

УДК 613.63:614.894

© С.І. Чеберячко, О.О. Яворська, Ю.І. Чеберячко, І.М. Книш

ПРОБЛЕМИ ПЕРЕВІРКИ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ РЕСПІРАТОРІВ

© S. Cheberiachko, O. Yavorska, Y. Cheberiachko, I. Knysh

PROBLEMS WHILE TESTING PROTECTIVE PROPERTIES OF FILTERING RESPIRATORS

Мета. Узагальнення вимог, що регламентують перевірку ефективності при виборі та експлуатації фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) працівників для забезпечення їх високоефективним захистом. Розробити рекомендації для роботодавців щодо управління професійними ризиками на підприємстві.

Методика досліджень. Використовувався системно-структурний підхід при аналізі наукових праць провідних світових учених щодо вимог нормативно-правових актів з охорони праці, державних стандартів в області застосування засобів індивідуального захисту органів дихання.

Результати досліджень. Проведений аналіз ефективності використання засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) показав наявність суттєвих недоліків пов'язаних з оцінкою якості респіраторів, що створює потенційну небезпеку, а саме надмірний вплив шкідливих аерозолів на робітників під час їх використання на підприємстві. Для надійної профілактики розвитку професійних захворювань необхідно в першу чергу стимулювати роботодавця покращувати умови праці, а також розробити вимоги до проведення біомоніторингу та вибору, перевірки і навчання з користування ЗІЗОД на основі сучасного рівня науки.

Наукова новизна. Вперше проведено цілісний аналіз причин погіршення ефективності ЗІЗОД при їх експлуатації на виробництві. Також науково обґрунтована залежність величини коефіцієнта захисту респіраторів від способу його перевірки, кількості випробувань та статистичної обробки.

Практичне значення. Доведено, що зниження класів шкідливості за рахунок видачі засобів індивідуального захисту органів дихання науково не обґрунтоване, а це в свою чергу є неприпустимим. Надані рекомендації щодо оцінки захисної ефективності респіраторів, узагальнено основні причини погіршення захисних властивостей респіраторів.

Ключові слова. Засоби індивідуального захисту органів дихання, фільтрувальний респіратор, фільтр, коефіцієнт проникнення, коефіцієнт захисту на робочому місці, півмаска, біомоніторинг, підмасковий простір, управління професійними ризиками.

Недосконалість технологічних процесів, зношеність обладнання, призводять до забруднення повітря робочої зони токсичними аерозолями – аеродисперсними частинками різного походження (пил, дим, туман), газами і парами. В умовах перевищення їх гранично допустимих концентрацій (ГДК) слід використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) – респіратори, у відповідності з ДСТУ EN 529:2006 «Рекомендації щодо вибору, використання, догляду і обслуговування ЗІЗОД» (наказ КМУ від 29.06.2006 № 179 "Про затвердження та скасування національних стандартів України») або НАОП 0.00-1.04-07 «Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання» (наказ

№ 331 від 28.12.2007 р Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду). Відповідність ЗІЗОД умовам експлуатації у згаданих документах визначається відношеннями концентрацій шкідливих аерозолів у підмасковому просторі до ГДК. При цьому для оцінки захисних характеристик рекомендовано враховувати декілька показників:

- визначений коефіцієнт захисту (ВКЗ) – показує рівень захисту, що очікується, реально досягти на робочому місці для 95 % відповідно тренуваних і перевірених користувачів, які використовують ЗІЗОД;

- номінальний коефіцієнт захисту (НКЗ) – число отримане з максимального значення загального коефіцієнту проникнення, встановленого у відповідному стандарті для визначеного класу ЗІЗОД;

- коефіцієнт захисту на робочому місці (КЗРМ) – співвідношення між концентрацією в зоні дихання і концентрацією шкідливої речовини всередині лицевої частини.

Роботодавцю рекомендується використовувати ефективні сертифіковані ЗІЗОД для забезпечення «гарантованого захисту» робітників від шкідливих аерозолів. Виникає питання, як визначити ефективність ЗІЗОД, заздалегідь відомо, що високий ступінь захисту працівників при використанні респіраторів забезпечується наступним чином:

- якістю ЗІЗОД, що задається виробником;

- правильним вибором у відповідності з антропометричними характеристиками обличчя працівників та умовами експлуатації;

- підготовкою та тренуванням користувачів до використання обраних ЗІЗОД.

Перевірку якості респіраторів проводять шляхом застосування модулів відповідності згідно Технічного регламенту засобів індивідуального захисту затвердженого постановою № 761 КМУ від 27.08.2008 р. Фільтрувальні пристрої для захисту органів дихання відносяться до третьої категорії, тому їх оцінювання відбувається за модулем В (Технічний регламент модулів оцінки відповідності затверджений постановою № 1585 КМУ від 07.10.2003 р.). Сутність полягає у проведенні експертизи технічної документації та випробування одного чи декількох критичних частин зразка продукції за відповідними стандартами. До останніх відносять низку нормативних документів (табл. 1), в яких вказуються вимоги до випробування і показників якості (табл. 2, 3).

Загальним недоліком перерахованих нормативних документів є відсутність перевірки ЗІЗОД у виробничих умовах. Пряме використання отриманих технічних показників респіраторів у лабораторних умовах може призвести до помилок, пов'язаних з впливом багатьох різних факторів, які неможливо передбачити. Про це свідчать чисельні дослідження з визначення захисних властивостей респіраторів в реальних умовах [3-9]. Підсумок, яких можна звести до наступного:

- при правильному виборі фільтра загальна ефективність ЗІЗОД визначається тільки проникненням невідфільтрованого повітря через зазори між лицьовою частиною півмаски (респіратора) і обличчям, що є основним шляхом забруднення повітря, що вдихається (рис. 1);

- виникнення зазорів залежить від безлічі факторів: до найпоширеніших відносять – відсутність перевірки герметичності півмаски під час вибору; невміння правильно її використовувати; розтягування наголів'я і послаблення притискних зусиль та інші.

Таблиця 1

Перелік стандартів для перевірки якості ЗІЗОД

Назва стандарту	Позначення документа
ЗІЗОД. Півмаски і чвертьмаски. Вимоги, випробування, маркування	ДСТУ EN 140:2004
ЗІЗОД. Протиаерозольні фільтри. Вимоги, випробування, маркування	ДСТУ EN 143:2002
ЗІЗОД. Півмаски фільтрувальні для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування	ДСТУ EN 149:2003
ЗІЗОД. Півмаски фільтрувальні з клапанами для захисту від газів або газів і аерозолів. Вимоги, випробування, маркування	ДСТУ EN 405:2003
ЗІЗОД. Напівмаски без клапанів вдиху та з відокремленими фільтрами для захисту від газів, або газів та аерозолів, або тільки від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування	ДСТУ EN 1827-2001
ЗІЗОД. Фільтри протигазові і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробування, маркування	ДСТУ EN 14387:2006

Таблиця 2

Основні вимоги до фільтруючих протигазових та газопилозахисних ЗІЗОД згідно ДСТУ EN 405:2003

Найменування показника	Тип і клас фільтра респіратора									
	FFGas P3	FFGa sP2	FFGas P1	FFGas 2P3	FFGas 2P2	FFGas 2P1	FFS X	FFA X	FFG as2	FFG as1
Максимальний початковий коефіцієнт проникання тест-аерозолю при витраті повітря 95 дм ³ /хв., %:										
- хлориду натрію	1	6	20	1	6	20	-	-	-	-
- парафінової оливи	1	6	20	1	6	20	-	-	-	-
Максимальний опір диханню на вдиху при витраті повітря 30 дм ³ /хв., мбар	2,0	1,7	1,6	2,4	2,1	2,0	1,4	1,4	1,4	1,0
Максимальний опір диханню на вдиху при витраті повітря 95 дм ³ /хв., мбар	7,0	6,4	6,1	8,6	8,0	7,7	5,6	5,6	5,6	4,0
Вміст діоксиду вуглецю у вдихуваному повітрі, %, не більш	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблиця 3

Основні вимоги до фільтруючих протигазових, газопилозахисних та протипилових ЗІЗОД зі змінними фільтрами згідно з ДСТУ EN 1827-2001

Найменування показника	Тип і клас фільтра респіратор												
	F MP 3	F M P2	FM P1	FM Gas1 P3	FMG asP2	FMG asP1	FM Gas2P 3	FM Gas2P 2	FM Gas2P 1	FMS X	FMA X	FM Gas2	FMG as1
Максимальний початковий коефіцієнт проникання тест-аерозолю при витраті повітря 95 дм ³ /хв., %:													
- хлориду натрію	1	6	20	1	6	20	1	6	20	-	-	-	-
- парафінової оливи	1	6	20	1	6	20	1	6	20	-	-	-	-
Максимальний опір диханню на вдиху при витраті повітря 30 дм ³ /хв., мбар	1,2	0,7	0,6	2,2	1,7	1,6	2,6	2,1	2,0	1,4	1,4	1,4	1,0
Максимальний опір диханню на вдиху при витраті повітря 95 дм ³ /хв., мбар	4,2	2,4	2,1	8,2	6,4	6,1	9,8	8,0	7,7	5,6	5,6	5,6	4,0
Вміст діоксиду вуглецю у вдихуваному повітрі, %, не більш	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

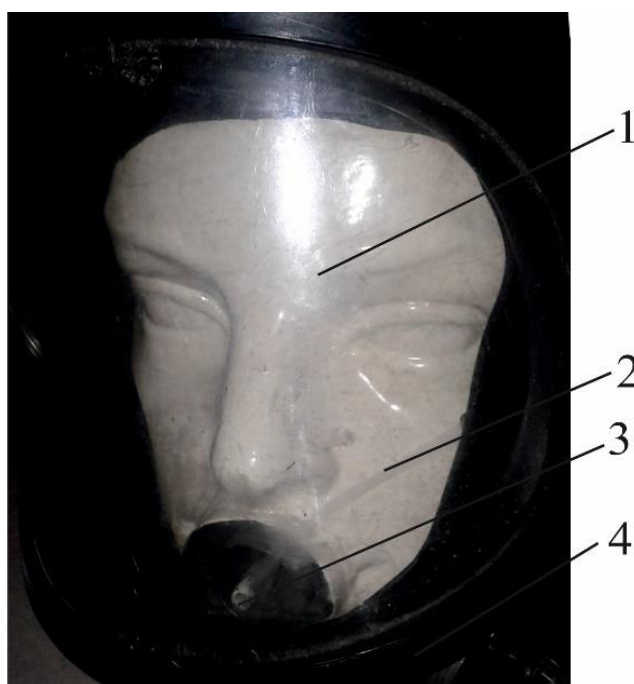


Рис. 1. Вигляд цівки аерозолю, що проникає крізь обтюратор: 1 – маска; 2 – цівка аерозолю; 3 – повітрязабірник; 4 – обтюратор

Вище наведене приводить до необхідності проведення перевірки респіраторів на робочих місцях. Існують два способи такої перевірки: якісна і кількісна. Якісна – ґрунтується на суб'єктивній реакції органів чуття на різкий запах розпилених безпечних аерозолів: сахарину, бітрексу, ізоамілацетату та інших. Детальний опис виконання такої перевірки наводиться в роботах [11, 12]. До їх недоліків відносять різний індивідуальний поріг чутливості людини, який в деяких випадках може перевищувати гранично допустимі концентрації аерозолів, що не дозволяє достовірно оцінити коефіцієнт захисту. Кількісні способи засновані на інструментальній перевірці. Вони кращі за вище наведені, так як використовують спеціальне обладнання, яке фіксує наявність просочування аерозолу під півмаску. Найбільш поширеним є визначення коефіцієнта підсмоктування за тест-аерозолями відповідно до ДСТУ EN 149. Сутність полягає у визначенні співвідношення зовнішньої його концентрації до підмаскової [13]. Однак, проведення цієї процедури вимагає наявності дорогих і складних приладів, а також спеціально навченого персоналу. Отриманий результат буде залежати не тільки від розміру частинок і методу перевірки, а й від умов перемішування потоків у підмасковому просторі, положення пробовідбірної зонди і можливого зазору за смугою обтюраторації. Крім того, пряме вимірювання захисних властивостей ЗІЗОД з метою точної оцінки середнього зниження концентрації шкідливих речовин у повітрі, що вдихається, вимагає проведення багаторазових досліджень з урахуванням особливостей кожного з робітників, що є дуже затратним заходом і на практиці фактично нездійснено. Ще однією проблемою є нестабільність проникнення забрудненого повітря під маску [14]. Експлуатація маски працівниками вносить додаткові обмеження та впливає на ефективність ЗІЗОД, тому що не вірно підібрана маска може сповзти під час виконання виробничих процесів. У таких випадках для роботи з отриманими багаточисельними результатами досліджень широко використовуються статистичні методи. Однак, для точного визначення середнього коефіцієнта захисту для конкретної людини в лабораторних умовах потрібно провести близько 18-25 повторних замірів, щоб зменшити випадкову похибку за рахунок статистичної обробки [10]. Але це враховується тільки під час виконання однакових рухів (при сертифікації). На практиці рухи можуть бути різної інтенсивності, що безпосередньо впливає на виникнення зазорів між маскою та лицем працівника.

Для вибору адекватних респіраторів роботодавець зобов'язаний виконувати вимоги законодавства, розробленого на основі наукових досліджень [15 - 17]. Та обов'язково забезпечити перевірку щільності прилягання півмаски до обличчя (п. 9.3.1 ДСТУ EN 529); підготовку і тренування працівників щодо правильного використання фільтрувальних респіраторів та контроль за постійним і своєчасним їх використанням. А також звернути увагу на можливість використання ЗІЗОД в тяжких і дуже тяжких умовах та передбачити відповідний регламент роботи в них.

Розглянуті проблеми з оцінки ефективності ЗІЗОД знайшли відображення в рекомендаціях роботодавцю з вибору ЗІЗОД у США [18]. В них вказані значення очікуваних КЗ для всіх типів ЗІЗОД (отримані за допомогою статистич-

ної обробки виробничих вимірювань), але із застереженням, що це наближені значення. Також стандарти з безпеки праці, що регулюють вибір і організацію застосування ЗІЗОД у США, Німеччині і Великобританії, змушують власників підприємств проводити медичні обстеження робочих. При попаданні деяких шкідливих речовин в організм, їх концентрація в біологічних середовищах (крові і ін.) та зміни в обміні речовин може використовуватися для оцінки захисту працівників. Наприклад, подібні дослідження проведені Петряновим [19], 9дозволили встановити межу безпечної концентрації свинцю в крові при використанні фільтрувальних півмасок «Лепесток». Пізніше були розроблені і використовуються аналогічні методи біомоніторингу для оцінки впливу близько 80 шкідливих речовин (Biological Exposure Indexes BEI, біологічні ГДК). Біомоніторинг дозволяє побічно оцінити загальну ефективність всіх заходів, які проводяться для захисту від впливу шкідливих речовин (включаючи використання ЗІЗОД). У США роботодавці зобов'язані використовувати біомоніторинг при роботі зі сполуками свинця і кадмія, а для інших речовин - добровільно [20 - 23].

Отже для зниження ризику виникнення професійних захворювань органів дихання у робітників, які використовують ЗІЗОД, необхідно:

1) уточнити вимоги до відбору проб повітря при визначенні концентрації шкідливих речовин на робочих місцях (проводити відбір тільки у зоні робочого дихання робітника);

2) розробити санітарні правила, які зобов'язують роботодавця проводити біомоніторинг при впливі свинцю і кадмію; а також інших речовин, для яких вже є ефективні методи оцінки впливу і біологічні ГДК;

3) розробити вимоги до вибору достатньо ефективних ЗІЗОД роботодавцями і відповідні програми навчання з використанням сучасного рівня науки.

Висновок. Проведений аналіз ефективності використання ЗІЗОД показав наявність суттєвих недоліків пов'язаних з оцінкою якості респіраторів, що створює потенційну небезпеку надмірного впливу шкідливих аерозолів на робітників. Для надійної профілактики розвитку профзахворювань необхідно в першу чергу стимулювати роботодавця покращувати умови праці, а також розробити вимоги до проведення біомоніторингу та вибору, перевірки і навчання з користування ЗІЗОД на основі сучасного рівня науки.

Зважаючи на вище викладене вважаємо, що зниження класів шкідливості, передбачені Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу затвердженою Наказом МОЗ України № 248 від 8.04.2014 п. III п. 4 за рахунок видачі ефективних засобів індивідуального захисту органів дихання без дієвого контролю, правильності їх використання, не обґрунтоване і неприпустимо.

Перелік посилань

1. Васильев Е.В. Проблема выбора и использования противогазо-аэрозольных фильтрующих полумасок / Е.В. Васильев, Ш.Ф. Гизатуллин, М.И. Спельникова // Справочник специалиста по охране труда, 2014. – № 12. – С. 51–55.
2. Кириллов В.А. Обзор результатов производственных испытаний средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) / В.А. Кириллов, А.С. Филин, А.В. Чиркин // Токсикологический вестник, 2014. – № 6. – С. 44–49. DOI: 10.17686/sced_rusnauka_2014–1034.
3. Hewett P. et al. A Model for Correcting Workplace Protection Factors for Lung Deposition and Other Effects // American Industrial Hygiene Association Journal. 1993. Vol. 54 (4), pp. 142–149. DOI: 10.1080/15298669391354487.
4. Myers W.R., Allender J. et al. Parameters that Bias the Measurement of Airborne Concentration Within a Respirator // American Industrial Hygiene Association Journal. 1986. Vol. 47(2), pp. 106–114. DOI: 10.1080/15298668691389423.
5. Myers W.R., Allender J.R. Causes of in-Facepiece Sampling Bias — II. Full — Facepiece Respirators // The Annals of Occupational Hygiene. 1988. Vol. 32(3), pp. 361–372. DOI: 10.1093/annhyg/32.3.361.
6. Myers W.R., Allende J.R., Iskander W., Stanley C. Causes of in-Facepiece Sampling Bias — I. Half-Facepiece Respirators // The Annals of Occupational Hygiene. 1988. Vol. 32(3) pp. 345–359. DOI: 10.1093/annhyg/32.3.345.
7. Liu B.Y.U., Sega K., Rubow K.L. et al. In-Mask Aerosol Sampling For Powered Air Purifying Respirators // American Industrial Hygiene Association Journal. 1984. Vol. 45(4) pp. 278–283. DOI: 10.1080/15298668491399785.
8. Critical Issues Conference. On In-Facepiece Sampling. Part 3 // Journal of the International Society for Respiratory Protection. 1988. Vol. 6(1) pp. 24–39. www.isrp.com.
9. Bergman M.S., Viscusi D.J. et al. Evaluation of Sampling Probes for Fit Testing N95 Filtering Facepiece Respirators // The Annals of Occupational Hygiene. 2013. Vol. 57(4), pp. 507–518. DOI: 10.1093/annhyg/mes091
10. Krishnan U., Willeke K., Juozaitis A. et al. Variation in Quantitative Respirator Fit Factors Due to Fluctuations in Leak Size During Fit Testing // American Industrial Hygiene Association Journal. 1994. Vol. 55(4), pp. 309–314. DOI: 10.1080/15428119491018943
11. Nancy Bollinger NIOSH Respirator Selection Logic. — NIOSH. — Cincinnati, OH // National Institute for Occupational Safety and Health. 2004. p 32.
12. Luinenburg D.M., Mullins E.H., Danisch S.G., Nelson T.J. Evaluation of a Quantitative Fit Testing Method for N95 Filtering Facepiece Respirators // American Industrial Hygiene Association Journal. 2003. Vol. 64. №4. pp. 480–486.
13. Zhuang Z., Coffey C.C., Jensen P.A., Campbell D.L., Lawrence R.B., Myers W.R. Correlation Between Quantitative Fit Factors and Workplace Protection Factors Measured in Actual Workplace Environments at a Steel Foundry // American Industrial Hygiene Association Journal. 2004. Vol. 64. № 6. pp. 730 – 739.
14. Капцов В.А. Об оценке эффективности средств индивидуальной защиты органов дыхания / В.А. Капцов, А.В. Чиркин// Безопасность в техносфере, 2015. – № 5. С. 7 – 14.
15. British Standard BS 4275–1997. Guide to implementing an effective respiratory protective device programme. 1997. British Standards Institution (BSI).
16. US OSHA Standard 29 CFR 1910.134 “Respiratory Protection”, URL: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=12716.
17. Assigned Protection Factors. Federal Register. 2003. Vol. 68, pp. 34036–34119. URL: https://www.osha.gov/FedReg_ osha_pdf/FED20030606.pdf.
18. Bollinger N.J., Schutz R.H. NIOSH Guide to Industrial Respiratory Protection. 1987. 305 p. URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/87–116/>.

19. Капцов В.А., Чиркин А.В. Профилактика профзаболеваний при использовании противогазов / В.А. Капцов, А.В. Чиркин // Гигиена и санитария. 2013. – № 3. –С. 42–45. DOI: 10.17686/sced_rusnauka_2013–1109
20. Grauvogel L.G. Effectiveness of a Positive Pressure Respirator for Controlling Lead Exposure in Acid Storage Battery Manufacturing // American Industrial Hygiene Association Journal. 1986. Vol. 47(2), pp. 144–146. DOI: 10.1080/15298668691389478
21. Holinko, V.I., Cheberiachko, S.I., Naumov, M.M. and Cheberiachko Yu.I. (2014) Comparative study of respirator protective efficiency in laboratory and in production environment. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 99 – 105.
22. Golinko, V.I., Cheberiachko, S. I., Yavorskaia, Ye. A., Cheberiachko, 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. Обобщение требований, регламентирующих проверку эффективности при выборе и эксплуатации фильтровальных средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) работников для обеспечения их высокоэффективной защитой. Разработать рекомендации для работодателей по управлению профессиональными рисками на предприятии.

Методика исследований. Использовался системно-структурный подход при анализе научных трудов ведущих мировых ученых относительно требований нормативно-правовых актов по охране труда, государственных стандартов в области применения средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Результаты исследований. Проведенный анализ эффективности использования средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) показал наличие существенных недостатков, связанных с оценкой качества респираторов, что создает потенциальную опасность, а именно чрезмерное влияние вредных аэрозолей на рабочих во время их использования на предприятии. Для надежной профилактики развития профессиональных заболеваний необходимо в первую очередь стимулировать работодателя улучшать условия труда, а также разработать требования к проведению биомониторинга и выбора, проверки и обучения пользованию СИЗОД на основе современного уровня науки.

Научная новизна. Впервые проведен целостный анализ причин ухудшения эффективности СИЗОД при их эксплуатации на производстве. Также научно обоснована зависимость величины коэффициента защиты респираторов от способа его проверки, количества испытаний и статистической обработки.

Практическое значение. Доказано, что снижение классов вредности за счет выдачи средств индивидуальной защиты органов дыхания научно не обосновано, а это в свою очередь является недопустимым. Даны рекомендации по оценке защитной эффективности респираторов, обобщены основные причины ухудшения защитных свойств респираторов.

Ключевые слова. Средства индивидуальной защиты органов дыхания, фильтровальный респиратор, фильтр, коэффициент проникновения, коэффициент защиты на рабочем месте, полумаска, биомониторинг, подмасочное пространство, управления профессиональными рисками.

ABSTRACT

Purpose is to generalize the requirements regulating efficiency tests while selecting and operating filtering respiratory protective devices for employees to provide their high-efficiency protection. The purpose also is to develop recommendations for employers to control occupational hazards at an enterprise.

Methodology. To achieve the purpose, system and structural approach was applied while analyzing scientific papers by prominent scientists as for the requirements of normative legal acts on health protection and state standards in the sphere of respiratory protective devices application.

Findings. The analysis of the efficiency of respiratory protective devices application has demonstrated the available major drawbacks connected with the evaluation of respirators quality resulting in potential danger, i.e. excessive effect of harmful substances upon the employees in the process of the devices application during production processes. First of all, efficient measures to prevent occupational diseases includes encouraging employers to improve working conditions as well as developing requirements for the process of biomonitoring and selecting, testing, and training in terms of RPD use in the context of current state of the art.

Originality. For the first time, integral analysis of the causes of RPDs efficiency deterioration during their use at production site has been carried out. Moreover, dependence of the protective coefficient value of a respirator upon the method of its testing as well as upon the number of tests and statistic processing has been substantiated scientifically.

Practical implications. It has been proved that lowering of a hazard class at the expense of giving a worker a respiratory protective device is not substantiated scientifically being absolutely inadmissible. Recommendations as for evaluation of protective efficiency of respirators have been given; main reasons of deterioration of protective properties of respirators have been generalized.

Keywords: *respiratory protective devices, filtering respirator, filter, coefficient of penetration, coefficient of protection at working place, half-mask, biomonitoring, undermask area, occupational risks control.*