

УДК 614.894

© В.І. Голінько, М.Є. Дубенчук, С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук, О.О. Яворська

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІВМАСКИ РПА З ПРОТИАЕРОЗОЛЬНИМИ ФІЛЬТРАМИ РІЗНИХ ВИРОБНИКІВ

© V. Golinko, M. Dubenchuk, S. Cheberiachko, D. Radchuk, O. Yavorska

STUDYING PROTECTIVE PROPERTIES OF RPA HALF-MASK WITH AEROSOL FILTERS BY VARIOUS MANUFACTURERS

Мета. Визначення загального коефіцієнта проникнення безпосередньо на випробувачах, а саме використовуючи на прикладі півмаску РПА-ТД-1 з фільтрами, які було виготовлено різними виробниками, для встановлення найбільш прийнятної комбінації, яка в свою чергу, забезпечить максимально можливий ступінь захисту.

Методика досліджень. Перевірку захисних властивостей респіратора виконували відповідно до вимог ДСТУ EN 13274-1:2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Методи випробовування. Частина 1. Визначення коефіцієнта проникання і загального коефіцієнта проникання» метод 2А. Визначався загальний коефіцієнт проникання за аерозолем хлориду натрію у спеціальній випробувальній камері на випробувачах.

Умови проведення випробування були наступні: концентрація хлориду натрію в камері складала (8 ± 4) мг/м³; діаметр аерозольних частинок знаходився у діапазоні від 0,02 до 2 мкм (середньомасовий діаметр 0,6 мкм); температура повітря в камері становила 18 °С – 22 °С; вологість – 65 %.

Результати досліджень. Встановлено, що найменше значення середнього коефіцієнта проникнення було зафіксоване у респіраторах РПА-ТД-1 із фільтрами, які були виготовленими ТОВ НВП «Стандарт» м. Дніпро. Вперше встановлено, що коефіцієнт проникнення безпосередньо залежить від геометричних розмірів використовуваних фільтрів, які встановлені у фільтрувальну коробку респіратора.

Наукова новизна. Полягає у науковому обґрунтуванні безпечної концентрації пилу при якій можна забезпечити мінімальне пилове навантаження для гірників, використовуючи різні види фільтрів для респіратора типу РПА-ТД-1.

Практичне значення. Визначені значення середнього коефіцієнта проникнення респіратора РПА-ТД-1 з фільтрами різних виробників, що дозволяє визначити ефективність респіратора відповідно до умов запилення. Встановлені основні причини погіршення якості респіратора та фільтрів.

Ключові слова. *Респіратор, фільтр, коефіцієнт проникнення, пилове навантаження, коефіцієнт захисту, пневмокніоз, пиломісткість, півмаска, засоби індивідуального захисту органів дихання.*

Актуальність. Ситуація стосовно професійних захворювань в Україні є досить складною. В умовах, що не відповідають санітарним нормам, працює близько 70 % шахтарів. Найбільш шкідливі виробничі фактори на робочих місцях гірників – це вугільно-породний пил, шум, вібрація, несприятливий мікроклімат. Більше половини профзахворювань мають пилову етіологію, тобто являють собою пневмокніози різного виду і ступеня тяжкості. Крім того, збільшилася кількість випадків професійного раку легенів, через довгостроковий вплив пилу на робочих місцях. Це потребує відповідних рішень для зменшення

профзахворювань. Одним із яких є використання ефективних засобів індивідуального захисту органів дихання.

Для забезпечення високоякісного протипилового захисту треба намагатись використовувати респіратори з низьким опором диханню, які характеризуються незначним впливом на функціональний стан працівників [1,2,6,7]. Інакше їх не будуть використовувати на протязі всієї робочої зміни. Тому дослідження направлені на покращення ергономічних параметрів засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) є актуальними.

Найважливішими ергономічними і захисними показниками фільтрувальних респіраторів є опір диханню, захисна ефективність, термін дії та пиломісткість [3]. Всі вони залежать від якості фільтрувальних елементів. У зв'язку з цим до останніх висувають особливі вимоги:

- 1) коефіцієнт проникнення з тест-аерозоллю (парафінова олива) – не більше 6 % для 2-го класу захисту, при витраті повітря 95 дм³/хв;
- 2) початковий опір фільтрів 2-го класу у нормальних умовах з витратою повітря 95 дм³/хв не повинен перевищувати максимального значення у 240 Па, а кінцевий при концентрації пилу 500 мг/м³ – не більше 500 Па;
- 3) термін служби – не менше робочої зміни;
- 4) у фільтрів має бути компактна форма.

Перші три вимоги можуть бути виконані при достатньо низькій швидкості фільтрації – менше сантиметра за секунду за допомогою збільшення площі фільтрувальної поверхні фільтра. При цьому четверта вимога зводиться до того, щоб цю розгорнуту «велику» робочу поверхню фільтра втиснути в обмежені розміри фільтрувальної коробки від конструкції якої, значно будуть залежати ергономічні властивості респіраторів [4]. Практика показує, що конструкція фільтрувальних коробок може значно погіршити характеристики респіратора, якщо розміри фільтра не відповідають розмірам коробок [5]. Тому дослідження впливу конструкції фільтрувальних коробок на показники фільтрів є досить актуальною задачею.

Метою дослідження було визначення загального коефіцієнта проникнення на випробувачах на прикладі півмаски РПА-ТД-1 з фільтрами різних виробників для встановлення найбільш прийнятної комбінації що забезпечує максимально можливий ступінь захисту.

Матеріали і методи.

Для дослідження використані півмаски (респіратори) РПА-ТД-1 (виробник НВП Стандарт, м. Дніпро, вул. Дніпросталівська, буд. 1). Виробником заявлено, що респіратор РПА-ТД-1 призначений для індивідуального захисту органів дихання від різних аерозолів: пил тваринного і органічного походження, промислового пилу, зварювального диму, масляного туману, порошкоподібних отрутохімікатів, добрива і т.п. Респіратори серії РПА-ТД-1 рекомендується використовувати при тривалому виконанні роботи середньої важкості при запиленості повітря до 300 мг/м³.

Респіратор РПА-ТД-1 має один протиаерозольний фільтр класу Р2 (середньої ефективності), один клапан видиху, розташований внизу лицевої частини,

лицева частина – гумовий корпус півмаски ПР-7, кришка фільтру має жалюзі для відбою крупного пилю. Має м'який головний гарнітур, який регулюється.

Для перевірки були взяті по п'ять фільтрів наступних марок:

1) ФРПА Р2, (виробник ТОВ НВП «Стандарт», м. Дніпро);

2) TFM EF 92-24 Р2, (виробник ТОВ «Технічні фільтруючі матеріали», м. Київ);

3) ПФ-1 Р2, (постачальник ТОВ «Інноваційні Промислові Технології» м. Київ).

Перевірку захисних властивостей респіратора виконували відповідно до вимог ДСТУ EN 13274-1:2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Методи випробовування. Частина 1. Визначення коефіцієнта проникання і загального коефіцієнта проникання» метод 2А. Визначався загальний коефіцієнт проникання за аерозолем хлориду натрію у спеціальній випробувальній камері (рис. 1). Для дослідження було залучено п'ять випробувачів – добровольців; їх антропометричні розміри обличчя вказані в табл. 1.

Таблиця 1

Параметри обличчя випробувачів

Умовне позначення випробувача	Параметри обличчя			
	Висота, мм	Ширина, мм	Глибина, мм	Ширина рота, мм
Р.Д.І.	95	110	95	45
М.О.М.	100	118	120	50
Д.М.Є.	100	120	120	47
М.Н.Ю.	110	125	105	50
П.О.В.	111	113	110	48

Фільтри однієї марки по черзі встановлювались у респіратори РПА-ТД-1. Випробувач надягав респіратор з встановленими фільтрами, припасовував його до обличчя та заходив в камеру з аерозолем. Находячись на бігівій доріжці, яка рухалась зі швидкістю 6 км/год, випробувачі виконували задані вправи – рухи головою із сторони в сторону, вверх-вниз, голосно вимовляли алфавіт. Випробування кожного випробувача тривало приблизно 10 хвилин.

Умови проведення випробування наступні: концентрація хлориду натрію в камері складала (8 ± 4) мг/м³; діаметр аерозольних частинок знаходився у діапазоні від 0,02 до 2 мкм (середньомасовий діаметр 0,6 мкм); температура повітря в камері 18 °С – 22 °С; вологість – 65 %.

Для виміру концентрації аерозолю та дисперсного складу використовувався полум'яний атомно-абсорбційний спектрофотометр. Для відбору проб з камери і з середини лицевої частини респіратора використовували аспіратор.

Принципова схема установки наведена на рис. 1.

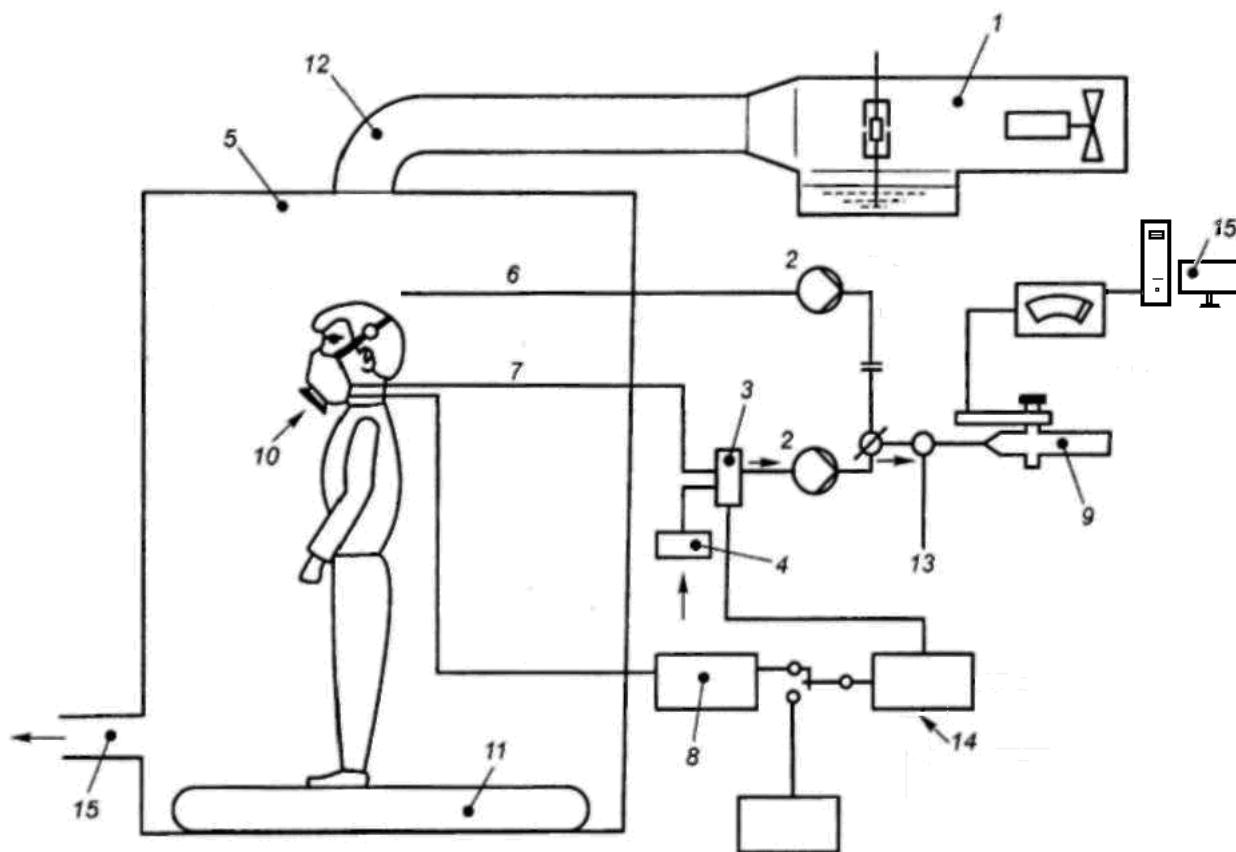


Рис. 1. Схема установки з визначення коефіцієнту проникнення респіраторів за тест-аерозолем: 1 – генератор аерозолю з компресором; 2 – аспіратор; 3 – багатоходовий клапан; 4 – фільтр; 5 – випробувальна камера; 6 – патрубок для відбирання проби тест-аерозолю з камери; 7 – патрубок для відбирання проби тест-аерозолю з середини лицевої частини; 8 – датчик тиску; 9 – спектрофотометр; 10 – протипиловий респіратор; 11 – бігова доріжка; 12 – повітропровід і розподільувач повітря; 13 – патрубок для подавання чистого повітря; 14 – система розподілу фаз вдихання – видихання; 15 – комп’ютер.

Результати досліджень. У таблицях 2 – 5 наведені результати з визначення загального коефіцієнта проникання аерозолю хлориду натрію через респіратор РПА-ТД-1.

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що всі фільтри відповідають вимогам стандарту ДСТУ EN 143. Однак найменше значення середнього коефіцієнта проникнення було зафіксоване у респіраторах РПА-ТД-1 з фільтрами виготовленими ТОВ НВП «Стандарт». Його величина майже у двічі менша від показників отриманих з фільтрами інших виробників. Це пояснюється декількома причинами.

1. Встановлення фільтрів TFM EF 92-24 P2 в корпус викликало складнощі, а саме, із-за невідповідних геометричних розмірів фільтрів та корпусів. Цей недолік сприяє злипанню гофрів, виключенню деякої частини фільтрувальної по-

верхні з процесу очищення повітря в результаті збільшується швидкість фільтрування через зменшення площі фільтра і відповідно погіршується коефіцієнт проникнення.

2. Підвищеним опором диханню, що призводить до збільшення підсмоктувань за смугою обтюратору півмаски респіратору, тому що виробники, які виготовляють тільки фільтри, можуть не врахувати цей фактор. Це пояснюється тим, що опір фільтрів збільшує навантаження на працівників, і чим він вищий, тим більше потребує витрат енергії на його подолання.

3. Нерівномірністю електростатичного заряду, який наноситься на матеріал фільтру для покращення фільтрувальних властивостей. Нерівномірність електростатичного заряду по-перше сприяє швидкому його стіканню з часом. Цей процес залежить від низки як внутрішніх, так і зовнішніх релаксаційних процесів. До внутрішніх здебільшого відносять три – релаксація інжекційних зарядів, дипольної поляризації та релаксації зарядів, які сконцентровані на границі розділу фаз (поляризація Максвелла-Венгера). Рахується, що домінуючим – є інжекційний заряд, який концентрується при поверхневому шарі, заповнюючи спеціальні пори, з яких поступово він вивільнюється під дією зовнішніх чинників: температури, вологості повітря та інших. Отже, нерівномірність розподілу електростатичних зарядів призводить до збільшення навантаження на утворенні зародки через перетікання зарядів до суміжних не заряджених ділянок.

Таблиця 2

Загальний коефіцієнт проникання для респіратору з фільтрами виробництва ТОВ «Інноваційні Промислові Технології»

Номер фільтра	Позначення випробувача	Ходіння	Рухи головою ліво/право	Рухи головою вгору/вниз	Промовляння	Ходіння мовчки	Середнє значення
ВЗ-24/2018 №1 ПТТ	Р.Д.І.	3,167	3,928	4,096	4,310	3,715	3,843
ВЗ-24/2018 №2 ПТТ	М.О.М.	4,242	3,610	3,881	3,904	3,270	3,781
ВЗ-24/2018 №3 ПТТ	Д.М.Є.	2,936	3,118	2,840	3,249	2,355	2,900
ВЗ-24/2018 №4 ПТТ	М.Н.Ю.	3,558	3,423	3,452	4,662	3,300	3,679
ВЗ-24/2018 №5 ПТТ	П.О.В.	2,453	3,073	3,679	2,796	2,901	2,980
	Середнє значення	3,271	3,430	3,590	3,784	3,108	3,437
	Мінімальне значення	2,453	3,073	2,840	2,796	2,355	
	Максимальне значення	4,242	3,928	4,096	4,662	3,715	

Таблиця 3

Загальний коефіцієнт проникання для респіратору з фільтрами виробництва ТОВ НВП «Стандарт»

Номер фільтра	Позначення випробувача	Ходіння	Рухи головою ліво/право	Рухи головою вгору/вниз	Промовляння	Ходіння мовчки	Середнє значення
ВЗ-24/2018 №1 Ст	Р.Д.І.	1,245	1,173	1,547	1,876	0,732	1,315
ВЗ-24/2018 №2 Ст	М.О.М.	1,378	0,947	1,338	1,013	1,204	1,176
ВЗ-24/2018 №3 Ст	Д.М.Є.	0,816	1,392	1,653	2,294	1,816	1,594
ВЗ-24/2018 №4 Ст	М.Н.Ю.	0,915	0,952	1,478	1,404	0,936	1,137
ВЗ-24/2018 №5 Ст	П.О.В.	1,165	1,324	0,725	1,273	1,086	1,115
	Середнє значення	1,104	1,158	1,348	1,572	1,155	1,267
	Мінімальне значення	0,816	0,947	0,725	1,013	0,732	
	Максимальне значення	1,378	1,392	1,653	2,294	1,816	

Таблиця 4

Загальний коефіцієнт проникання для респіратору з фільтрами виробництва ТОВ «Технічні фільтруючі матеріали»

Номер фільтра	Позначення випробувача	Ходіння	Рухи головою ліво/право	Рухи головою вгору/вниз	Промовляння	Ходіння мовчки	Середнє значення
ВЗ-24/2018 №1 ТФМ	Р.Д.І.	2,712	3,181	3,671	3,357	3,496	3,283
ВЗ-24/2018 №2 ТФМ	М.О.М.	3,436	2,046	2,341	3,506	2,671	2,800
ВЗ-24/2018 №3 ТФМ	Д.М.Є.	2,292	2,939	3,471	3,046	3,733	3,096
ВЗ-24/2018 №4 ТФМ	М.Н.Ю.	2,933	2,958	3,511	3,120	2,647	3,034
ВЗ-24/2018 №5 ТФМ	П.О.В.	3,539	3,058	3,094	3,551	2,742	3,197
	Середнє значення	2,982	2,836	3,218	3,316	3,058	3,082
	Мінімальне значення	2,292	2,046	2,341	3,046	2,647	
	Максимальне значення	3,539	3,181	3,671	3,551	3,733	

Виходячи з реальних умов при використанні респіраторів РПА-ТД-1 на вугільній шахті, при запиленості рудничного повітря 300 мг/м^3 (C) та виконанні важкої роботи (хвилинний об'єм дихання $50 \text{ дм}^3/\text{хв.}$) (Q) за активну робочу зміну (5 годин) (t) кількість осілого пилу в легенях гірника (I) буде дорівнювати:

$$I = CQt / K_3 = 300 \cdot 0,05 \cdot 500 \cdot K_{np} / 100, \text{ мг,}$$

де $K_3 = 100 / K_{np}$ – коефіцієнт захисту респіратора; K_{np} - коефіцієнт проникнення.

При встановленому в результаті випробувань коефіцієнті проникання для кожної марки фільтрів це становить:

1) ПФ-1 Р2, (постачальник ТОВ «Інноваційні Промислові Технології», м. Київ) (затримується 95,9 % пилу) – 185 мг;

2) ТФМ ЕФ 92-24 Р2, (виробник ТОВ «Технічні фільтруючі матеріали», м. Київ) (затримується 96,5% пилу) – 158 мг;

3) ФРПА Р2 (виробник ТОВ НВП «Стандарт», м. Дніпро) (затримується 98,3%) – 77 мг.

Виходячи з допустимої запиленості повітря вугільним пилом (ПДК = 10 мг/м^3), кількість осілого пилу в легенях не повинна перевищувати 150 мг.

Такий самий результат досліджень можна отримати при використанні фільтрів інших виробників сумісно з півмасками РПА-ТД-2 та РПА-ДЕ (з двома фільтрами).

Висновки. Отже, найбільш ефективний захист органів дихання забезпечується лише при використанні півмасок та фільтрів одного виробника. При використанні півмасок одного виробника, а протиаерозольних фільтрів інших виробників існує ймовірність погіршення захисних властивостей. В цьому випадку в органи дихання робітників потрапляє зайвий дрібний пил, який з часом призводить до руйнування легеневої тканини та викликає професійні захворювання.

Використання півмасок та протиаерозольних фільтрів різних виробників є небезпечним для здоров'я робітників.

Перелік посилань

1. ДНАОП 0.00-1.04-07 «Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання», виданий Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду за наказом № 331 від 28.12.2007 р.
2. ДСТУ EN 529:2006 Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации относительно выбора, использования, ухода и обслуживания. Инструкция (EN 529:2005, IDT).
3. Басманов, П.И., Каминский, С.Л., Трубицына М.Е., Коробейников А.В. (2002) Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Справ. ГИПП «Искусство России». – 399.
4. Kuzmin Yu.I., Pshchelko N.S., Sokolova I.M., Zakrzhevskiy V.I. The percolation behaviour of electret at presence of water condensation. In: Proc. of the 8th Int. Symp. on Electrets, Ed. by J. Lewiner, D. Morisseau, C. Alqui'e, ESPCI, IEEE. 1994, Paris, France. P. 124-129.
5. Romay, F.J. Experimental study of electrostatic capture mechanisms in commercial electret filters, Aerosol Science and Technology, Vol. 28 (1998) Nr 3, pp. 224-234.

6. Holinko, V.I., Cheberichko, S.I., Naumov, M.M. and Cheberichko Yu.I. (2014) Comparative study of respirator protective efficiency in laboratory and in production environment. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 99 – 105.
7. Golinko, V.I., Cheberichko, S. I., Yavorskaia, Ye. A., Cheberichko, Yu. I. (2016). Studies of protective efficiency of filtering respirators and evaluations of its effect upon miners dust load. *Mining journal*, 3, 54 – 59.

АННОТАЦИЯ

Цель. Определение общего коэффициента проникновения непосредственно на испытуемых, а именно, используя на примере полумаски РПА-ТД-1 с фильтрами, которые были изготовлены разными производителями, для установления наиболее приемлемой комбинации, которая в свою очередь, обеспечит максимально возможную степень защиты.

Методика исследований. Проверку защитных свойств респиратора выполняли в соответствии с требованиями ДСТУ EN 13274-1: 2005 «Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Методы испытания. Часть 1. Определение коэффициента проникновения и общего коэффициента проникновения» метод 2А. Определялся общий коэффициент проникновения по аэрозолю хлорида натрия в специальной испытательной камере на испытуемых.

Условия проведения испытания были следующие: концентрация хлорида натрия в камере составляла (8 ± 4) мг / м³; диаметр аэрозольных частиц находился в диапазоне от 0,02 до 2 мкм (среднемассовый диаметр 0,6 мкм); температура воздуха в камере составляла 18 °С - 22 °С; влажность - 65%.

Результаты исследований. Установлено, что наименьшее значение среднего коэффициента проникновения было зафиксировано в респираторах РПА-ТД-1 с фильтрами, которые были изготовлены ООО НПП «Стандарт» г. Днепр. Впервые установлено, что коэффициент проникновения напрямую зависит от геометрических размеров используемых фильтров, установленных в фильтровальную коробку респиратора.

Научная новизна. Заключается в научном обосновании безопасной концентрации пыли при которой можно обеспечить минимальные пылевые нагрузки для горняков, используя различные виды фильтров для респиратора типа РПА-ТД-1.

Практическое значение. Определены значения среднего коэффициента проникновения респиратора РПА-ТД-1 с фильтрами различных производителей, что позволяет определить эффективность респиратора в соответствии с условиями запыления. Установлены основные причины ухудшения качества респиратора и фильтров.

Ключевые слова. Респиратор, фильтр, коэффициент проникновения, пылевая нагрузка, коэффициент защиты, пневмокониоз, пылеемкость, полумаска, средства индивидуальной защиты органов дыхания.

ABSTRACT

Purpose is to determine overall penetration coefficient with the help of testees in terms of РПА-ТД-1 half-mask with filters by various manufacturers to determine the most appropriate combinations which will provide maximum possible protection level.

Methodology. To achieve the purpose, methods of analysis and empirical study based upon the requirements of DSTU EN 13274-1:2005 “Respiratory protective devices. Testing methods. Part 1. Determination of penetration coefficient and overall penetration coefficient” were applied (in terms of 2A method). General coefficient of penetration in terms of sodium chloride aerosol has been de-

terminated in a specially equipped chamber involving testees. Test conditions were as follows: sodium chloride concentration in a chamber was $(8 \pm 4) \text{ mg/m}^3$; diameter of aerosol particles was within the range of 0.02 – 3 μm (average mass diameter was 0.6 μm); air temperature in a chamber was $18^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}$; and humidity was 65 %.

Findings. As a result of the research it has been determined that the least value of average penetration coefficient is recorded in terms of ППА-ТД-1 respirators with filters manufactured by “Standart” RPA Ltd, Dnipro. It has been determined for the first time that coefficient of penetration depends immediately upon the geometry of the filters being used which are mounted into a respirator filter box.

Originality is in the scientific substantiation of safe dust concentration in terms of which it is possible to provide minimum dust load for miners by applying various filters for respirators of ППА-ТД-1 type.

Practical implications. Values of average penetration coefficient of ППА-ТД-1 respirator with filters by various manufacturers have been determined; that makes it possible to define respirator efficiency according to the dusty conditions. Basic reasons of the deterioration of both respirators and filters quality have been specified.

Keywords: *respirator, filter, coefficient of penetration, dust load, pneumoconiosis, half-mask, dust content, respiratory protective devices.*

УДК 581.5

© Т.К. Клименко, А.Г. Ступак, С.Ф. Гупало

БІОЛОГО-ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ІНВАЗИВНОГО ВИДУ *ACER NEGUNDO* L. В УРБОФІТОЦЕНОЗАХ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА

© Т. Klymenko, A. Stupak, S. Gupalo

BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL FEATURES OF INVASIVE SPECIES *ACER NEGUNDO* L. IN URBAN PHYTOCENOSIS OF INDUSTRIAL CITY

Метою досліджень є аналіз стану ценопопуляцій інвазивного виду *Acer negundo* L. в урбофітоценозах м. Кам'янського. Предмет дослідження – впровадження інвазивних рослин виду в урбоекосистеми.

Методи досліджень – теоретичні, польові та методи математичної статистики.

Результати дослідження. Ефективний контроль інвазій чужорідних видів рослин обов'язково повинен включати моніторингові дослідження заносних видів, зокрема аналіз масштабів вторгнення та динаміку їх розповсюдження в екосистемах. В урбоекосистемі м. Кам'янського, одним з найпоширеніших інвазійних видів є *Acer negundo* L., який утворює спонтанні зарості на істотних площах в рудеральних ектопах – поряд з промисловими підприємствами, вздовж автошляхів, на пустирях. У порівнянні з іншими північноамериканськими інвазійними видами, які поширені у м. Кам'янському, клен ясенелистий має найбільший потенціал конкурентоспроможності. Встановлено, що у ценопопуляціях у селитебній і тра-