легкой работы респиратор будет обеспечивать высокую защитную эффективность, при выполнении работы средней тяжести респиратор будет обеспечивать более низкую, по новой классификации - среднюю эффективность.

Сотрудникам службы химической и радиационной защиты МЧС Республики Беларусь приходится выполнять работы на территории, подвергшейся воздействию радиоактивного загрязнения после аварии на ЧАЭС или в других ситуациях, где возможно образование аэрозолей с радиоактивными веществами. Так, в ноябре 2008 года

производилась ликвидация временного пункта захоронения радиоактивных отходов «Колосово». Сотрудники МЧС использовали СИЗОД в условиях запыленности. Целесообразно провести исследование защитных свойств противогаза ЗМ в условиях, максимально приближенных к реальному использованию данного СИЗОД.

Целью данной работы явилась экспериментальная оценка по различным методикам защитных свойств фильтра противогаза ЗМ 6035 РЗ, который используется для защиты спасателей службы химической и радиационной защиты МЧС Республики Беларусь и выбор наиболее оптимального метода проведения испытаний.

Методика эксперимента и обсуждение полученных результатов. В качестве места проведения эксперимента использовалась автомобильная лаборатория химического анализа и радиационного контроля центра химической и радиационной защиты (далее - ЦХРЗ) «РОСН» МЧС Республики Беларусь.

Для экспериментальной оценки защитных свойств фильтра ЗМ 6035 РЗ по схеме, изображенной на рис. 5, использовался воздух из емкости, наполовину заполненной песком с удельной активностью Cs-137 равной $16\,787 \pm 3\,357$ Бк/кг и Sr-90 – $1\,833 \pm 458$ Бк/кг. Емкость соединена с аллонжем, в котором закреплен аналитический аэрозольный фильтр АФА-РМ. Фильтр АФА-РМ предназначен для исследования и контроля аэродисперсных примесей (аэрозолей), содержащихся в воздухе или других газах, при разовом периодическом отборе проб при помощи электрических аспираторов. Аналитический аэрозольный фильтр АФА-РМ позволяет проводить контроль радиоактивных и токсических аэрозолей, присутствующих в воздухе рабочей зоны производственных и иных помещений, в приземном слое атмосферы, в вентиляционных и технологических воздушных потоках. Аналитические аэрозольные фильтры АФА-РМ изготавливаются из фильтрующих материалов ФПП-15-1,5 на основе перхлорвиниловых волокон и ФПП-15-2,0 на основе ацетилцеллюлозы.

Воздух из емкости с песком с помощью электрического аспиратора в течение 30 мин пропускался через фильтр АФА-РМ (рис. 5).



Рисунок 5 – Исследование защитных свойств фильтра противогаза ЗМ 6035

Найдено, что фильтр АФА-РМ полностью задерживает радиоактивные частицы в воздухе, прокачиваемом через него с постоянной скоростью потока $20\text{ дм}^3/\text{мин}$ над поверхностью пробы. Анализ фильтра спектрометрическим методом после прокачивания производился на гамма-бета спектрометре МКС АТ1315. «Грубая» оценка активности для качественного анализа загрязнения фильтра составила 23 Бк/фильтр.

Следующим этапом эксперимента требовалось определить активность аэрозоля после фильтра ЗМ 6035 РЗ. Для этого в аллонж был закреплен фильтр ЗМ 6035 РЗ вместе с аналитическим аэрозольным фильтром АФА-РМ. Эксперимент проводили на постоянном воздушном потоке расходом $20\text{ дм}^3/\text{мин}$ в течение 30 мин. Анализ полученного спектра показал, что значение активности фильтра АФА-РМ не превышает фоновых значений.

Для расчета эффективности (\mathcal{E}) определялся коэффициент проникания по формуле (2). Результат эксперимента показал, что используемый фильтр 3М 6035 РЗ в данных условиях эксперимента защищает органы дыхания спасателей практически со 100 % эффективностью:

$$\mathcal{E} \approx 100 \% . \quad (4)$$

Чтобы подтвердить высокую эффективность фильтра противогаса 3М 6035 РЗ необходимо провести испытания согласно стандарту СТБ ГОСТ Р 12.4.194-2007, который распространяется на противоаэрозольные фильтры, предназначенные для использования в качестве элементов в фильтрующих средствах индивидуальной защиты органов дыхания. Однако методы испытаний по данному стандарту имеют ряд недостатков. При проницаемости аэрозоля парафинового масла наиболее крупные частицы (2 и более мкм), которые определяют весовую концентрацию частиц исходного аэрозоля, будут отсеиваться значительно в большей степени, чем частицы аэрозоля NaCl, из которых наибольший размер, согласно стандарту, составляют частицы с диаметром менее 1 мкм. При этом следует учитывать, что масса частиц размером более 2 мкм будет более чем в 8 раз больше массы частиц с размером 1 мкм. В связи с этим результаты испытаний по этим методам, со значительно отличающимися долями наиболее крупных частиц, не могут быть адекватными. Как следствие, коэффициент проницаемости одного и того же фильтра или образца СИЗОД будет значительно меньшим при испытании по аэрозолю парафинового масла и большим по величине коэффициента проницаемости частиц NaCl; наибольший коэффициент проницаемости - по аэрозолю стандартного масляного тумана, частицы которого имеют размеры $d = 0,28-0,34$ мкм и обладают свойствами наиболее проницаемых частиц [10]. Наиболее точным и воспроизводимым является нефелометрический метод испытаний по проницаемости масляного тумана со стандартизованными параметрами: аэрозоль должен быть монодисперсным с размером наиболее проникаемых частиц.

В связи с этим для определения показателя эффективности фильтрации аэрозолей фильтрами противогасов использован метод, указанный в ГОСТ 12.4.156, и была усовершенствована рядом приставок установка УЛТУ-2007 (рис. 6), предназначенная для определения коэффициента проницаемости аэрозоля масляного тумана с размером частиц $0,31 \pm 0,03$ мкм, объемным расходом аэрозольного потока $30,0 \pm 0,6$ дм³/мин и концентрацией $2,5 \pm 0,25$ г/м³. Данный показатель эффективности фильтрации аэрозоля масляного тумана эквивалентен коэффициенту защиты СИЗОД от радиоактивных аэрозолей [11], значения которого приведены в таблице 2. В качестве аэрозолеобразующего вещества в установке УЛТУ-2007 использовалось масло турбинное Т₂₂, Т₃₀ или Т₃₃ по ГОСТ 32-74. В состав комплекта установки входят универсальный аэрозольный генератор конденсационного типа и фотометр фотоэлектрический для аэрозолей ФАН.

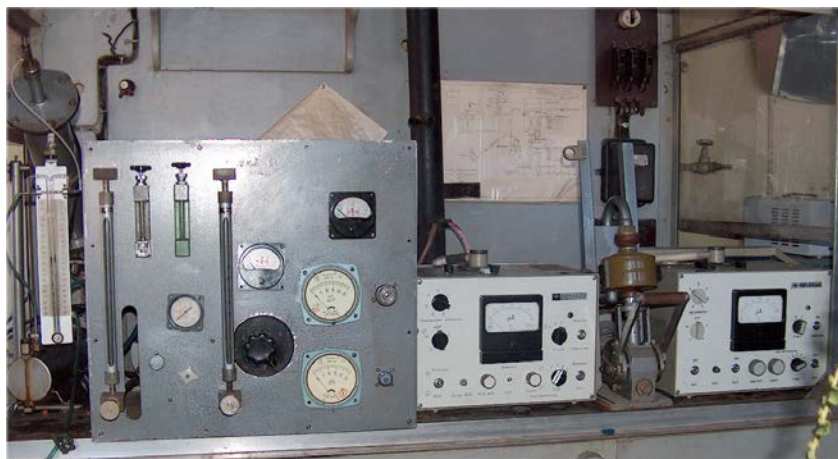


Рисунок 6 – Общий вид установки УЛТУ-2007

Зажимное устройство для противоаэрозольных фильтров изготовлено в соответствии с геометрическими параметрами фильтрующих коробок противогазов ГП-4у, ГП-5, ГП-7, ДП-6М, ПДФ-Д, но фильтр противогаса ЗМ 6035 РЗ имеет нестандартную форму, поэтому в лаборатории ЦХРЗ ГПАСУ «РОСН» МЧС Республики Беларусь был разработан и изготовлен специальный переходник (рис. 7).

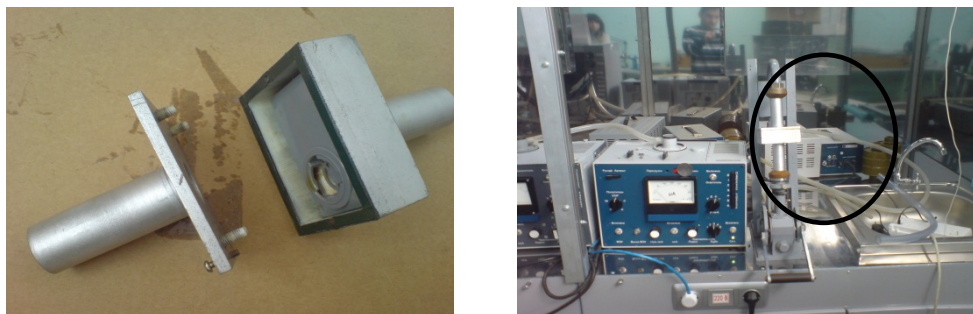


Рисунок 7 – Переходник к зажимному устройству установки УЛТУ-2007 для фильтра противогаса ЗМ6035 РЗ

Сущность метода, установленного в ГОСТ 12.4.156, для определения коэффициента проницаемости масляного тумана у фильтров (фильтрующих элементов) противогазов и респираторов заключается в установлении величины отношения концентрации аэрозоля, прошедшего через фильтр противогаса, к концентрации аэрозоля до него. Концентрации аэрозоля масляного тумана определяются фотоэлектрическими фотометрами ФАН, которые предназначены для измерения светового потока, рассеянного аэрозолем. Световой поток пропорционален концентрации частиц масляного тумана, например показание фотометра 250 ± 25 мкА соответствует концентрации аэрозоля масляного тумана $2,50 \pm 0,25$ г/м³. Для получения аэрозоля масляного тумана стандартной дисперсности в установке используется генератор аэрозолей конденсационный типа ГАК-65.

Для обработки результатов измерений коэффициент проницаемости K_{np} вычисляли по формуле:

$$K_{np} = J_{исх} / J \times 10^{(D - D_{исх} + 2)}, \quad (5)$$

где J – показание микроамперметра фотометра при измерении светорассеяния от аэрозоля, прошедшего через контролируемое изделие;

$J_{исх}$ – показание микроамперметра фотометра при измерении светорассеяния от аэрозоля с исходной концентрацией;

$D, D_{исх}$ – суммарная оптическая плотность включенных поглотителей (номера поддиапазонов фотометра) при измерении светорассеяния от аэрозоля, прошедшего через изделие и от аэрозоля с исходной концентрацией соответственно.

Результат испытаний противоаэрозольного фильтра ЗМ 6035 РЗ по ГОСТ 12.4.156 составил: $K_{np} = 0,050 \pm 0,006$ %. Оценка результата испытаний противоаэрозольного фильтра ЗМ 6035 РЗ по СТБ ГОСТ Р 12.4.194-2007 представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Результат испытаний противоаэрозольного фильтра ЗМ 6035 РЗ

Показатели	Значение показателя, принятого для оценки СИЗОД	Соответствие СТБ ГОСТ Р 12.4.194-2007
Проницаемость фильтра, %, ЗМ 6035 РЗ аэрозолем турбинного масла	0,05	Соответствует классу фильтра РЗ

Рассчитанный коэффициент проницаемости (K_{np}) подтверждает высокие характеристики фильтра противогаса ЗМ 6035 РЗ. Фильтрация вдыхаемого спасателем воздуха от паров и аэрозолей отравляющих, сильнодействующих ядовитых и

радиоактивных веществ, происходила с низким сопротивлением постоянному воздушному потоку, но с высоким показателем защиты, поэтому целесообразно его дальнейшее применение для защиты органов дыхания спасателей ГПАСУ «Республиканский отряд специального назначения» МЧС.

Заключение. Рассмотренные индивидуальные средства защиты органов дыхания дают возможность выполнять спасательные операции в условиях, для которых они предназначены. Для защиты органов дыхания при работах с радиоактивными веществами следует применять фильтрующие СИЗОД 3 класса, с лицевыми частями 3 класса и фильтрующими, поглощающими и фильтрующе-поглощающими системами 3 класса.

Оценочный эксперимент, имитирующий работу спасателей на территории с радиационным загрязнением, показал, что фильтрующие СИЗОД марки ЗМ, используемые сотрудниками МЧС на местности с удельной активностью почвы по Cs-137 $16\ 787 \pm 3\ 357$ Бк/кг и по Sr-90 $1\ 833 \pm 458$ Бк/кг, защищали органы дыхания практически со 100% эффективностью. Проверка фильтра ЗМ 6035 РЗ, как наиболее часто используемого спасателями ГПАСУ «Республиканский отряд специального назначения» МЧС, в соответствии с существующим СТБ ГОСТ 12.4.194-2007 подтвердила, что фильтр ЗМ 6035 РЗ своей фильтрующей эффективностью соответствует классу РЗ – фильтры высокой эффективности, что позволяет использовать его при проведении аварийно-спасательных работ в зонах радиоактивного загрязнения.

Установлено, что для определения защитной эффективности СИЗОД наиболее достоверным и воспроизводимым является нефелометрический способ определения коэффициента пропускания по масляному туману.

Усовершенствованная установка для проверки защитной эффективности фильтрующих материалов на соответствие требованиям стандартов Республики Беларусь будет использоваться в службе химической и радиационной защиты МЧС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буланенков, С.А. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций / С.А. Буланенков и др.; под общ. ред. М.И. Фалеева. – Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. – 480 с.
2. Атаманюк, В.Г. Гражданская оборона: учебник для вузов / В.Г. Атаманюк и др.; под ред. Д.И. Михайлика. – М.: Высшая школа, 1986. – 207 с.
3. Коробейникова, А.В. Фильтрокаталитический волокнистый материал и облегченный респиратор для защиты от монооксида углерода / А.В. Коробейникова и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – 6 (126). – С. 2–8.
4. Басманов, П.И. СИЗОД. Справочное руководство / П.И. Басманов и др.; под общ. ред. С.Л. Каминского – СПб.: ГИИП «Искусство России», 2002. – 400 с.
5. Миронов, Л.А. Значение подсоса загрязненного воздуха в подмасочное пространство фильтрующих респираторов и методы его обнаружения / Л.А. Миронов // Рабочая одежда. – 2002. – № 3 (15). – С. 33–35.
6. Миронов, Л.А., Егорова Г.И. Гигиеническое обоснование применения средств индивидуальной защиты в производствах ППУ / Л.А. Миронов, Г.И. Егорова // Медико-биологические аспекты проблемы пенополиуретанов: Сб. научных работ. М.: МЗ РСФСР, 1989. – С. 88–94.
7. Вознесенский, В.В. Средства защиты органов дыхания и кожи / В.В. Вознесенский. – М.: Военные знания, 2011. – 80 с.
8. Карнаух, Н.Н. и др. Учебно-методические материалы для обучения и повышения квалификации менеджеров средств индивидуальной защиты / Н.Н. Карнаух и др. – М.: ЭНАС, 2010. – 488 с.
9. Петрянов-Соколов, И.В. Лепесток – лёгкие респираторы / И.В. Петрянов-Соколов и др. – М.: Наука, 1984. – 216 с.
10. Обоснование основополагающих терминов. О содержании термина «коэффициент пропускания» // Охрана труда. Информационный ресурс [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://ohrana-bgd.ru/sizod/sizod1_05.html. – Дата доступа: 16.12.2014.
11. Городинский, С.М. Средства индивидуальной защиты для работы с радиоактивными веществами / С.М. Городинский. – М.: Атомиздат, 1967. – 320 с.