

УДК 614.89

С.І. Чеберячко, канд. техн. наук, доц.,
М.М. Наумов,
Д.І. Радчук

Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: md2185@mail.ru

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПИЛОВИХ РЕСПІРАТОРІВ ЗА ТЕСТ-АЕРОЗОЛЕМ „ПАРАФІНОВА ОЛИВА“

S.I. Cheberiyachko, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.,
M.M. Naumov,
D.I. Radchuk

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: md2185@mail.ru

ABOUT DETERMINATION OF THE DUST MASK PROTECTIVE EFFICIENCY BY THE TEST AEROSOL „PARAFFIN OIL“

Мета. Метою даної роботи є дослідження впливу основних показників тест-аерозолі та устаткування на коефіцієнт проникнення респіраторів та фільтрувальних матеріалів, оскільки до впровадження гармонізованих європейських стандартів використовувався інший тест-аерозоль. На даний момент використовується парафінова олива, і вплив устаткування на коефіцієнт проникнення ще не досліджено.

Методика. Для проведення досліджень використовувалися методи, що зазначені у ДСТУ EN 149:2003 „Засоби індивідуального захисту органів дихання. Півмаски фільтрувальні для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування“, з визначення коефіцієнта проникнення та коефіцієнта підсмоктування респіраторів на муляжі та випробувачах.

Результати. Встановлено, що зменшення температури нагрівання та тиску повітря в генераторі призводять до збільшення діаметра частинок тест-аерозолі, а тому і змінює сам процес проникнення. Проведені випробування з насичення матеріалу тест-аерозолем вказують, що він триває перші 3 хв., потім значення коефіцієнта проникнення стабілізуються. Зі збільшенням витрати повітря коефіцієнт проникнення зростає, оскільки зменшується дія електростатичного механізму уловлювання частинок тест-аерозолі. Також однією зі встановлених залежностей є те, що коефіцієнт проникнення тест-аерозолі не залежить від концентрації шкідливих речовин у випробувальній камері.

Наукова новизна. Встановлено залежності величини захисної ефективності респіратора від часу проведення випробувань, температури, тиску, що дозволяє імітувати різноманітні тест-аерозолі.

Практична значимість. Відпрацьована методика визначення захисної ефективності респіраторів під час випробування нових марок півмасок.

Ключові слова: *респіратор, коефіцієнт проникнення, парафінова олива, методика випробувань, захисна ефективність, випробувальна камера*

Актуальність. Згідно із Законом України „Про підтвердження відповідності“ дозволяється застосовувати на виробництві протипилові респіратори, що пройшли процедуру оцінки відповідності, підтверджену документально. За вимогами ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006 „Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования (ГОСТ 12.4.041-2001)“ головна функція фільтрувальних протипилових засобів індивідуального захисту органів дихання – це забезпечення очищення повітря, що вдихається, від шкідливих речовин до вмісту, який не перевищує гранично допустимих концентрацій. У той же час використання неякісних протипилових респіраторів призводить до збільшення професійних захворювань на пилові бронхіти та пневмококіозу [1, 2]. Отже, забезпечення надійного захисту органів дихання працівників є актуальною задачею. Для її вирішення на території України у 2004 р. були вве-

дені нові, гармонізовані з європейськими, стандарти, вимоги яких добре відтворюють вплив умов експлуатації на працездатність засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД).

Постановка задачі. Одним із основних методів оцінки захисних властивостей протиаерозольних засобів індивідуального захисту органів дихання є визначення їх коефіцієнта проникнення за тест-аерозолем „парафінова олива“. Раніше якість респіраторів перевірялася за тест-аерозолем „масляний туман“. Більше ніж за піввікове існування цього методу, його параметри були відпрацьовані і зрозумілі. Апаратура та основні вимоги до випробувань містилися в декількох державних стандартах: ГОСТ 12.4.156-75 „ССБТ. Противогозы и респираторы промышленные фильтрующие. Нефелометрический метод определения коэффициента проницаемости фильтрующе-поглощающих коробок по масляному туману“, ГОСТ 12.4.157-75 „Система стандартов безопасности труда. Противогозы и респираторы промышленные фильтрующие. Нефелометрический метод оп-

ределения коэффициента подсоса масляного тумана под лицевую часть“ та ГОСТ 12.4.119-82 „ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Метод оценки защитных свойств по аэрозолям“. Крім того, цей метод детально був описаний у декількох монографіях. Тобто, не виникає проблем із визначенням основних параметрів аерозолу в камері, впливу мікроклімату, загального часу проведення випробування одного зразка, кількості замірів, початку і кінця одного відліку, статистичної обробки результатів вимірювань. Не зважаючи на те, що в ДСТУ коротко наведена процедура випробування фільтрів респіраторів за тест-аерозолем парафінова олива, вказані умови проведення випробувань та пояснення щодо використання необхідного обладнання все ж таки зостаються не з'ясовані питання. Наприклад, наскільки на величину коефіцієнта проникнення вплине зміна умов випробувань, адже в стандарті наведено рекомендований діапазон цих показників.

Отже, перед нами постає задача визначення впливу незначних змін у процедурі випробувань на показник коефіцієнта проникнення.

Метод випробування. Принципова схема установки з визначення коефіцієнту проникнення респіраторів за тест-аерозолем „парафінова олива“ наве-

дена на рис. 1. Сутність методу полягає в тому, що в спеціальному пристрої – генераторі 9 під тиском повітря 4 бар та температури 100–110⁰С підготовлюється тест-аерозоль із парафінової оливи з концентрацією (20±5 мг/м³). Далі зі швидкістю 13,5 дм³/хв він потрапляє у змішувач 30, де розбавляється чистим повітрям зі швидкістю 50 дм³/хв. Потім аерозольна суміш потрапляє у повітрорудку, де ще раз розбавляється чистим повітрям зі швидкістю 83 дм³/хв. Отриманий аерозоль є полідисперсним із середнім діаметром частинок 0,4 мкм. Потім він потрапляє у випробувальну камеру 11, в якій закріплено фільтр або півмаска 20. За допомогою аспіратора 13, з початку з камери, а потім з-під фільтра відсмоктується тест-аерозоль зі швидкістю 95 дм³/хв., що потрапляє до інтегрального фотометра 25 для визначення концентрації частинок. Його принцип дії заснований на лінійному перетворенні світлового потоку, що розсіюється аерозольними частинками, в електричний струм. Аерозоль, що подається до камери фотометра у вигляді струменя, концентрично обмеженого потоком чистого повітря, висвітлюється. Світловий потік подається на фотоприймач. Фотоприймач перетворює світловий сигнал в електричний струм, що після підсилення вимірюється мікроамперметром.

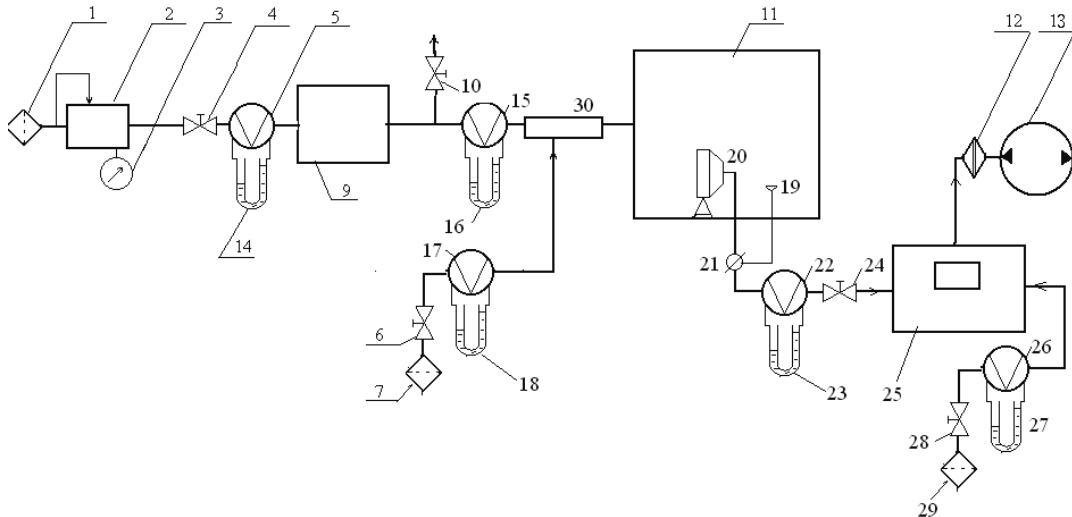


Рис. 1. Принципова схема установки: 1, 7, 29 – фільтри до протигазів (3 штуки); 2 – стабілізатор тиску, 3 – манометр; 4, 6, 10, 24, 28 – регульовальні вентилі (5 штук); 5, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 26, 27 – ротаметри та діафрагми загальною кількістю 5 штук: 3 штуки – 95 л/хв.; 1 – 50 л/хв.; 1 – 13 л/хв.; 9 – генератор аерозолу; 11 – випробувальна камера (оргскло 500 X 500 мм); 12 – фільтр очищення; 13 – аспіратор; 19 – пробовідбірник; 20 – тримач фільтру; 21 – перемикач (потрійний); 25 – фотометр; 30 – змішувальна камера

У результаті обраховується коефіцієнт проникнення, як співвідношення концентрацій тест-аерозолу до і після фільтрувального елемента [3]

$$K = \frac{I_2 - I_0}{I_1 - I_0},$$

де I_2 – показник фотометра після фільтрування; I_1 – показник фотометра до фільтрування; I_0 – фонові показники фотометра.

Перед початком випробувань необхідно за допомогою спеціальної призми визначити діапазон вимірю-

вань фотометра та його власне фонове світлорозсіювання. Для визначення дисперсності аерозолу – встановлюємо перший перемикач „призма“ в положення „⊥“, а другий у положення „||“, потім вмикаємо корегуючий поглинач. Визначити значення діапазону вимірювань і зафіксувати показники мікроамперметра. Потім другий перемикач перевести в положення „⊥“ та знову зняти відлік за мікроамперметром. Співвідношення отриманих показників дає змогу визначити розмір аерозольних частинок за графіком, що додається в інструкції з експлуатації фотометра (рис. 2).

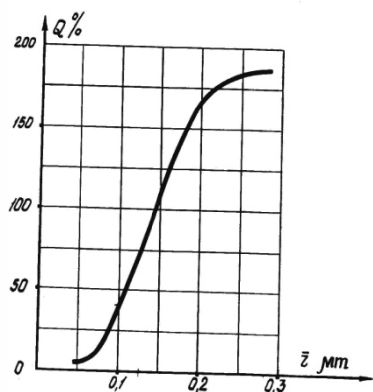


Рис. 2. Залежність деполаризації світла (Q) від радіусу часток (r)

Результати. Для експериментів було відібрано 40 шт. фільтрувальних елементів до респіратора РПА-ТД, що виготовлені на підприємстві „Стандарт“.

Спочатку було визначено вплив температури нагрівання парафінової оливи та зміни тиску повітря в генераторі на розміри аерозольних частинок, що потрапляють у випробувальну камеру (рис. 3, 4).

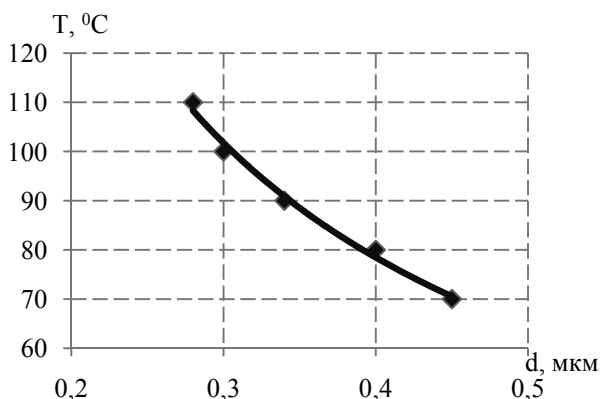


Рис. 3. Залежність розміру частинок тест-аерозолу (d) від температури нагрівання генератора оливи (T)

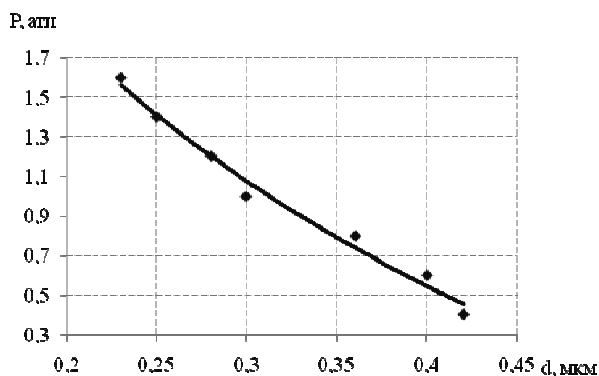


Рис. 4. Залежність розміру частинок (d) тест-аерозолу від тиску повітря в генераторі оливи (P)

Бачимо, що зменшення температури нагрівання та тиску повітря в генераторі призводять до збільшення діаметра частинок тест-аерозолу. Визначення захисної ефективності респіраторів проводять із використанням найбільш небезпечного діапазону аерозольних частинок для людини (1,5–6 мкм). Якщо ЗІЗОД у таких умовах мають високий результат, то в інших випадках він буде тільки покращений. Так, провівши випробування при низькій температурі парафінової оливи та низькому тиску повітря в генераторі, звичайно, отримаємо кращі показники фільтрування в порівнянні зі стандартними умовами. Це пояснюється тим, що при збільшенні частинок тест-аерозолу посилюється інерційний механізм уловлювання [4].

Також цікавим є визначення характеристик впливу часу проведення випробувань на властивості фільтрувальних матеріалів (рис. 5). Насичення фільтра тест-аерозолем проходить у діапазоні 0,5–3 хв, потім значення коефіцієнта проникання стабілізуються, що говорить про можливість фіксування відліку показників мікроамперметра. Загальний час проведення випробувань повинен складати не менше 3 хв.

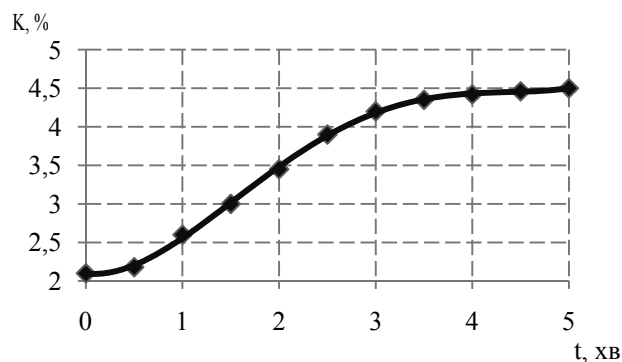


Рис. 5. Залежність коефіцієнта проникнення (K) тест-аерозолу від часу проведення випробування (t)

Ще одне питання – це зміна швидкості фільтрування (рис. 6). Зрозуміло, що зі збільшенням витрати повітря коефіцієнт проникнення зростає, оскільки зменшується дія електростатичного механізму уловлювання частинок тест-аерозолу, що є одним із головних при фільтруванні малодисперсних аерозольних частинок [5].

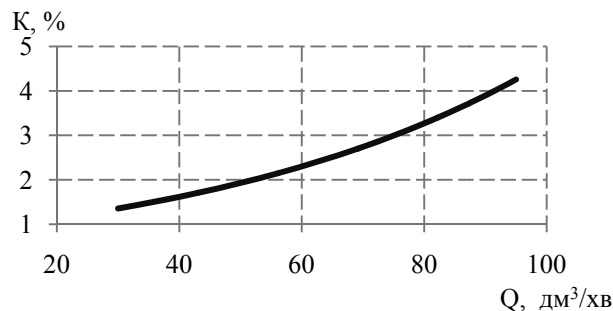


Рис. 6. Залежність коефіцієнта проникнення (K) тест-аерозолу від витрати повітря (Q) через фільтр респіратора

Останнім визначаємо залежність концентрації тест-аерозолу аерозольної суміші у випробувальній камері на захисний коефіцієнт респіратора. Для цього змінюємо кількість повітря, що потрапляє до змішувача. Визначення концентрації проводили гравітаційним методом. Результати проведення експерименту наведено на рис. 7.

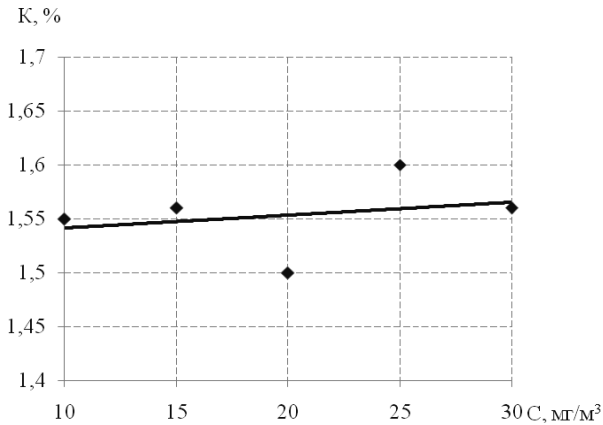


Рис. 7. Залежність коефіцієнта проникнення (К) тест-аерозолу від його концентрації (С) у випробувальній камері

Отриманий результат був очікуваний, коефіцієнт проникнення тест-аерозолу не залежить від концентрації шкідливих речовин у випробувальній камері. Ми вважаємо, що початкова концентрація випробувального аерозолу задається параметрами установки і строком експлуатації фотометра. Так, зі збільшенням кількості частинок, що потрапляють в оптичну систему фотометра, у нього збільшується похибка вимірювань.

Висновки. Отже, для того, щоб отримати можливість порівнювати захисні властивості різних респіраторів необхідно дотримуватись заданих параметрів випробувань: температури нагріву генератора, тиску повітря в ньому, швидкості випробувань, концентрації тест-аерозолу у випробувальній камері, часу проведення випробувань. Дослідження показали, що навіть незначне відхилення цих показників від стандартних може призвести до отримання завищених або занижених результатів коефіцієнта проникнення респіраторів.

Для забезпечення точності вимірювань рекомендується записувати всі вихідні параметри випробувань. Навіть, якщо за будь-яких причин буде неможливо їх забезпечити у відповідності до стандарту. Буде можливість врахувати похибку випробувань, користуючись наведеними вище дослідженнями.

Список літератури / References

1. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: Справочное руководство / П.И. Басманов, С.Л. Каминский, А.В. Коробейников, М.Е. Трубицына.– С.Пб.: ГИПП „Искусство России“, 2002. – 399 с.
 Basmanov, P.I., Kaminskiy, S.L., Korobeinikov, A.V. and Trubitsina, M.Ye. (2002), *Sredstva individualnoy zashchity organov dykhaniya: Spravochnoe rukovodstvo*

[Respiratory Protective Devices: Manual], GIPP „Iskusstvo Rossii“, St. Petersburg, Russia.

2. Голінько В.І. Роль засобів індивідуального захисту органів дихання у профілактиці пилової етіології / В.І. Голінько, С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ, 2006. – №7. – С. 67–70.

Holinko, V.I., Cheberiachko, S.I. and Cheberiachko, Yu.I. (2006), “Role of respiratory protection devises in dust aetiology”, *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 7, pp. 67–70.

3. ДСТУ EN 149:2003. „Засоби індивідуального захисту органів дихання. Півмаски фільтрувальні для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування“. Введ. 01.10.2004. – К.: Держспоживстандарт, 2003. – 26 с.

DSTU EN 149:2003. (2003), *Zasoby indyvidualnoho zakhystu orhaniv dykhannia. Pivmasky filtruvalni dlia zakhystu vid aerezoliv. Vymohy, vyprobuvannia, markuvannia* [Respiratory Protective Devices. Filtering Half Mask for Protection from Particulate Pollutants. Requirements, Testing, Marking]. Valid since October 1, 2004, Derzhspozhyvstandart, Kyiv, 26 p.

4. Коробейникова А.В. Особенности использования счетного метода определения концентрации хлорида натрия для оценки коэффициента защиты респираторов и фильтрующих материалов / Коробейникова А.В. // Безопасность труда в промышленности. – 2001. – №8. – С. 42–44.

Korobeynikova, A.V. (2001), “Features of counting method for determining of sodium chloride concentration to assess the protection volume of respirators and filtering materials”, *Bezopasnost truda v promyshlennosti*, no. 8, pp. 42–44.

5. Засоби індивідуального захисту органів дихання / В.І. Голінько, С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук, Ю.І. Чеберячко. – Дніпропетровськ: ЧП Федоренко С.С., 2009. – 93 с.

Holinko, V.I., Cheberiachko, S.I., Radchuk, D.I. and Cheberiachko, Yu.I. (2009), *Zasoby indyvidualnoho zakhystu orhaniv dykhannia* [Respiratory Protective Devices], ChP Fedorenko S.S., Dnipropetrovsk, Ukraine.

Цель. Целью данной работы является исследование влияния основных показателей тест-аэрозоля на коэффициент проникания респираторов и фильтрующих материалов, поскольку до введения гармонизированных европейских стандартов использовался другой тест-аэрозоль. Сейчас используется парафиновое масло, и влияние оборудования на коэффициент проникания еще не исследовано.

Методика. Для проведения испытаний использовались методы, описанные в ДСТУ EN 149:2003 „Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Полумаски фильтрующие для защиты от аэрозолей. Требования, испытания, маркировка“, по определению коэффициента проникания и коэффициента подсоса на муляже и испытателях.

Результаты. Установлено, что уменьшение температуры нагрева и давления в генераторе приводят к

увеличению диаметра частиц тест-аэрозоля, а потому и изменяется сам процесс проникания. Проведенные испытания по насыщению материала тест-аэрозолем показывают, что он длится первые 3 мин, потом значение коэффициента проникания стабилизируются. С увеличением расхода воздуха коэффициент проникания увеличивается, поскольку уменьшается действие электростатического механизма улавливания частиц тест-аэрозоля. Также одной из установленных зависимостей является то, что коэффициент проникания тест-аэрозоля не зависит от концентрации вредных веществ в испытательной камере.

Научная новизна. Установлены зависимости величины защитной эффективности респиратора от времени проведения испытаний, температуры, давления, которые позволяют имитировать различные тест-аэрозоли во время испытания новых марок полумасок.

Практическая значимость. Отработана методика определения защитной эффективности респираторов.

Ключевые слова: *респиратор, коэффициент проникания, парафиновое масло, методика испытаний, защитная эффективность, испытательная камера*

Purpose. To study of the influence of the main features of the new test aerosol introduced according to the harmonized European standards on the penetration coefficient of respirators and filtering materials. Now the paraffin oil should be used and its influence on penetration coefficient of the equipment has not been researched yet.

Methodology. Methods described in DSTU EN 149:2003 “Respiratory Protective Devices. Filtering Half Mask for Protection from Particulate Pollutants. Requirements, Testing, Marking” have been applied for testing of the penetration coefficient and leakage coefficient by means of the testing model and then by testers.

Findings. It was established that decreasing of the heating temperature and pressure in the atomizer leads to decreasing of the test aerosol particle diameter therefore the nature of the penetration process changes as well. Test results have shown that the saturation of the filtering material by the test aerosol lasts during the first 3 minutes thereafter penetration coefficient becomes stable. The penetration coefficient grows with the air flow increase because the electrostatic mechanism of the aerosol particles capture decreases. The penetration coefficient of the test-aerosol does not depend on its concentration in the testing box.

Originality. The protective efficiency dependence on testing time, temperature and pressure has been determined. This allows simulating different test aerosols during testing of new types of protective half mask.

Practical value. The procedure of respirator protective efficiency determination has been established.

Keywords: *respirator, penetration coefficient, paraffin oil, testing method, protecting efficiency, testing box*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Голіньком. Дата надходження рукопису 14.02.12.