

УДК 628.51:614.7:613.63

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ МАСОК ОТ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

Матюшев М.В., Минченя В.Т.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Одним из наиболее эффективных методов улавливания ультрадисперсных аэрозолей в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) является метод электростатической фильтрации. Однако некоторые категории частиц способны проникать сквозь существующие средства защиты. Обладая высокой проникающей способностью, они несут значительный вред, поражая наиболее удаленные участки дыхательной системы. Новые методы электростатической фильтрации с использованием ультрафиолетового излучения могут стать решением проблемы улавливания неподдающихся существующим методам фильтрации частиц.

Ключевые слова: СИЗОД, ультрадисперсные аэрозоли, электростатическая фильтрация, фотоионизация.

INCREASING THE EFFICIENCY OF FILTERING DEVICES OF MASKS FROM ULTRA-FINE AEROSOLS

Matyushev M., Minchenya V.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Annotation. One of the most effective methods for capturing ultrafine aerosols in personal respiratory protection equipment (RPE) is the method of electrostatic filtration. However, certain categories of particles are capable of penetrating existing barriers. Because of a high penetrating ability, these particles cause significant harm, affecting the most distal lung regions. New methods of electrostatic filtration using ultraviolet radiation can be a solution to the problem of capturing particles that cannot be filtered by using existing filtration methods.

Keywords: RPE, ultrafine aerosols, electrostatic filtration, photoionization.

*Адрес для переписки: Минченя В.Т., Сурганова 47/1, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: bntu@bntu.com*

С каждым годом количество мест работы с вредными производственными факторами возрастает, как и необходимость в использовании средств индивидуальной защиты (СИЗ). На фоне сложившейся в 2020–2022 гг. эпидемиологической ситуации особую значимость приобретают СИЗ органов дыхания (СИЗОД).

Актуальность исследования новых методов обеспечения защиты органов дыхания обусловлена тем, что современные методы, даже при соблюдении всех показаний к использованию, не решают следующие проблемы: сильное сопротивление дыханию; появление раздражения, зуда, сыпи при длительном использовании; высокая концентрация углекислого газа в подмасочном пространстве.

Перспективным в решении этих проблем является метод основанный на использовании ультрафиолетового излучения и электростатики.

На сегодняшний день существует множество методов фильтрации воздуха в СИЗОД. Особое место среди них заняли методы электростатической фильтрации. Однако у существующих методов электростатической фильтрации есть ряд существенных недостатков. Сетчатая структура электростатических фильтров создает значимое сопротивление дыханию, которое приводит к избыточному накоплению углекислого газа в подмасочном пространстве и появлению диском-

форта. А регулярное ношение таких фильтрующих устройств может привести к развитию хронических заболеваний дыхательной системы.

Перспективной технологией электростатической фильтрации является технология melt blowing [1]. Технология melt blowing заключается в создании фильтрующего материала на основе волокон, получаемых из природных и синтетических полимеров. Устройства полученные при использовании такой технологии быстро теряют электрический заряд и вследствие эффективности фильтрации. Потеря заряда в материале, полученном таким способом, зависит от множества внешних факторов, в связи с чем период продолжительной эффективной работы такой маски непостоянен и может варьироваться от одного до нескольких часов, что не позволяет использовать ее с полной эффективностью без риска.

И все же одним из наиболее значимых недостатков современных методов электростатической фильтрации является неспособность улавливания ультрадисперсных аэрозолей размером до 0,1 мкм. Опасность ультрадисперсных частиц, согласно последним исследованиям, значительно выше, чем считалась ранее. Такие частицы способны проникать в наиболее удаленные участки дыхательных путей и оседать в них. Еще одним фактором опасности ультрадисперсных частиц является их пло-

щадь поверхности на единицу массы. За счет большей площади поверхности на единицу массы такие частицы несут больший вред, чем частицы большего размера такой же массы [2].

Эффективность фильтрующих масок на основе электростатического метода обусловлена способностью улавливать ультрадисперсные частицы, обладающие электрическим зарядом.

Будь то волокна, как у материалов, созданных при помощи технологии *melt blowing*, или искусственно созданное поддерживаемое электрическое поле, необходимым условием улавливания частицы является наличие у нее достаточного заряда. Если частица не обладает электрическим зарядом, ее заряд слишком мал, либо сумма зарядов в ней равна нулю, электростатический метод фильтрации не сможет ее задержать. Из этого следует, что увеличение процента заряженных частиц и величин их зарядов сможет повысить эффективность фильтрации, а также снизит требования к размеру ячеек сетчатого материала, что позволит уменьшить сопротивление дыханию без потери эффективности.

Наиболее удобным методом повышения процентного содержания заряженных частиц и их зарядов является ионизация. Фотоионизация является наиболее эффективным методом для ионизации распыленных в воздухе аэрозолей.

Основными недостатками фотоионизации являются: возможная опасность для тканей и глаз человека, а также риск образования озона, который может вызывать отравление, и является канцерогеном. Однако при использовании длин волн излучателя более 250 нм эти риски становятся незначительными. Исследования новых методов фотоионизации аэрозолей показали, что использование ультрафиолетового излучения для ионизации может осуществляться и при малом потреблении напряжения. Невысокие требования к энергообеспечению таких систем позволяют эффективно интегрировать их в портативные фильтрующие устройства [3]. А специфика фотоионизации может быть перспективной для повышения эффективности ионизации таргетированных групп частиц и аэрозолей.

Целью настоящего исследования является поиск закономерностей влияния ультрафиолетового излучения на эффективность электростатической фильтрации и определение оптимальных параметров фильтрующей системы, а также области применения групп элементов допустимых к фильтрации.

Ввиду специфики фотоионизации и наличия электростатического поля, различные частицы будут демонстрировать различное поведение в фильтрующей конструкции, что обусловлено их химическим составом, размером, формой, зарядом и множеством других факторов. Это делает

невозможным использование существующих математических моделей поведения частиц в электростатическом поле. А использование таких моделей может дать лишь приблизительные результаты. Все это делает необходимым создание новой математической модели, учитывающей особенности фотоионизации, и проведение экспериментов, подтверждающих, что использование фотоионизации, способно повысить эффективность электростатической фильтрации.

На сегодняшний день проверка эффективности фильтрующих систем проходит с использованием парафинового и солевого аэрозолей размером порядка 0,5 мкм. Так как электростатическая фильтрация, усиленная фотоионизирующим эффектом, может оказаться чувствительной к химическому составу фильтруемых частиц, такой эксперимент не будет соответствовать желаемому разнообразию химических составов.

Для проведения корректного эксперимента, учитывающего химическую специфику фильтруемых частиц, могут использоваться волоконные индикаторные материалы [4]. Такие материалы на основе ионитов показали высокую эффективность в определении химических признаков аэрозолей и могут использоваться в качестве индикаторов в системах глубокой очистки воздуха и СИЗОД.

Исходя из актуальности проблемы вредного воздействия ультрадисперсных аэрозолей на организм человека, недостатков современных способов защиты органов дыхания, в частности электростатических, появления новых малозатратных методов фотоионизации аэрозолей, тема повышения эффективности фильтрующих устройств масок от ультрадисперсных аэрозолей является актуальной. А новые средства индикации делают возможным экспериментально доказать эффективность и специфику таких методов.

Литература

1. Тумилович, М. В. Повышение эффективности очистки воздуха от ультрадисперсных частиц под воздействием электрических полей. – 1-е изд. / М. В. Тумилович, А. Г. Кравцов. – Lambert Academic Publishing, 2021. – 68 с.
2. Hyouk-Soo K. Ultrafine particles: unique physicochemical properties relevant to health and disease / K. Hyouk-Soo, H. R. Min, C. Christopher // *Experimental & Molecular Medicine*. – 2020. – № 52.
3. Robert T. Measuring ultrafine aerosols by direct photoionization and charge capture in continuous flow / Robert T. Nishida, Adam M. Boies & Simone Hochgreb // *Aerosol Science and Technology*. – 2018. – № 5. – P. 546–556 p.
4. Косандрович, Е. Г. Индикаторные материалы на основе волоконистых ионитов для визуализации ресурса фильтров химической очистки воздуха / Е. Г. Косандрович, В. С. Солдатов, Л. Н. Шаченкова. – ИФОХ НАН, 2020. – 143–149 с.