

Ohorona pratsi: navch. posib. / Z.M.Yaremko, O.I. Tymoshuk, O.I. Tretyak, R.M. Kovtun. [A labour protection]. Lvov, 2010.
http://www.lnu.edu.ua/faculty/bzhd/OP/ohorona%20praci_chastyna%20I.pdf

12. Рунова, Г.Г. Исследование критериев зрительных условий труда / В.А. Герасименко, С.Н. Гармаш // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Сб. научн. тр. – Днепропетровск, ПГАСА, 2013. – С. 167-170.

Runova G.G., Gerasimenko V.A., Garmash S.M. Isledovaniye kriteriyev zritelnyh usloviy truda [The research of criteria of visual terms of labour // Building, materials sciences,

mechanic engineering: Collection of scientific papers Issue. № 65. - Dnipropetrovsk, PSAES, 2013. – P. 167-170].

http://pgasa.dp.ua/a/international%20conferences/inovacii/archive/vipusk_65_2013.pdf

13. Сапронов, Ю. Г. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю. Г. Сапронов, А. Б. Сыса, В. В. Шахбазян. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 320 с.

Sapronov Y.G., Sysa A. B., Shahbazyan V. V. Bezopasnost zhyznedeyatelnosti. [Safety of vital functions]. Moscow, 2006. <http://www.alleng.ru/d/saf/saf87.htm>

Статья рекомендована к публикации д-ром с.-х. наук, проф. В.Т. Сметаниным (Украина);

д-ром хим. наук, проф. В.М. Набивачем (Украина)

Поступила в редколлегию 01.09.2015

УДК 614.89

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПИЛОВИХ РЕСПИРАТОРІВ ПРИ НАЯВНОСТІ ДОДАТКОВИХ ВИТОКІВ

ГОЛІНЬКО В.І., ^{1*} *д.т.н, проф.*,
КОЛЕСНИК В.Є., ^{2*} *д.т.н, проф.*,
ЧЕБЕРЯЧКО С.І., ^{3*} *к.т.н, доц.*

^{1*} завідувач кафедри аерології та охорони праці, Державного ВНЗ Національний гірничий університет, вул. К.Маркса, 19, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-06-77, golinko@nmu.org.ua orcid.id: 000-0001-6069-0515

^{2*} Професор кафедри екології Державного ВНЗ Національний гірничий університет, вул. К.Маркса, 19, 49000, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(066) 440-79-87, kolesnikve@yahoo.com orcid.id/0000-0003-2349-3576

^{3*} Доцент кафедри аерології та охорони праці Державного ВНЗ Національний гірничий університет, вул. К.Маркса, 19, 49000, Дніпропетровськ, Україна, +38 (056) 373-06-77, sihc@yandex.ua, orcid.id: 0000-0003-3281-7157

Анотація. Мета. Удосконалення процедури перевірки ізолювальних властивостей фільтрувальних півмасок відповідно до стандарту EN 140. **Методика.** Проведення перевірки фільтрувальних півмасок проводиться на десяти дослідниках зі встановленими імітаторами фільтрів на тест-аерозолях натрій хлор і парафінова олива. При проведенні перевірки потрібно виконати 7 вправ тривалістю 2 хвилини. **Результати.** Розроблено спосіб перевірки ізолювальних властивостей півмасок з урахуванням впливу підсмоктування повітря за смугою обтюраторії. Він заснований на порівнянні величин опору диханню респираторів герметично закріпленої півмасці на манекені голови з півмаскою зі встановленими в смугу обтюраторії трубочками певного розміру і діаметру, які моделюють щілини. Різниця між цими опорами диханню дозволяє визначити значення зазору між маскою і обличчям випробувача. Також наведені результати, які вказують на вплив місця розташування підсосу повітря по смугі обтюраторії на захисну ефективність. **Наукова новизна.** Встановлено залежність коефіцієнта проникання тест-аерозолу від величини опору повітряному потоку фільтра і місця розташування щілини підсмоктування повітря. Показано, що під маскою спостерігається різна динаміка потоків і найбільше впливають на коефіцієнт проникнення зазори біля щік. **Практична цінність.** Розроблено методику проведення вимірювання ізолювальних властивостей фільтрувальних півмасок. Встановлено, що зазори до одного міліметра за обтюратором не впливають на захисну ефективність респираторів.

Ключові слова: Респиратор, опір повітряному потоку, коефіцієнт проникнення, фільтр.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОПЫЛЕВЫХ РЕСПИРАТОРОВ ПРИ НАЛИЧИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОДСОСОВ ВОЗДУХА

ГОЛІНЬКО В.І., ^{1*} *д.т.н, проф.*,
КОЛЕСНИК В.Є., ^{2*} *д.т.н, проф.*,
ЧЕБЕРЯЧКО С.І., ^{3*} *к.т.н, доц.*

1* Заведующий кафедры аэрологии и охраны труда Государственное высшее учебное заведение Национальный горный университет, ул. К.Маркса, 19, 49000, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373-06-77, golinko@nmu.org.ua orcid.id: 000-0001-6069-0515

2* Профессор кафедры экологии Государственное высшее учебное заведение Национальный горный университет, ул. К.Маркса, 19, 49000, Днепропетровск, Украина, тел. +38(066) 440-79-87, kolesnikve@yahoo.com orcid.id 0000-0003-2349-3576

3* Доцент кафедры аэрологии и охраны труда Государственное высшее учебное заведение Национальный горный университет, ул. К.Маркса, 19, 49000, Днепропетровск, Украина, +38 (056) 373-06-77, sihc@yandex.ua, orcid.id: 0000-0003-3281-7157

Аннотация. Цель. Усовершенствование процедуры проверки изолирующих свойств фильтрующей полумаски в соответствии со стандартом EN 140. **Методика.** Проведение проверки фильтрующей полумаски проводится на десяти исследователях с установленными имитаторами фильтров на специальных тест-аэрозолях натрия хлорид и парафиновое масло. При проверке необходимо выполнить 7 упражнений продолжительностью 2 минуты. **Результаты.** Разработано способ проверки изолирующих свойств полумаски с учетом влияния подсоса воздуха по полосе обтюрации. Он основан на сравнении величин сопротивлений дыханию респираторов герметически закрепленной полумаски на манекене головы с полумаской у которой размещены по полосе обтюрации трубочки заданного размера и диаметра, которые моделируют щели. Разница между этими сопротивлениями позволит определить величину зазора между маской и лицом исследователя. Полученный результат позволяет оценить значение расположения зазора на снижение защитной эффективности респиратора. **Научная новизна.** Определено зависимость коэффициента проникновения тест-аэрозоля от величины сопротивления дыханию фильтра и места расположения зазора подсоса воздуха. Доказано влияние динамики потоков под маской на значение коэффициента защиты респиратора. **Практическая значимость.** Разработана методика проведения исследования изолирующих свойств полумаски. Показано, что зазоры до одного миллиметра по полосе обтюрации не влияют на защитную эффективность полумаски.

Ключевые слова: Респиратор, сопротивление дыханию, коэффициент проникновения, фильтр.

STUDY OF PROTECTIVE EFFICIENCY OF DUST RESPIRATORS IN TERMS OF AVAILABLE ADDITIONAL LEAKAGE POINTS

GOLINKO V.I.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

KOLESNIK V.E.^{2*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

CHEBERIACHKO S.I.^{3*}, *Cand. Sc. (Tech.)*

1* The department of Aerology and labour protection the State High School "National mining university" Karl Marx av., 19, 49005, Dnepropetrovsk, Ukraine Tel. 38 (056) 373-06-77, golinko@nmu.org.ua orcid.id: 000-0001-6069-0515

2* Professor of the Ecology Department of the State Higher Educational Institution National Mining University, ul. Karl Marx, 19, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine Tel. 38 (066) 440-79-87, kolesnikve@yahoo.com orcid.id:0000-0003-2349-3576

3* Associate Professor, Department of aerology and labor protection of the State Higher Educational Institution National Mining University, ul. Karl Marx, 19, 49005, Dnepropetrovsk, Ukraine +38 (056) 373-06-77, sihc@yandex.ua, orcid.id: 0000-0003-3281-7157

Abstract. Purpose. EN 140 standard requires testing of insulation properties of respirators (aspiration coefficient along obturation line). **Methodology.** The test is performed with the help of ten examiners with the mounted filter simulators with sodium chloride and paraffin oil test-aerosols. While testing it is necessary to do 7 exercises (each of them lasts 2 minutes). It requires considerable timing; moreover it is unknown how beneficial it is to do the exercises for such a long period of time. **Findings.** This research studied the method to test aspiration effect upon protective properties by means of measuring respirator resistance. To do this it is necessary to determine half-mask resistance using dummy head being fixed hermetically in terms of specified values of air aspiration along obturation line. **Originality.** The difference between these resistances makes it possible to determine the value of the gap between a half-mask and test person's face. There are also the results indicating the effect of air aspiration location along obturation line upon protective efficiency. **Practical value.** It has been determined that different flow dynamics can be observed under the mask; gaps near cheek have the most considerable effect upon penetration coefficient. It has been specified that gaps up to 1 mm have minor effect upon protective efficiency of respirators.

Keywords: Respiratory, breathing resistance, penetration coefficient filter.

Вступ

Від захисної ефективності фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання залежить ймовірність захворювання працівників на пилову етіологію. В той же час експериментальні дослідження показують, що цей основний показник респираторів є величиною непостійною і залежить від

багатьох чинників. Головними з них вважають якість фільтрувальних елементів і щільність прилягання півмаски до лица. Якщо, фільтри характеризуються високими захисними властивостями, що не викликає сумнівів, то смуга обтюрації має багато нарікань і рахується «слабким місцем» ЗІЗОД. Кожна людина має свої антропометричні особливості обличчя,

врахувати які при серійному виробництві захисних півмасок вкрай складно. Виробники весь час намагаються знайти оптимальне вирішення цієї проблеми. Наприклад, у деякі одноразові респіратори в обтюратор було вставлено гумовий шнур, який за задумом розробників, повинен забезпечити щільне прилягання до лица [1]. У еластомерних півмасках, таким чином, проблему вирішити не можна. Тому розроблено безліч конструкторських рішень: від декількох типорозмірів півмасок, до спеціальних вставок, за допомогою яких намагаються врахувати різну антропометрію облич [2]. І пошук на сьогодні не завершений. Таким чином, важливим етапом вирішення цієї проблеми є перевірка ефективності нових моделей респіраторів.

Мета

В нормативній базі EN 140 існують вказівки з визначення величини підсмоктування забрудненого повітря готових виробів, яка повинна складати не більше 5 %. Однак, виникають складнощі у порівнянні отриманих даних від різних випробувачів та півмасок через їх особливості будови, та неможливість визначити величину витоків. Крім того, на практиці, бачимо, що навіть у респіраторах, які пройшли випробовування, підсмоктування можуть відрізнятися від лабораторних, що значною мірою впливає на оцінку пилового навантаження працівників. Існують публікації, які вказують на недоліки лабораторних випробувань, зокрема величина підсмоктувань визначена на десятих добровольцях можливо буде відтворена тільки у працівників з параметрами обличчя, які схожі на тих людей, що приймали участь у випробуваннях [3]. Крім того, під час експлуатації опір дихання фільтра весь час змінюється, що може збільшити надходження не фільтрованого повітря через нещільність смуги обтюраторії. Також, деякі дослідники вказують на ймовірність значних похибок вимірювань ізолювальних властивостей через невизначеність динаміки потоків під маскою [4], місця розташування пробовідбірного зонду [5], концентрації випробувальної речовини у камері [6]. Навіть, сама конструкція пробовідбірного зонду має значний вплив на отриманий результат [7]. В тім нещодавно було запропоновано метод визначення коефіцієнта підсмоктування виходячи зі зміни розрідження під маскою [8]. Автори затверджують, що це не дорогий і простий спосіб. Сутність якого полягає в тому, що з респіраторів на деякий час знімають фільтри і приєднують датчик тиску. При затримці дихання вимірюється зменшення розрідження під маскою, за яким можна судити про наявність підсмоктувань. Однак, запропонований спосіб не враховує вплив об'єму підмаскового простору і еластичність півмаски, яка може значно вплинути на величину підсмоктування повітря. Отже, дана публікація присвячена розробці ефективної моделі з перевірки якості смуги обтюраторії ЗІЗОД.

Методика

Представимо, що в підмасковий простір респіратора є два канали надходження повітря: через фільтр і витoki між обличчям і півмаскою (рис. 1). Зрозуміло, що при постійній загальній витраті повітря, зменшення надходжень на одному каналі, призведе, до їх збільшення на іншому. До такого ефекту може призвести і використання високоефективних фільтрувальних елементів з підвищенням опором дихання, без забезпечення надійного прилягання обтюратора. Взагалі захисна ефективність респіратора в такому випадку навіть погіршується.

Коефіцієнт проникнення респіратора буде залежати від ступеню очищення повітря фільтром і кількості проникання аерозольних частинок через нещільність смуги обтюраторії [9]

$$K_n^p = \frac{Q_\phi}{Q_s} K_n^\phi + \frac{Q_e}{Q_s} K_n^e = (1-q)K_n^\phi + qK_n^e \quad (1)$$

де Q_s – загальна витрата повітря через респіратор, м³/с; Q_ϕ – витрата повітря через фільтрувальний елемент, м³/с; Q_e – витрата повітря через щілини у смугі обтюраторії, м³/с; K_n^ϕ – коефіцієнт проникнення через фільтрувальний елемент; K_n^e – коефіцієнт проникнення через витoki за смугою обтюраторії; $q = \frac{Q_e}{Q_s}$ – відносний витік повітря.

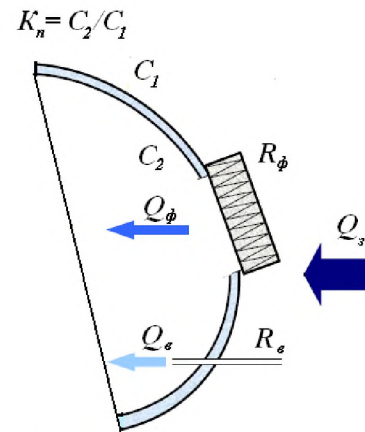


Рис. 1. Спрощена схема потоків аерозолів у респіраторах / Simplified scheme of aerosol flows in respirators

Зокрема ступінь проникнення шкідливих речовин, через фільтр респіратора можна розрахувати за формулою [9]:

$$K_n^\phi = 10^{-\alpha(\Delta p/v)} \quad (2),$$

де α – коефіцієнт фільтрувальної дії м/Па·с; Δp – перепад тиску на респіраторі, Па; v – швидкість повітряного потоку, м/с.

$$\alpha = 0,434 \frac{a\beta\eta_e}{2\pi\mu}$$

де a – радіус волокна, м; β – щільність упакування волокон фільтруючого матеріалу, м; η_e – електростатичний коефіцієнт уловлювання шкідливих речовин; μ – динамічна в'язкість повітря, Н·с/м².

Величину електростатичного механізму уловлювання можна оцінити за формулою [10].

$$\eta_{эл} = k_0^{-1} \left(\frac{(\epsilon_k - 1)(\epsilon_2 - 1) 2E_0^2 R^2}{(\epsilon_k + 2)(\epsilon_2 + 1) 3\mu\alpha} \right)$$

де R – радіус аерозольної частинки, м; ϵ_k – діелектрична постійна аерозольної частинки; E_0 – поверхнева щільність зарядів на волокні, В/м; k – поправковий коефіцієнт, який враховує структуру розміщення волокон реального фільтрувального шару.

щільність заряду волокна; ϵ_k – діелектрична постійна частинки

Засмоктування частинок пилу через щілини за смугою обтюрації респіратору можна в першому наближенні порівняти з аспірацією аерозолу в пробозабірну трубочку або щілину. Skorистаємось в цьому випадку формулою для коефіцієнта осідання частинок запропоновану Хіндсом [11]

$$K_n^{c.o.} = 1 - 5,5k^{2/3} + 3,77k \text{ при } k < 0,009$$

$$K_n^{c.o.} = 0,819 \exp(-11,5k) + 0,0975 \exp(-70,1k) \text{ при } k > 0,009$$

$$\text{де } k = \frac{DL}{Q_e}; L - \text{довжина щілини або трубки, м;}$$

$Q_{c.o.}$ – витрата повітря через нещільності смуги обтюрації, м³/с; D – коефіцієнт дифузії.

Витоки за смугою обтюрації можна розрахувати, скориставшись теорією аеродинаміки. Так, перепад тиску на респіраторі з можливими щілинними підсмоктуваннями, виходячи з припущення, що рух повітряного потоку через фільтр підкоряється ламінарному режиму течії [12], можна визначити за формулами:

$$\begin{aligned} \Delta p &= R_p Q_s = R_\phi Q_\phi, \\ \Delta p &= R_e Q_e, \end{aligned} \quad (3)$$

де R_p – еквівалентний опір респіратору, Н·с/м⁵; R_ϕ – опір повітряному потокові фільтра, Н·с/м⁵; R_e – опір повітряному потокові щілин смуги обтюрації, Н·с/м⁵.

З формули (3) маємо

$$R_p Q_s = R_e Q_e,$$

або

$$R_p (Q_\phi + Q_e) = R_\phi Q_\phi,$$

звідки

$$Q_e = \frac{Q_\phi (R_\phi - R_p)}{R_p}, \text{ та } q = \frac{Q_e}{Q_s} = 1 - \frac{R_p}{R_\phi} \quad (4)$$

Еквівалентний опір респіратору і опір фільтра при відомому перепаду тиску і витраті повітря через них розраховують за формулами

$$R_p = \frac{\Delta p}{Q_s}; R_\phi = \frac{\Delta p}{Q_\phi}.$$

Величину витоку через нещільність за смугою обтюрації також можна визначити експериментально. Враховуючи, той факт, що у паралельних потоків повітря, перепад тиску буде однаковим, різницю між цими показниками у респіраторі з герметичною смугою обтюрації і негерметичною (рис. 2) можна пояснити наявністю додаткових підсмоктувань.

Отже, додаткові витоки відіграють важливу роль у забезпеченні захисної ефективності фільтрувальних ЗІЗОД. Враховуючи те, що їх вплив на фільтрувальні властивості респіраторів ідентифікувати дуже складно, деякими дослідниками рекомендується калібрувати ці витоки, за допомогою відомих розмірів отворів в смугі обтюрації і тим самим оцінювати коефіцієнт проникнення респіратору відповідно до відомої величини підсмоктування такого респіратору [13]. Його порівняння з таким же коефіцієнтом, отриманим за результатами експериментальних досліджень на людях, дозволить встановити якість смуги обтюрації ЗІЗОД (її герметичність), тобто враховувати антропометричні відмінності облич.

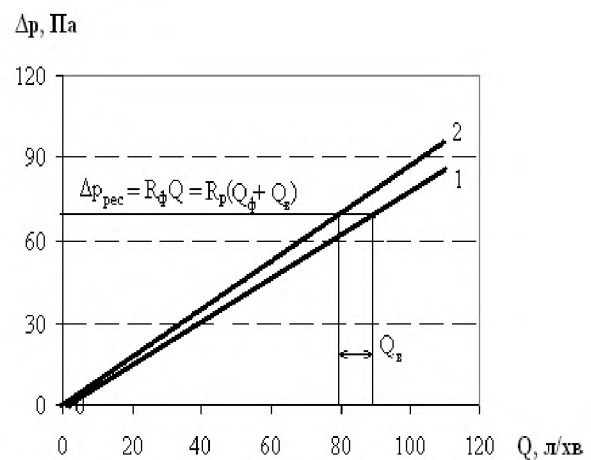


Рис. 2. Залежність перепаду тиску від витрати повітря: 1 – негерметично закріплена півмаска на муляжі голови; 2 – герметично закріплена півмаска на муляжі голови / Dependence of pressure differential upon air loss: 1 – leaking mask fixation on a dummy head; 2 – leak-proof mask fixation on a dummy head

На рис. 3 показано схему розміщення каліброваних трубок з внутрішнім діаметром 1 мм, 2 мм, 2,5 мм, 5 мм та довжиною 5 мм: в носо-губній зоні, в зоні підборіддя і щоки. Стенд для визначення перепаду тиску на ЗІЗОД наведено на рис. 4.



Рис. 3. Муляж головы з розміщеними трубками за смугою обтюрації / Dummy head with the tubes arranged along obturation line

Опір дихання фільтрів еластомерних півмасок визначали відповідно до EN 143. Респіратор герметично закріплювали на муляжі голови (за допомогою силікону) та визначали перепад тиску за допомогою мікроманометра (МКВ 2500) при витраті повітря 95 л/хв за формулою

$$\Delta p = (n_1 - n_0)k_1 \quad (5)$$

де n_i – відлік опору за мікроманометром, мм. вод. ст; n_0 – власний опір мікроманометра мм. вод. ст; k_1 – поправочний коефіцієнт на температуру та атмосферний тиск.

Закупорені трубочки відкривали по черзі і визначали перепад тиску на респіраторі з урахуванням підсмоктування за формулою (5).



Рис. 4. Стенд для визначення опору півмасок: 1 – пробовідбірник з підмаскового простору ЗІЗОД; 2 – шеффілдський манікен голови; 3 – дихальна машина / Stand to determine half-mask resistance: 1 – sampling device from MIPRO undermask space; 2 – Sheffield dummy head; 3 – respiratory machine

Для цього, витрату повітря через півмаску збільшували до досягнення такого перепаду тиску, який фіксувалася при герметичному обтюрації з

витратою повітря 95 л/хв. Тоді величину витоків через обтюратор можна розрахувати за формулою

$$Q_R = Q_1 - 95,$$

де Q_1 – витрата повітря зафіксована при досягненні необхідного перепаду тиску на ЗІЗОД, л/хв.

Відома величина витоків за смугою обтюрації цікава тим, що дозволить спрогнозувати захисну ефективність ЗІЗОД, що і є головним завданням. Визначення впливу підсмоктування на коефіцієнт проникнення респіраторів проводилось за тест-аерозолем парафінова олива з розподілом частинок від 0,02 мкм до 2 мкм. Концентрація аерозолу у випробувальній камері становила 20 мг/м³. Тривалість одного досліду складала 3 хв. За цей час визначався коефіцієнт проникнення за допомогою інтегрального фотометра. Вплив витоків на коефіцієнт проникнення за смугою обтюрації визначали шляхом порівняння показників отриманих на повністю герметичній півмасці та по черзі відкритими трубками для підсмоктування тест-аерозолу. Загальний вигляд стенду для проведення випробувань наведено на рис. 5.

Коефіцієнт проникнення визначали за формулою

$$K = \frac{I_2 - I_0}{I_1 - I_0} 100, \% \quad (6)$$

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

Результати

Отримані результати з визначення величини витрати повітря через вмонтовані в смугу обтюрації трубочки наведені в табл. 1. Бачимо, що зі збільшенням підсмоктування перепад тиску на респіраторі зменшувався (рис. 6).



Рис. 5. Загальний вигляд стенду: 1 – генератор аерозолу; 2 – ротаметри; 3 – мікроманометри рідинні; 4 – аспіратор; 5 – інтегральний фотометр; 6 – трьохходовий вентиль; 7, 8 – регульовані вентилі; 9 – випробувальна камера; 10 – спеціальна насадка для закріплення півмаски або муляж голови (для фільтрів тільки насадка) / Overall

view of a stand: 1 – aerosol generator; 2 – rotameters; 3 – liquid micromanometers; 4 – aspirator; 5 – integral photometer; 6 – three-way valve; 7, 8 – adjustable valves; 9 – test chamber; 10 – special mounting to fix half-mask or dummy head (filters require mounting only)

Таблиця 1

Витрати повітря через трубочки встановлені за смугою обтюрації
Air loss through the tubes mounted along obturation line

Діаметр трубок, мм	Перепад тиску на респіраторі, Па	Витрата повітря, л/хв		
		Загальна через респіратор	Витік через трубочку (експеримент)	Витік через трубки (за формулою)
1	78,2	95	0,89	0,91
2	77,4		2,01	1,83
2,5	76,9		2,11	2,03
5	71,3		5,02	4,65

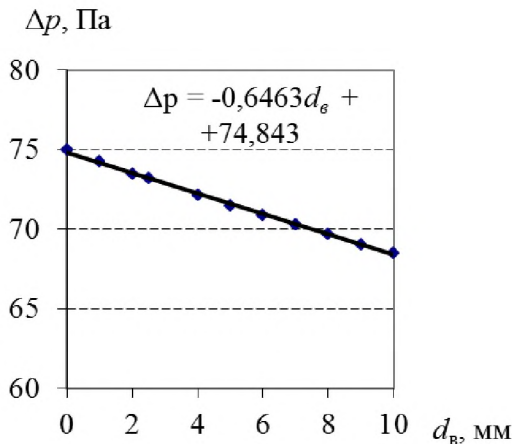


Рис. 6. Залежність перепаду тиску на півмасці від діаметру каліброваних трубочок за смугою обтюрації / Dependence of pressure differential on a half-mask upon the diameter of calibrated tubes along obturation line

Прокалібровані витоки та відношення величин перепаду тиску герметичної півмаски до отриманого результату одягненого респіратора на лиці, дозволяють встановити еквівалентний розмір «отвору» нещільності за смугою обтюрації. Тобто можна охарактеризувати властивість обтюратора півмаски, таким чином, враховувати антропометрію обличчя та оцінювати його герметичність.

На другому етапі досліджень визначали вплив розміщення витоків за смугою обтюрації на захисну ефективність респіратора при різних швидкостях фільтрування (60, 95, 110 л/хв). Результати наведені на рис. 7, 8. Їх аналіз дозволяє сказати наступне:

- найбільший коефіцієнт проникнення фіксувався при підсмоктуванні з боку щоки, найменший в області підборіддя;

- зі збільшенням діаметру витоків різниця між коефіцієнтами проникнення через розміщення трубочок зменшувалася;

- зі збільшенням швидкості фільтрування вплив місця підсмоктування на величину коефіцієнта проникнення також зменшується.

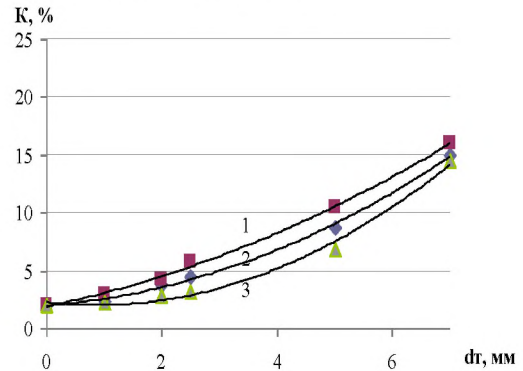


Рис. 7. Залежність коефіцієнта проникнення при витраті повітря 60 л/хв. від величини підсмоктування які розташовані в області щоки (1), носо-губній зоні (2), підборіддя (3) / Dependence of penetration coefficient in terms of 60 l/min air loss upon the values of aspiration points located within cheek (1), nosolabial (2), and chin (3) zones

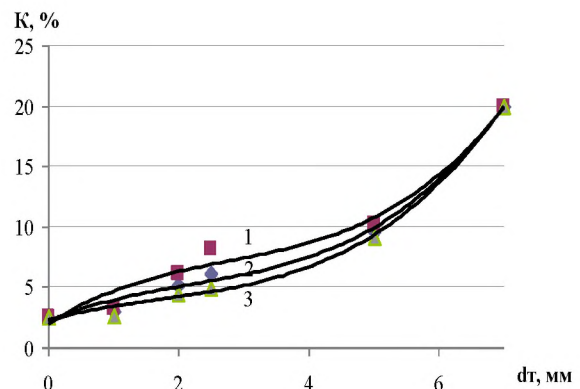


Рис. 8. Залежність коефіцієнта проникнення при витраті повітря 95 л/хв. від величини підсмоктування які розташовані в області щоки (1), носо-губній зоні (2), підборіддя (3) / Dependence of penetration coefficient in terms of 95 l/min air loss upon the values of aspiration points located within cheek (1), nosolabial (2), and chin (3) zones

На третьому етапі досліджень було встановлено вплив величини підсмоктування нефільтрованого повітря на коефіцієнт проникнення респіраторів (рис. 9, 10). Експериментальні результати порівнювались з теоретичними розрахунками отриманими за формулою (1). Бачимо, що величина розбіжності між теоретичними і експериментальними показниками складає 2 %

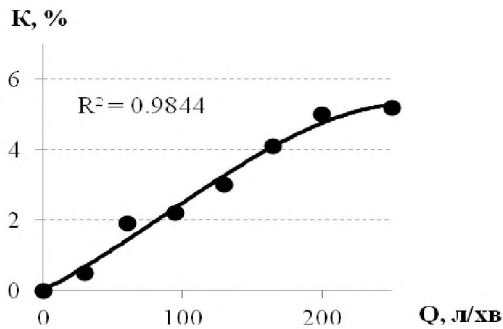


Рис. 9. Залежність коефіцієнта проникнення від витрати повітря на герметично закріпленому респіраторі / Dependence of penetration coefficient upon air loss on a respirator with leak-proof fixation

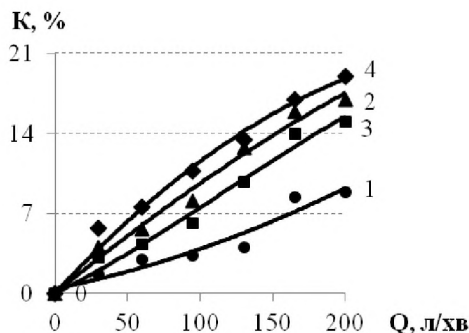


Рис. 10. Залежність коефіцієнта проникнення від витрати повітря на респіраторі з діаметром витoku: 1 – 1 мм; 2 – 2 мм; 3 – 2,5 мм; 4 – 5 мм / Dependence of penetration coefficient upon air loss on a respirator with following leakage diameters: 1 – 1 mm; 2 – 2 mm; 3 – 2.5 mm; 4 – 5 mm

Наукова і практична значимість

З урахуванням величин підсмоктувань через смугу обтюрації півмасок уперше визначено закономірності зміни коефіцієнтів проникнення та захисту протипилових респіраторів за тест-аерозолями від опору диханню фільтрувальних елементів, що дозволяє прогнозовано впливати на

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Каминский С.Л. Основы рациональной защиты органов дыхания на производстве: Учебное пособие / Каминский С.Л. – СПб.: Проспект Науки. – 2007. – 208 с.

Kaminskiy, S.L. (2007), *Osnovy ratsyonal'noy zashchity organov dykhaniya na proizvodstve* [Bases of rational respiratory protection at work], Study Guide, Prospekt nauki, St. Petersburg, Russia.

2. Эннан А.А. Взаимосвязь между защитной эффективностью и общим давлением респираторов / Эннан А.А., Шнейдер В.Г., Байденко Н.И., Миронов А.А. // Безопасность труда в промышленности. – 1994. – №11. – С. 11–12.

Ennan, A.A., Shneider, V.G., Baidenko, N.I. and Mironov, A.A. (1994), "Interrelation between the protective efficiency and the general pressure of respirators", *Bezopasnost truda v promyshlennosti*, no.11, pp. 11–12.

ізоляційні властивості респіраторів та встановити безпечний термін захисної дії.

Встановлено залежність між опором диханню фільтрів, розміром зазору за смугою обтюрації і величиною підсмоктувань, які погіршують коефіцієнт захисту ЗІЗОД. Запропоновано метод визначення еквівалентного отвору між обличчям і респіратором шляхом порівняння величин перепадів тиску між півмаскою, одягнутою на людину, та відповідним значенням у півмаски з розміщеними за смугою обтюрації трубочок певного діаметра і довжини, які імітують реальну щілину, що дозволило розраховувати реальну захисну ефективність ЗІЗОД у лабораторних умовах при імітації різних видів виробничого навантаження.

Висновки

У результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень було встановлено:

- залежність коефіцієнта проникнення респіатора від величини підсмоктування нефільтрованого повітря за смугою обтюрації;

- механізм визначення величини витоків через визначення різниці перепадів тиску герметично закріпленої півмаски і негерметичної;

- кількість повітря, яке проходить через відомі розміри трубочок, що розміщені за смугою обтюрації;

- залежність відносного перепаду тиску від розміру витoku для характеристики якості обтюрації;

- найбільший коефіцієнт проникнення фіксувався при підсмоктуванні з боку щоки, найменший в області підборіддя;

- зі збільшенням діаметру витoku різниця між коефіцієнтами проникнення через розміщення трубочок зменшується;

- зі збільшенням швидкості фільтрування вплив місця підсмоктування на величину коефіцієнта проникнення також зменшується;

- залежність коефіцієнта проникнення від витрати повітря на респіраторі з різними діаметрами витoku

3. Кириллов В.Ф. О средствах индивидуальной защиты органов дыхания работающих (обзор литературы) / В.Ф. Кириллов, А.А. Бунчев, А.В. Чиркин // ФГБУ "НИИ Медицины труда" Российской академии медицинских наук Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 4. – С. 25-31.

Kirillov, V. F. Bunchev, A. A. Chirkin, A. V. (2013). O sredstvakh individual'noy zashchity organov dykhaniya rabotayushchikh (obzor literatury) / // FGBU "НИ Meditsiny truda" Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya, 4, 25–31.

4. Голінько В.І. Дослідження захисної ефективності вітчизняних одноразових протипилових респіраторів за європейськими стандартами / В.І. Голінько, М.М. Наумов, С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2011. – № 5. – С. 118 – 121.

Holinko V.I., Naumov N.N., Cheberyachko S.I., Radchuk D.I. (2011) Investigation of the protective effectiveness of national disposable dust respirators in accordance with

European standards The thoughts of Metallurgical and Mining,- V. 5, P. 118 - 121.

5. Plebani C. Filtering facepieces: Effect of oily aerosol load on penetration through the filtering material. / C. Plebani, S. Listrani and M. Di. Luigi // *Ergonomics*. – 2010. – №101(4). – P. 293.

Plebani C., Listrani and M. Di. Luigi (2010). Filtering facepieces: Effect of oily aerosol load on penetration through the filtering material. *Ergonomics*, V. 101(4), P. 293

6. Crutchfield C.D. Effect of test exercises and mask donning on measured respirator fit / C.D. Crutchfield, E.O. Fairbank, S.L. Greenstein // *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. – 1999. – Vol. 14. – P. 827-837.

Crutchfield C.D., Fairbank E.O., Greenstein S.L. (1999) Effect of test exercises and mask donning on measured respirator fit. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, V. 14, P. 827-837.

7. Grinshpun S. Performance of an N95 filtering facepiece particulate respirator and a surgical mask during human breathing: two pathways for particle penetration / S. Grinshpun, H. Haruta, R.M. Eninger. // *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. – 2009. – Vol. 6. – P. 593–603.

Grinshpun S., Haruta H., Eninger R.M. (2009) Performance of an N95 filtering facepiece particulate respirator and a surgical mask during human breathing: two pathways for particle penetration. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, V. 6, P. 593–603.

8. Richardson A. W. Respirator filter efficiency testing against particulate and biological aerosols under moderate to high flow rates. / A. W. Richardson, J. P. Eshbough, K. C. Hofacre // *Rapport d'etude du Chemical Biological Center d'Edgewood ECBC-CR- 085*. – 2006. – 56 p.

Richardson A.W., Eshbough J.P., Hofacre K.C. (2006) Respirator filter efficiency testing against particulate and biological aerosols under moderate to high flow rates. *Rapport d'etude du Chemical Biological Center d'Edgewood ECBC-CR-08*, 5 56 p

9. Басманов П.И. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: Справочное руководство / Басманов

П.И., Каминский С.Л., Коробейников А.В., Трубицына М.Е. – СПб.: ГИПП „Искусство России“, 2002. – 399 с.

Basmanov, P.I., Kaminskiy, S.L., Korobeynikov, A.V. and Trubitsyna, M.Ye. (2002), *Sredstva individualnoy zashchity organov dykhaniya* [Respiratory Protective Equipment] Reference Guide, GIPP “Iskusstvo Rossii”, St. Petersburg, Russia.

10. Haruta H. Experimental and theoretical investigation of the performance of N95 respirator filters against ultrafine aerosol particles tested at constant and cyclic flows / H. Haruta, T. Honda, R.M. Eninger. // *Influenza and Other Respiratory Viruses*. – 2009. – Vol. 25. – P. 75-88.

Haruta H., Honda T., Eninger R.M. (2009) Experimental and theoretical investigation of the performance of N95 respirator filters against ultrafine aerosol particles tested at constant and cyclic flows. *Influenza and Other Respiratory Viruses*. V. 25., P. 75-88.

11. Hinds W. C. Performance of dust respirators with facial seal leaks experimental. *American Industrial Hygiene Association Journal*. – 1987. – № 48. – p. 836-841.

Hinds W.C. (1987) Performance of dust respirators with facial seal leaks experimental. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 48, P. 836-841.

12. Грачев В.А. Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): Пособие. / Грачев В.А., Собиур С.В. – М.: Пожнзна, 2006. – 288 с.

Grachev, V.A. and Sobyur, S.V. (2006), *Sredstva individualnoy zashchity organov dykhaniya (SIZOD)* [Respiratory Protective Equipment] Reference Guide], *Pozhkniga*, Moscow, Russia.

13. Brochot C. Etat de l'art de la mesure de l'efficacité des appareils de protection respiratoire et description d'un nouveau banc de test des APR dédié aux nanoparticules/ Brochot C., Michielsen N., Chazelet S. Thomas D. et Bemer D // 25-eme Congrès Français sur les Aérosols. – Paris, - 2010. (13 -14 Janvier) - p. 128 – 132.

Поступила в редколлегию 15.09.2015