

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПОДСОСА ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА В ПОДМАСОЧНОЕ ПРОСТРАНСТВО С ПОМОЩЬЮ ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИХ АЭРОЗОЛЕЙ

Миронов Л.А., Егорова Г.И.

ФГУП «Нижегородский НИИ гигиены и профессиональной патологии»

Ключевые слова: респиратор, обтюратор, люминесцирующие аэрозоли.

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) является одной из эффективных мер профилактики производственно обусловленных заболеваний. Однако эффективность защиты во многом зависит от правильности применения СИЗ. Во время работы межведомственной комиссии по сравнительной оценке эффективности применяемых в промышленности фильтрующих респираторов-полумасок Игорем Васильевичем Петряновым была поставлена задача выяснения причин недостаточной эффективности защиты на предприятиях при применении в принципе высокоэффективных респираторов. Даже правильно, с учетом условий труда, подобранные средства индивидуальной защиты могут быть неэффективны, если допускаются ошибки в их использовании. Особенно это наблюдается при недостаточно качественном обучении работающих правилам использования тех или иных СИЗ, отсутствии тренировок, нарушении режимов эксплуатации СИЗ и слабом контроле работодателем и надзорными органами за применением СИЗ. Так, если неправильно подготовить даже такой высокоэффективный респиратор, как ШБ-1 «Лепесток-200» к надеванию, не расправить обтюратор по резинке, не обжать по форме носа носовую пластинку, будет нарушена надежность

обтюрации (прилегания краев респиратора к лицу) и загрязненный воздух пройдет в подмасочное пространство через неплотности обтюрации.

Все это может привести к неэффективной защите работающего, возможности вредного воздействия на человека токсичных веществ, возникновению производственно обусловленной заболеваемости. Учитывая, что самым ненадежным местом у фильтрующих респираторов-полумасок является полоса обтюрации, нами была разработана и применена в работе вышеупомянутой комиссии специальная методика обнаружения локализации подсоса с помощью люминесцирующих аэрозолей. Об этой методике мы доложили на Четвертых Петряновских чтениях.

Одним из основных показателей при оценке фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) является защитная эффективность изделия, характеризующаяся коэффициентом проникания аэрозолей вредных веществ в подмасочное пространство (ГОСТ 12.4-041-89 – СИЗОД фильтрующие) [1]. Он, в свою очередь, зависит от проскока аэрозолей через фильтрующие элементы и подсоса загрязненного воздуха через клапанные системы, возможные неплотности конструкции и, главным образом, по полосе обтюрации (прилегания полумаски к лицу). Подсос по полосе обтюрации зависит от многих причин: особенностей конструкции, формы лица, условий эксплуатации, правильности подбора, подгонки и надевания респираторов.

Поэтому наряду с определением коэффициента проскока фильтров СИЗОД (на стенде в лабораторных условиях) и коэффициента проникания (на испытуемых-добровольцах в производственных условиях) актуальным является определение надежности обтюрации, обнаружение локализации подсоса, что позволит повысить эффективность применения СИЗОД и устранить дефекты их конструкции.

Для определения проникания загрязненного воздуха под полумаску фирма 3М рекомендует прибор FT-02 и методику «Проверка плотности прилегания». Прибор состоит из распылителя концентрированного раствора сахарина в зоне дыхания. Проверка легко и быстро выполняется на рабочем месте. Если при выполнении теста испытуемый не чувствует сладкий вкус – тест прошел успешно, и подгонка СИЗОД правильная. В противном случае требуется подобрать ему другой размер или модель СИЗОД или откорректировать подгонку респиратора. Аналогичный метод приведен в памятке США [2]. Здесь и проскок, и подсос рекомендуется определять по обнаружению запаха или вкуса контрольного вещества, также без регистрации локализации мест проникания.

В литературе описаны методы, которые могут быть использованы при определении не только наличия подсоса, но и его локализации. Так в [3] описан метод с использованием флуоресцентных частиц 4-метил-7-диаминокумарина. Места проникновения через СИЗОД исследовались на манекенах и людях и были определены по обнаружению флуоресцирующих следов аэрозоля при освещении ультрафиолетовым светом. В [4] были определены места проникновения флуоресцентного аэрозоля с мечеными атомами при стандартной подгонке СИЗОД. Установлено, что 89 % случаев проникновений произошло в области носа или подбородка. Приблизительно 73 % имели форму разреза, а не круглого отверстия. Была установлена корреляция размеров лица и факторов подгонки для трех размеров лица.

Нами разработана (патент на изобретение № 2198006 от 10.02.2002 г.) и применена в лабораторных условиях [5] и на предприятиях [9, 10] методика для контроля плотности прилегания противопылевых респираторов и определения локализации подсоса. Разработаны методические указания «Обнаружение локализации подсоса воздуха в подмасочное пространство СИЗОД с помощью люминесцирующих

аэрозолей» МУ 2.2.8.1893-04, утвержденные Минпромом РФ [6], по которым ЗАО «Севзаппромэнерго» создана и реализуется портативная установка «Ингавит». Принцип методики заключается в использовании люминесцирующих аэрозолей, подаваемых в зону дыхания работающих с последующим обнаружением следов проникания малейших количеств флюорохрома по полосе обтюрации при освещении лиц работающих и респираторов ультрафиолетовым светом.

Основным при разработке метода был подбор композиции флюорохрома, обеспечивающей образование устойчивых аэрозолей, способных обеспечивать люминесценцию следов подсоса как на материалах СИЗОД, так и на коже лица человека или на поверхности манекена. Ранее (см. комплект методик, утвержденных Отделом охраны труда ВЦСПС 23.08.1979 г.) мы применяли водный раствор аурамина 1:500, который давал устойчивые аэрозоли с твердой фазой, в том числе с одновременным применением стандартной методики определения коэффициента проникания аэрозолей хлористого натрия.

Затем методика была усовершенствована: флюорохром аурамин заменен уранином (натриевая соль флюоресцеина по ТУ 6-09-228-77), широко применяемым в медицинской практике в виде инъекций [7]. Флюорохром и его концентрация в рабочем растворе 0.2 % были подобраны эмпирически (всего было опробовано 20 наименований флюорохромов: аурамин, уранин, родамин-В, родамин-С, корифосфин-О, трипофлавин, примулин-О, тиофлавин –S, аурофосфин-С, акридин оранжевый, акридин желтый, берберин-сульфат и др.). Для получения стойкой дисперсной фазы в водный раствор уранина добавляли от 1 до 10 % глицерина, а для компенсации возникающей при этом вязкости раствора, снижения поверхностного натяжения и повышения дисперсности аэрозолей добавляли 0.03 % смачивателя ОП-7 [8]. Затем для оценки

обтюрации респираторов на людях был применен эозин, обычно используемый в косметике.

Аэрозоль получали при помощи пневматического аэрозольного генератора конструкции Горьковского НИИ гигиены труда с переносным малогабаритным компрессором мембранного типа АИ-1. в последствии – небулайзера фирмы «ОМРОН», либо при помощи ультразвуковых генераторов типа «Муссон-1М» (ТУ 25-2012.075-89) или «Флора» (ГОСТ 14087-80). В качестве источников ультрафиолетового света применяли портативные осветители модели 833 (ТУ 64-1-1086-72) и ОЛД-41 (ТУ 61-1-2242-77) с фильтрами УФС-3.

Устройство может быть использовано для обнаружения локализации подсоса при оценке конструкции СИЗОД, для обучения правильным приемам подгонки и эксплуатации респираторов, а также для контроля правильности применения респираторов и качества работы отделов охраны труда по обучению работающих.

Применение этой методики позволило выявить и наглядно показать работающим их ошибки в использовании респираторов и этим резко снизить количество случаев подсоса загрязненного воздуха в подмасочное пространство СИЗОД в производственных условиях. При сравнительной оценке различных респираторов определяли надежность их обтюраторов, выбрали оптимальные варианты и давали рекомендации разработчикам по совершенствованию конструкции СИЗОД.

С помощью этой методики успешно испытаны респираторы отечественного и зарубежных производств, откорректированы конструкции ряда респираторов.

Так, установлено (табл.), что при соблюдении всех правил применения СИЗОД респираторы с резиновой полумаской ПР-7 (Ф-62Ш, РПА-91. РУ-60. РПГ-67) давали до 50-60 % случаев подсоса, что обуславливало 0.42-2.14 % проникания аэрозоля хлористого натрия, определяемого по

стандартной методике. При применении респиратора У-2К обнаружено наличие люминесцирующих аэрозолей в складках пленочного обтюлятора в 100 % случаев, что приводило к высокому коэффициенту проникания аэрозолей хлористого натрия 2.7 – 3.4 % несмотря на наличие в этой конструкции высокоэффективного фильтра из материала ФП. Наиболее надежными оказались обтюрации респираторов «Лепесток», «Алина», «Снежок», «Кама» (10-15 % случаев обнаружения флюоресценции на обтюляторах респираторов и на лице испытуемых), что позволяет получить низкий коэффициент проникания по аэрозолям хлористого натрия (0.17-0.34 %).

При этом установлено, что у респираторов с относительно жесткой конструкцией полумаски («Кама», «Ф-62Ш», «РУ-60М») подсос чаще всего происходит в верхней (у переносицы) и нижней (у подбородка) части обтюлятора и увеличивается при перемещении полумаски на лице во время резких движений головы, разговора и сокращений мимических мышц. У резиновых полумасок отмечены случаи подсоса по боковым участкам обтюлятора (у мест крепления тесьмы оголовья), особенно когда в процессе носки сбиваются текстильные обтюраторы.

При испытании респираторов типа ШБ-1 «Лепесток», имеющего обтюратор из материала ФП, обладающего электростатическим зарядом и «прилипающего» к коже лица, подсос обнаруживался в 5-10 % случаев только в области носа и носогубных складок (у концов алюминиевой пластинки) и иногда – под подбородком в точке узелка на strangulating резинке. У респираторов типа «Алина», где strangulating резинка полностью скрыта в толще обтюлятора и узелок отсутствует, подсос в этой точке не наблюдается. У респираторов с обтюратором, выполненным из марли («Уралец-П») проникание люминесцирующих аэрозолей наблюдается через относительно большие межнитевые пространства марли, что отсутствует при применении в

качестве обтюлятора мягкого и плотного текстильного материала типа байки (респиратор «Юлия»).

Таблица.

Оценка плотности прилегания обтюраторов промышленных респираторов

Респиратор	Свечение		Характерные участки свечения	Коэффициент проникания NaCl, %
	Обнаружено, %	Не обнаружено, %		
Ф – 62 Ш РПА – 91 РУ - 60 РПГ – 67 (полумаска ПР –7)	50 – 64	36 - 50	По линии обтюрации и справа на переносице и подбородке	0.42 – 2.14
«Кама», «Лепесток», «Снежок»	10 – 15	85 - 90	Следы около носогубных складок и под подбородком	0.2 – 1.0
«АЛИНА»	0 - 5	95 - 100	Следы около носогубных складок	0.2 – 1.0
У – 2 К	0 - 5	0	По всем складкам пленочного обтюлятора	2.7 – 3.4
Медицинская маска	100	0	По всей поверхности прилегания маски к носу и щекам	16,5 – 45.5
Марля в 4 слоя	100	0	Сквозное интенсивное проникание через все слои марли в проекции носа и рта	92 - 95

В безопасности применение СИЗОД большое значение имеет надежность клапана выдоха, особенно одноступенчатого, которым

оснащен ряд респираторов-полумасок («У-2К», «РУ-60М», «Ф-62Ш», некоторые варианты «Алина», «Юлия», «Нева»). При деформации клапанного лепестка из-за старения резины или даже незначительного изменения угла прижатия лепестка к седлу клапана (в процессе конструирования или изготовления) может быть подсос загрязненного воздуха, который мы так же обнаруживаем по свечению на клапане и на лице испытуемого при применении методики люминесцирующих аэрозолей.

При массовом обследовании правильности применения респираторов на предприятиях мы приглашали персонал непосредственно с рабочего места в пункт люминесцентного контроля, не снимая респиратора «Лепесток», подавали в течение 30 с зону дыхания люминесцирующей аэрозоль и затем освещали лицо обследуемого и респиратор ультрафиолетовым светом. При неправильной подгонке обнаруживали яркую флюоресценцию в местах подсоса. Такое обследование показало, что подсос имел место в 70 % случаев из-за неправильных подготовки и надевания респираторов из-за некачественного, формального инструктажа и обучения. Обычно работающие неравномерно и не до конца расправляли обтюратор по странгулирующей резинке, недостаточно плотно обжимали алюминиевую пластинку на переносице, либо наоборот – резко сгибали ее посередине, в связи с чем образовывался канал по спинке носа.

При многократном снимании – надевании респиратора и неаккуратном хранении (например, в кармане) края алюминиевой пластинки начинали выпирать из обтюратора, что также приводило к подсосу в области крыльев носа и носогубных складок. Следует отметить, что на качество обжима пластинки на переносице и появление подсоса существенно влияет жесткость и упругость пластинки (из-за замены алюминия на другой металл или увеличения толщины пластинки, что мы обнаруживали в некоторых партиях респираторов «Лепесток» и «Уралец»).

В процессе обследования работающим разъясняли ошибки (с демонстрацией в зеркале и друг на друге характерного зеленого свечения на участках подсоса и в ноздрях). Психологический эффект такого обучения был высоким. Работающие стали тщательно готовить респираторы и правильно надевать. Даже через год при повторных обследованиях этих людей регистрировалось не более 10 % случаев подсоса, и то чаще всего из-за глубоких носогубных складок или нестандартной формы носа. Наглядность обучения работающих правильному применению респираторов с использованием люминесцирующих аэрозолей была успешно осуществлена на целом ряде предприятий, в частности, при работе с агрохимикатами в сельском хозяйстве [8], в бригадах АО «Волговятсантехмонтаж» при резке и сварке оцинкованных труб, в производствах пенополиуретанов и на химических производствах при затаривании пылящих продуктов [9, 10].

Таким образом, обнаружение локализации подсоса загрязненного воздуха через неплотности обтюрации респираторов-полумасок и клапанов выдоха с помощью люминесцирующих аэрозолей может быть использовано при оценке защитной эффективности СИЗОД, корректировке их конструкций, при контроле правильности использования фильтрующих респираторов, а также оценке качества обучения в отделах охраны труда и техники безопасности [11].

Отдельно следует отметить эффективное применение этой методики при обосновании повышения эффективности индивидуальной защиты органов дыхания медицинских работников. Дело в том, что персонал медицинских учреждений подвергается воздействию вредных производственных факторов, в связи с чем среди медиков высока профессиональная и производственно обусловленная общая заболеваемость, не меньшая, чем в других отраслях производственной деятельности [12, 13]. Причем значительную роль играет респираторный

путь воздействия вредных факторов. Здесь – и поступление в организм высокоактивных лекарственных препаратов (особенно антибиотиков, транквилизаторов, аллергенов), дезинфицирующих средств, и, конечно, постоянный непосредственный контакт с больными и инфицированным материалом. В структуре профессиональной заболеваемости медиков преобладают аллергические заболевания 53-68 %; на втором месте – патология дыхательной системы (туберкулез – 13 – 19 %; бронхиальная астма – 4 %; хронический бронхит – 1 %).

Одной из причин профзаболеваемости медицинских работников является несоответствие существующей системы индивидуальной защиты врачей, медсестер и младшего персонала [14]. Обеспечение средствами индивидуальной защиты медработников регламентируется Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам организаций здравоохранения, утвержденных Постановлением Минтруда РФ № 68 от 29 декабря 1997 г. [15]. В данном законодательном документе для врача, среднего и младшего медицинского персонала, обслуживающих инфекционных, туберкулезных и лепрозных больных (п. 4) предусмотрен «респиратор марлевый». Он же предусматривается для персонала противочумных учреждений (п. 48), отдельных профессий производства бактериальных и биологических препаратов (п. 69). Для работников, непосредственно работающих с возбудителями инфекционных заболеваний I и II групп патогенности (п. 74), равно как и для ряда других профессий, связанных с фактором вредности, вообще не предусмотрена защита органов дыхания. Это приводит в заблуждение руководителей лечебно-профилактических учреждений. До настоящего времени в медицинских учреждениях применяются марлевые повязки в несколько слоев марли (иногда с ватой между слоями марли) или маски

хирургические различных вариантов, не обеспечивающие необходимой защиты органов дыхания медицинских работников.

По классификации и маркировке СИЗОД, принятой в системе ССБТ, ни в новых, ни в старых стандартах такого изделия, как «респиратор марлевый», не существует. Изучение защитной эффективности показало, что проникание аэрозолей под медицинскую маску составляет более 34 %, под марлевую повязку – 95 %. Низкую защитную эффективность по микробному аэрозолю показали испытания ватно-марлевой повязки (ВМП), состоящей из марли и ваты с массой 20-40 г, коэффициент проскока составил 58 % [16]. В то же время согласно требований к СИЗОД по ГОСТ Р 12.4.191-99 проникание аэрозолей под респираторы должно быть для 1 класса – не более 22 %, для 2 класса – не более 8 %, для 3 класса – не более 2%. Марлевые повязки, равно как и медицинские маски, не имеют полосы обтюрации, и в лучшем случае могут в какой-то степени защитить окружающих от дыхания носителя повязки. Загрязненный же воздух при вдохе попадает в органы дыхания пользователя через неплотности обтюрации, минуя фильтрующий корпус марлевой повязки или медицинской маски. Результаты проведенной в Нижегородском НИИ гигиены и профессиональной патологии сравнительной оценки различных вариантов СИЗОД с применением люминесцирующих аэрозолей [11] выявили в 100 % подсос загрязненного воздуха на лице пользователей и на внутренней поверхности марлевых повязок и медицинских масок. Актуальность изменения существующей концепции очевидна.

В свое время нами были разработаны рекомендации по защите медицинских сестер, проводящих медикаментозную терапию [17], где вместо марлевых повязок и медицинских масок рекомендовался высокоэффективный респиратор «Лепесток». В журнале «Ремедиум Приволжья» [18] мы опубликовали первый вариант рекомендаций по

использованию легких респираторов для защиты персонала учреждений здравоохранения, ветеринарии, медицинских НИИ и лабораторий.

В связи с этим ФГУН «Нижегородский НИИ гигиены и профессиональной патологии» совместно с ЗАО «Северо-Западный НТЦ «Портативные средства индивидуальной защиты» им. А.А. Гуняева» (Авторы: Тихомиров Ю.П., Миронов Л.А., Егорова Г.И., Коробейникова А.В.) разработаны региональные методические рекомендации «Повышение эффективности индивидуальной защиты органов дыхания работников медицинских учреждений», утвержденные директором Департамента здравоохранения Нижегородской области 4 мая 2007 г. В них даны научнообоснованные рекомендации по применению эффективных, сертифицированных СИЗОД, эргономически приемлемых в медицинских учреждениях. Вид, марки и класс СИЗОД рекомендуются в зависимости от условий труда, степени вредности и класса опасности химических и биологических вредных факторов, превышения ПДК вредных веществ и микроорганизмов в воздухе рабочей зоны медицинского персонала. Наиболее приемлемыми для большинства медицинских работников следует считать облегченные респираторы в виде фильтрующих полумасок соответствующих классов защиты, имеющих надежную полосу obtюрации с коэффициентом проникания аэрозолей не более 0.5-5 %, обладающие низким сопротивлением дыханию (30 – 45 Па), с малой массой (10 – 15 г) и незначительным ограничением поля зрения, например конструкции «АЛИНА» или «Лепесток», прошедших гигиенические испытания в Нижегородском НИИ гигиены и профессиональной патологии.

Внедрение этих рекомендаций и использование в практике работы медицинских учреждений эффективных СИЗОД позволит обеспечить профилактику профессиональной патологии среди работников учреждений здравоохранения.

Литература

1. ССБТ. ГОСТ 12.4.041-89. Средства индивидуальной защиты фильтрующие. Общие технические требования.
2. How to Prevent Lead Poisoning on Your Job! A Workers Guide to Lead Safety in General Industry. California Department of Health Services. 2000.
3. Am. and Hyg. Assoc. J. 1990. May, 51(5):280-4 Identification of face seal leak sites on a half-mask respirator. Oestenstand R.K., Rerkins J.L., Rose V.D. School of Public Health, University of Alabama, Birmingham 35294.
4. Am. and Hyg. Assoc. J. 1990. May; 51 (5):285-90. Oestenstand RK, Dillioni H.K., Rerkins L.L. School of Public Health, University of Alabama, Birmingham 35284.
5. Миронов Л.А., Егорова Г.И., Матвеев Н.В. Способ обнаружения локализации подсоса загрязненного воздуха в средствах индивидуальной защиты органов дыхания. Описание изобретения к патенту № 2198006 от 10.02.03.
6. Методические указания МУ 2.2.8.1893-04. Обнаружение локализации подсоса воздуха в подмасочное пространство средств индивидуальной защиты органов дыхания с помощью люминесцирующих аэрозолей. МЗ России, М.: -2004.- 12 с.
7. Полянский Б.А., Бородин Ю.И., Хряков В.В. Люминесцентные исследования органов и систем. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1983. – 170 с.
8. Горбачев Н.Б., Миронов Л.А., Соловьева А.И. Устройство для контроля плотности прилегания противопылевых респираторов. Информационный листок № 185-85 Орловского межотраслевого территориального центра научно-технической информации и пропаганды. г. Орел, 1985.
9. Миронов Л.А., Егорова Г.И. Гигиеническое обоснование применения средств индивидуальной защиты в производствах ППУ. - В кн. Медико-

биологические проблемы пенополиуретанов: Сб. научных работ. М.: МЗ РСФСР, 1989. - С. 88-94.

10. Миронов Л.А., Егорова Г.И. Актуальные вопросы эффективного применения средств индивидуальной защиты работающих с вредными веществами. – В кн. Эколого-гигиенические проблемы сохранения здоровья населения: Материалы научно-практ. конф.. Москва - Нижний Новгород, 1999. - С. 258-262.

11. Миронов Л.А. Значение подсоса загрязненного воздуха в подмасочное пространство фильтрующих респираторов и методы его обнаружения. – Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. - № 3 (15). - 2002. - С. 33-35.

12. Миронов Л.А. В зоне риска / Охрана труда и социальное страхование: Охрана труда, средства защиты. № 10. - 2006. - С. 18-22.

13. Мокеева Н.В., Бобоха М.А., Миронов Л.А. О профессиональных заболеваниях медицинских работников и мерах их профилактики. Сб. «Проблемы гигиенической безопасности и управления факторами риска для здоровья населения». Научные труды Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. - Вып. 14. - С. 163-165.

14. Миронов Л.А. К вопросу о защите медицинских работников от респираторных заболеваний / Безопасность и охрана труда. № 3.- 2004. - С. 41-43.

15. Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам организаций здравоохранения и социальной защиты населения, медицинских научно-исследовательских организаций и учебных заведений, производств бактериальных и биологических препаратов, материалов, учебных наглядных пособий, по заготовке, выращиванию и обработке медицинских пиявок. Утв. постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 29

декабря 1997 г. № 68. Нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты. Т. I., - М.:1998. - С. 499-528.

16. Буянов В.В., Супрун И.П. Средства индивидуальной защиты для работ в микробиологических и вирусологических лабораториях. Черноголовка.- 2001., 323 с.

17. Методические указания «Профилактика и ранняя диагностика профессиональных заболеваний медицинских сестер, проводящих медикаментозную терапию. Утв. МЗ СССР № 4151-86 от 2.10.1986.