

УДК 331.453:614.89

DOI: [https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1\(8\)-2\(9\)-216-227](https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1(8)-2(9)-216-227)

С.І. Чеберячко, В.В. Гридяєв, **А.А.-А. Еннан**
Ю.І. Чеберячко, Н.М. Абрамова, І.М. Книш

ВИБІР РЕСПІРАТОРІВ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТІВ ВИМІРЮВАННЯ АНТРОПОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ СЕРЕДНЬОСТАТИСТИЧНОГО РОБІТНИКА АКХЗ ТА ШЕФФІЛДІВСЬКОГО МАНЕКЕНУ ГОЛОВИ

Мета. Визначення антропометричного розподілу середньостатистичного українського робітника для підвищення достовірності розрахунку коефіцієнта захисту респіраторів завдяки удосконаленню процедури з лабораторної оцінки коефіцієнту проникнення.

Методи. Проведено порівняння методики вибору респіраторів на основі методів математичної статистики і статистичного аналізу – для встановлення взаємозв'язків між антропометричними розмірами обличчя користувачів і Шеффільдівського манекену голови, відповідно стандарту ISO 16900-1:2020 «Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 1: Determination of inward leakage» та Технічного регламенту.

Результати. Удосконалено процедуру з визначення коефіцієнту проникнення респіраторів з підбору відповідного типу Шеффільдівського манекену та оцінки коефіцієнта підсмоктування – щодо підбору кількості випробувачів, які б забезпечили перевірку відповідності конструктивних параметрів півмасок респіраторів до антропометричних параметрів обличчя можливих користувачів. Визначені антропометричного розподілу середньостатистичного українського робітника для коригування параметрів (розміру комірок та кількості випробувачів в комірках) відомої параметричної таблиці з підбору випробувачів, щодо проведення лабораторного дослідження з визначення коефіцієнту підсмоктування півмасок респіраторів за смугою обтюрації чи клапанної системи (за наявності).

Наукова новизна. Покращення достовірності досліджень з визначення коефіцієнту захисту засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) - фільтрувальних респіраторів є актуальною задачею. Проте, у вітчизняних стандартах з визначення якості ЗІЗОД не наведено даних щодо антропометричних розмірів обличчя українських робітників, Шеффільдівського манекену голови та вимог до обличчя випробувачів-добровольців. Наслідком цього є невідповідність технічних характеристик респіраторів, що декларуються розробником і фактичних, одержаних під час їх експлуатації у виробничих умовах.

Практичне значення. На підґрунті одержаних даних щодо 400 типових користувачів ЗІЗОД – робітників Авдіївського коксохімічного заводу (АКХЗ) віком від 20 до 55 років виявлено їх розподіл за довжиною та шириною обличчя. За результатами досліджень, участь у яких приймали двадцять п'ять добровольців, відібраних за десятьма параметрами, визначено антропометричні розміри обличчя середньостатистичного робітника АКХЗ і відповідного Шеффільдівського манекену голови.

Ключові слова: фільтрувальний респіратор, коефіцієнт проникнення, антропометричні розміри обличчя, параметрична таблиця.

Вступ. Професійні захворювання органів дихання (пневмоконіоз та пилові бронхіти) належать до найпоширеніших, тому у розвинутих країнах світу ставлять жорсткі вимоги до викидів у навколишній простір. Зокрема, Національним інститутом охорони праці США у 2016 році були внесені зміни у стандарт 29 CFR 1910.134 «Respiratory Protection» – гранично допустиму концентрацію (ГДК) респірабельної фракції пилу зменшено з 2 мг/м³ до 1,5 мг/м³ [1, 2]. У зв'язку з цим, незважаючи на існування різноманітних засобів колективного захисту, виникає необхідність у застосуванні ЗІЗОД – фільтрувальних респіраторів, що забезпечують збереження здоров'я, а іноді й життя користувачів.

В Україні вибір респіраторів відбувається згідно з вимогами національних стандартів щодо засобів індивідуального захисту органів дихання – «актуалізованих» стандартів Євросоюзу [1-3], дослівний переклад котрих не в повній мірі відображає зміст необхідних випробувань і, головне, в національних стандартах України не визначені антропометричні розміри обличчя користувачів і Шеффільдівського манекену

голови, про які йдеться в ISO 16900-1:2020 «Respiratory protective devices—Methods of test and test equipment – Part 1: Determination of inward leakage». А втім, ефективність ЗІЗОД відповідно до Технічного регламенту фактично визначається за процедурами оцінки їх відповідності (модулі А - Д) вимогам національних стандартів за модулями А - Д. Зокрема, згідно ДСТУ EN 149:2017 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів» (п. 7.9.1) одним із важливих показників, який впливає на ступінь захисту фільтрувальних респіраторів є коефіцієнт підсосу (п. 7.9.1). За методикою, наведеною у п. 8.5 вищезгаданого стандарту, для випробувань респіраторів необхідно відібрати десять поголених випробувачів (без бороди і бакенбардів) з характерними для типових користувачів антропометричними розмірами обличчя. Особи ж з іншими рисами обличчя, для яких неможливо підібрати фільтрувальну півмаску, до випробувань не залучаються. Тобто, достовірність визначених за такою методикою коефіцієнтів підсосу, що використовуються для оцінки захисних властивостей респіраторів, розповсюджується тільки на користувачів зі схожими параметрами обличчя. У інших випадках, коли антропометричні розміри обличчя користувачів більші або менші, респіратори не будуть відповідати задекларованому класу захисту. Більш того, відсутність вимог до розмірів Шеффілдівського манекену голови, з використанням якого визначаються коефіцієнти проникнення півмаски згідно пункту 8.11. ДСТУ EN 149:2017 та невідповідність його розміру конструкторським параметрам півмасок призводить до спотворення результатів лабораторних випробувань респіраторів через зменшення площі фільтрування півмасок внаслідок «провальювання» обличчя або несумісності півмасок з обличчям, відповідно.

Вирішення описаної дилеми, на першому етапі, вбачається в удосконаленні процедур з визначення коефіцієнту проникнення респіраторів з підбору відповідного типу Шеффілдівського манекену та оцінки коефіцієнта підсмоктування – щодо підбору кількості випробувачів, які б забезпечили перевірку відповідності конструктивних параметрів півмасок респіраторів до антропометричних параметрів обличчя можливих користувачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі наступні методики підбирання випробувачів, перша – випробувачів підбирають таким чином, щоб розмір та особливості їх обличчя були характерні для не менш ніж 95% користувачів [3]. Відповідно до другої методики у випробувачів антропометричні розміри обличчя та їх форма повинна відповідати розміру і формі лицевої частини півмаски [4].

У проведеному дослідженні [5] описуються проблеми, які пов'язані з визначенням коефіцієнта підсосу (ДСТУ EN 149:2017) на групі з 10-ти поголених випробувачів (рис. 1), яка охоплює набір характеристик обличчя типових користувачів за умов, що кожному з них правильно підібрана півмаска, однак дієвих рекомендацій надано не було.

Так, при виконанні чисельних сертифікаційних випробувань за даною методикою показали, що максимальне проникнення тест-аерозолу спостерігається у випробувачів з малими або великими

обличчями особливо при розмові та рухах голови. Тоді, як найкращий результат у випробувачів з середнім розміром обличчя [6].

Відмітимо, що дана проблема зараз активно обговорюється. Зокрема, увагу приділяють наступним питанням: часу проведення лабораторних досліджень (деякі фахівці вважають його занадто тривалий [7]), кількості задіяних випробувачів (щоб охопити весь спектр можливих антропометричних розмірів [8]), встановленню впливу найвпливовіших розмірів обличчя на коефіцієнт проникання (деякі фахівці говорять, що це довжина обличчя і ширина губ [9], інші – наполягають на довжині та ширині

мають різні антропометричні особливості. Вважається, що використання даної методики підбору дозволить у 95% потенційних користувачів об'єктивно визначати захисні характеристики у лабораторних умовах.

Таким чином, виникає актуальна задача у визначенні антропометричного розподілу середньостатистичного українського робітника для коригування параметрів (розміру комірок та кількості випробувачів в комірках) відомої параметричної таблиці з підбору випробувачів, щодо проведення лабораторного дослідження з визначення коефіцієнту підсмоктування півмасок респіраторів за смугою обтюрації чи клапанної системи (за наявності). Крім того, отримані результати антропометричного розподілу дозволить встановити розміри і тип Шеффілдівського манекена голови, який необхідно для визначення коефіцієнту проникнення фільтрувальної поверхні/фільтрів респіратора.

		134,5	146,5	
138,5	6 2 випробувача	9 2 випробувача	10 2 випробувача	
128,5		7 4 випробувача	8 2 випробувача	
118,5	3 2 випробувача	4 5 випробувачів	5 2 випробувача	
108,5	1 2 випробувача	2 2 випробувача		
98,5				
	120,5	132,5	144,5	158,5
	Ширина обличчя, мм			

Рисунок 2 – Таблиця NIOSH з підбору випробувачів для перевірки захисних властивостей фільтрувальних півмасок

Виклад основного матеріалу. У дослідженні для визначення антропометричних розмірів обличчя, брали участь 400 добровольців (320 чоловіків і 80 жінок) віком від 20 до 55 років з Авдіївського коксохімічного заводу. Вимірювались розміри обличчя, які впливають на захисні характеристики півмасок [11]. У таблиці 2 і рис. 3 показані скорочення і опис вимірюваних розмірів.

Визначення наведених антропометричних розмірів проводили за фотографіями добровольців (фас і профіль) у програмі Python 2.7 з бібліотеками NumPy та PIL. Для використовували алгоритм Local Binary Patterns (алгоритм розпізнавання обличчя, заснований на локальному двійковому операторі (рис. 4)). Суть його полягає в тому, що ми розбиваємо зображення на частини та у кожній такій частині кожен піксель порівнюється із сусідніми 8 пікселями. Якщо значення центрального пікселя більше за сусіднє, то пишемо 0, інакше 1. І так для кожного пікселя у нас виходить деяке число. Далі з урахуванням цих чисел всім частин, куди ми розбивали фотографію, вважається гістограма. Всі гістограми з усіх частин об'єднуються в один вектор, що характеризує зображення в цілому, на яких встановлювали необхідні ключові точки за пікселями.

Далі проводили розрахунок кількості пікселів, котрі попередньо масштабувались в одному міліметрі за допомогою математичних пакетів, при цьому градація головного

показчика масштабування відповідає стандартам, прийнятим в класичних антропометричних дослідженнях: «кордон мезокефалію» (середній розмір голови) лежить між значеннями 76 мм і 81 мм.

Таблиця 2 – Основні антропометричні розміри обличчя

Параметри, що визначають розмір обличчя	Опис параметрів основних розмірів обличчя	Позначення на рисунку
Ширина обличчя за лінією очей	Максимальна ширина обличчя у горизонтальній площині під очима	1
Ширина обличчя за лінією губ	Відстань між правою і лівою кутовими точками нижніх частин щелепи за лінією губ	2
Довжина обличчя	Відстань між нижньою точкою підборіддя і верхньою точкою заглибленості носа між бровами	3
Ширина обличчя за кутами нижньої щелепи	Відстань від нижнього кінчика вуха до нижньої точки щелепи	4

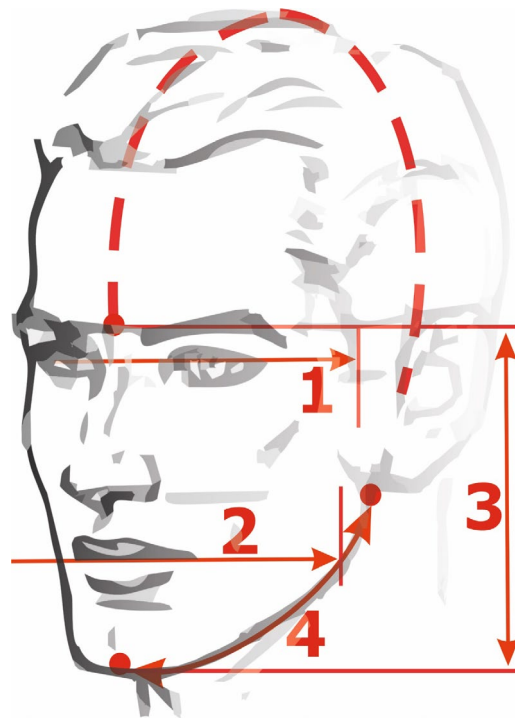


Рисунок 3 – Розміри обличчя, які визначались при дослідженні

В табл. 3 наведені середні результати вимірів основних антропометричних характеристик обличчя для чоловіків і жінок, які необхідні для визначення розміру манекена голови. Діапазон довжини обличчя перевірених осіб склав 98,5мм до 143,2мм, ширини – від 121,3мм до 164,9мм.

Визначені ширина і довжина обличчя дозволили встановити основні розміри параметричної таблиці. Її поле рівномірно поділене на десять комірок за діапазоном антропометричних параметрів обличчя (рис. 5). Далі розраховували кількість людей, які потрапили в ту чи іншу комірку параметричної таблиці (табл. 4). Процентне співвідношення кількості випробувачів у різних комірках, використовуючи за рекомендаціями Інституту з охорони праці США для розрахунку кількості

випробувачів засобів індивідуального захисту органів дихання, що будуть приймати участь у лабораторних перевірках. Загальна їх кількість складає 25 осіб. Їх розподіл відбувся за наступним принципом до 10 % кількості учасників дослідження з виміру антропометричних параметрів обличчя, які потрапили в певну комірку прирівнювались до 2-х випробувачів фільтрувальних респіраторів; до 15% потребували 3-ьох випробувачів і до 20% - 4 випробувача, відповідно (рис. 5).

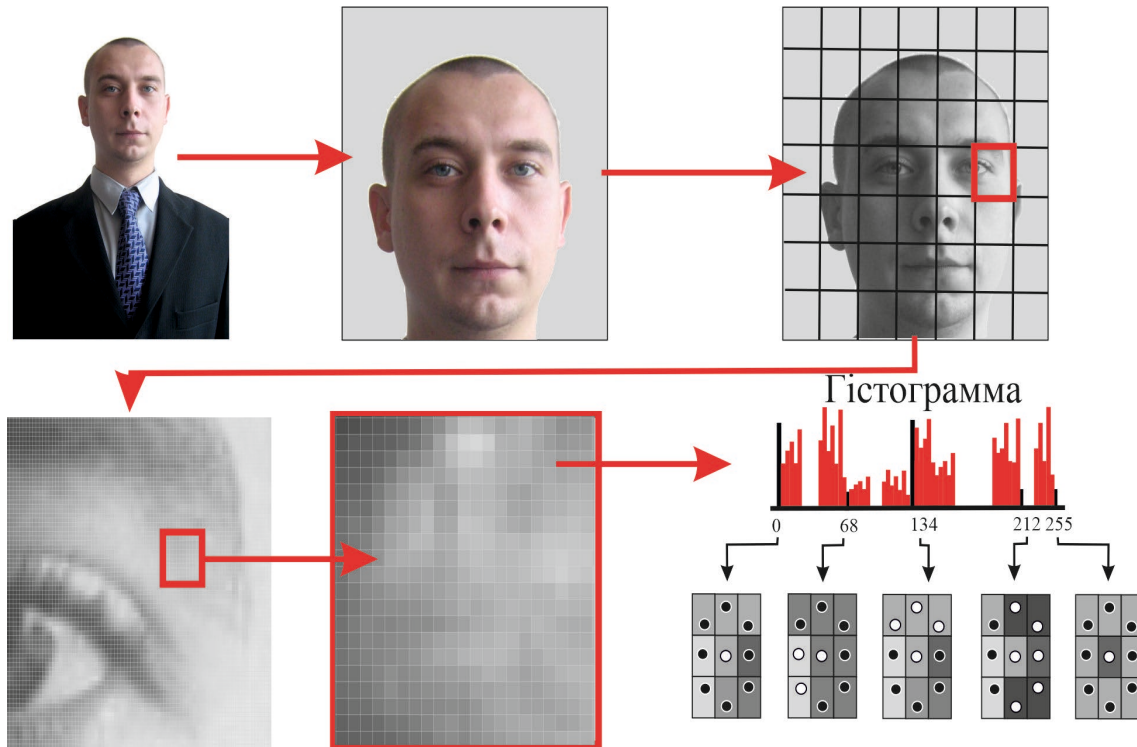


Рисунок 4 – Чотири кроки алгоритму Local Binary Patterns (вихідне зображення; сегментація зображення обличчя; розділене на області; гістограми областей окремо; загальна гістограма)

Таблиця 3 – Результати вимірів розмірів обличчя, мм

Розмір	Чоловіки (320)	Жінки (80)	Всього (400)
Ширина обличчя за лінією очей	130.2±9.1	121.1±9.1	128.4±10.1
Ширина обличчя за лінією губ	144.3±8.9	135.3±6.0	144.5±8.9
Довжина обличчя	121.1±8.4	115.2±5.8	119.8±7.8
Ширина обличчя за кутами нижньої щелепи	174.3±6.9	165.3±7.4	169.8±8.9

Беручи до уваги вимоги стандарту ISO 16900-1:2020 «Respiratory protective devices–Methods of test and test equipment – Part 1: Determination of inward leakage» до типорозмірів Шеффілдського манекена голови (рис. 6), який використовується при визначенні коефіцієнта проникання фільтрувальних півмасок відповідно до даних табл. 5., можна встановити конкретний тип манекена.

Судячи з отриманих результатів розподілу кількості добровольців, які прийняли участь у дослідженнях, найбільша їх кількість (майже 50%) сконцентрована у комірках

6, 7 і 8, що дозволяє говорити про превалювання середнього/широкого типу обличчя. Тому для визначення коефіцієнта проникнення бажано використовувати саме такий манекен голови (табл. 5) або два манекени – середнього та середнього/широкого розмірів. На рис. 6 наведено кількість випробувачів, яких необхідно підібрати для проведення перевірки фільтрувальних півмасок.

Таблиця 4 – Розподіл антропометричних параметрів обличчя

№ дільниці параметричної таблиці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість випробувачів, які потрапили у дільницю	9	16	21	31	34	57	81	66	51	34
Співвідношення досліджених людей, %	2,25	4	5,25	7,75	8,5	14,25	20,25	16,5	12,75	8,5

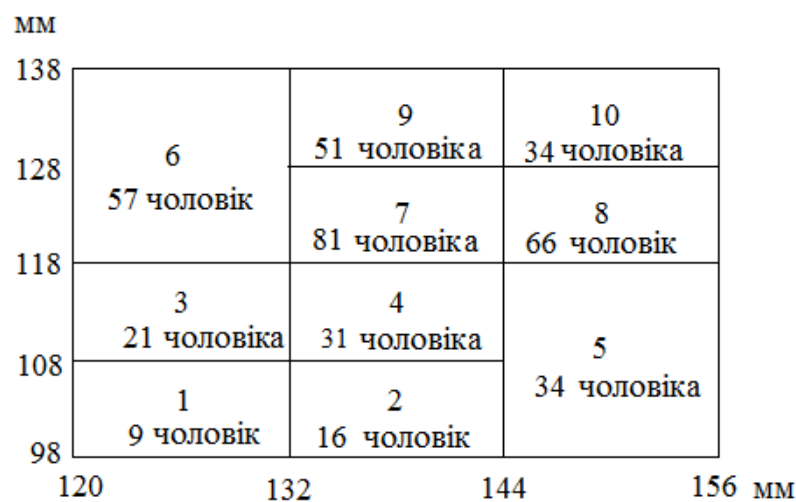


Рисунок 4 – Удосконалена параметрична таблиця з вказаною кількістю людей, які потрапили в певну дільницю за розмірами довжини і ширини обличчя

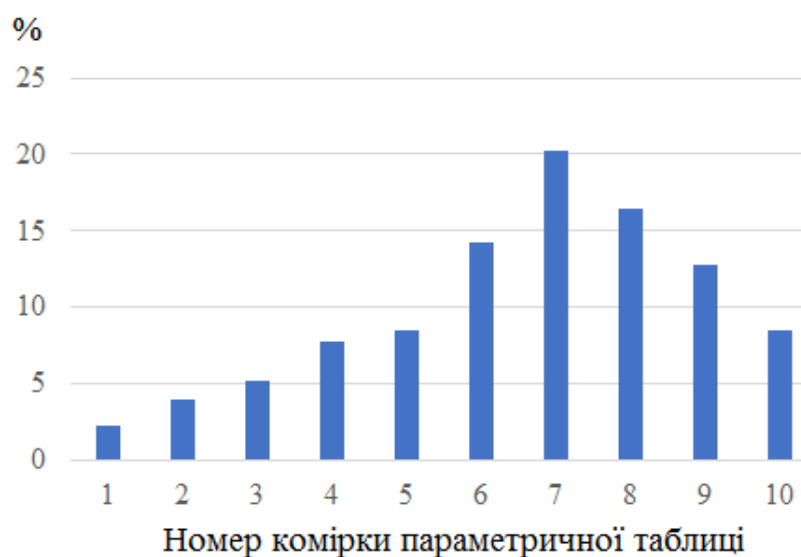


Рисунок 5 – Розподіл співвідношення кількості досліджених людей в комірках параметричної таблиці

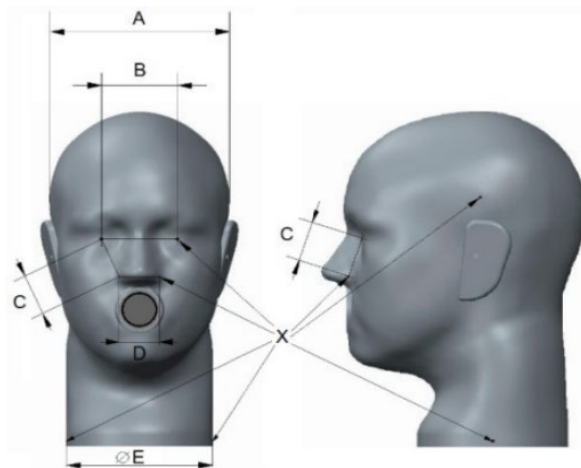


Рисунок 6 – Розміри Шеффілдівського манекена голови

Таблиця 5 – Розміри Шеффілдівського манекена голови

Типорозмір	A	B	C	D	E
малий, мм	144	59	36	32	115
малий/довгий, мм	152	65	39	39	121
середній, мм	152	64	37	36	121
середній/широкий, мм	153	63	43	35	125
великий, мм	161	68	40	42	138

ММ				
138		9 3 випробувачі	10 2 випробувача	
128	6 3 випробувачі	7 4 випробувача	8 3 випробувачі	
118	3 2 випробувача	4 2 випробувача	5 2 випробувача	
108	1 2 випробувача	2 2 випробувача		
98				
	120	132	144	156 мм

Рисунок 7 – Розподіл випробувачів для перевірки коефіцієнта підсосу фільтрувальних респіраторів у параметричній таблиці

Обговорення результатів. Отримані результати розподілу кількості випробувачів для перевірки захисних властивостей респіраторів на добровольцях дозволять охопити весь спектр антропометричних параметрів обличчя, які зустрічаються в нашій країні. Також встановлені розміри довжини і ширини обличчя дозволяють розрахувати периметр обтюратору півмаски, який забезпечить відповідність її конструкції розмірам обличчя (рис. 7,8).

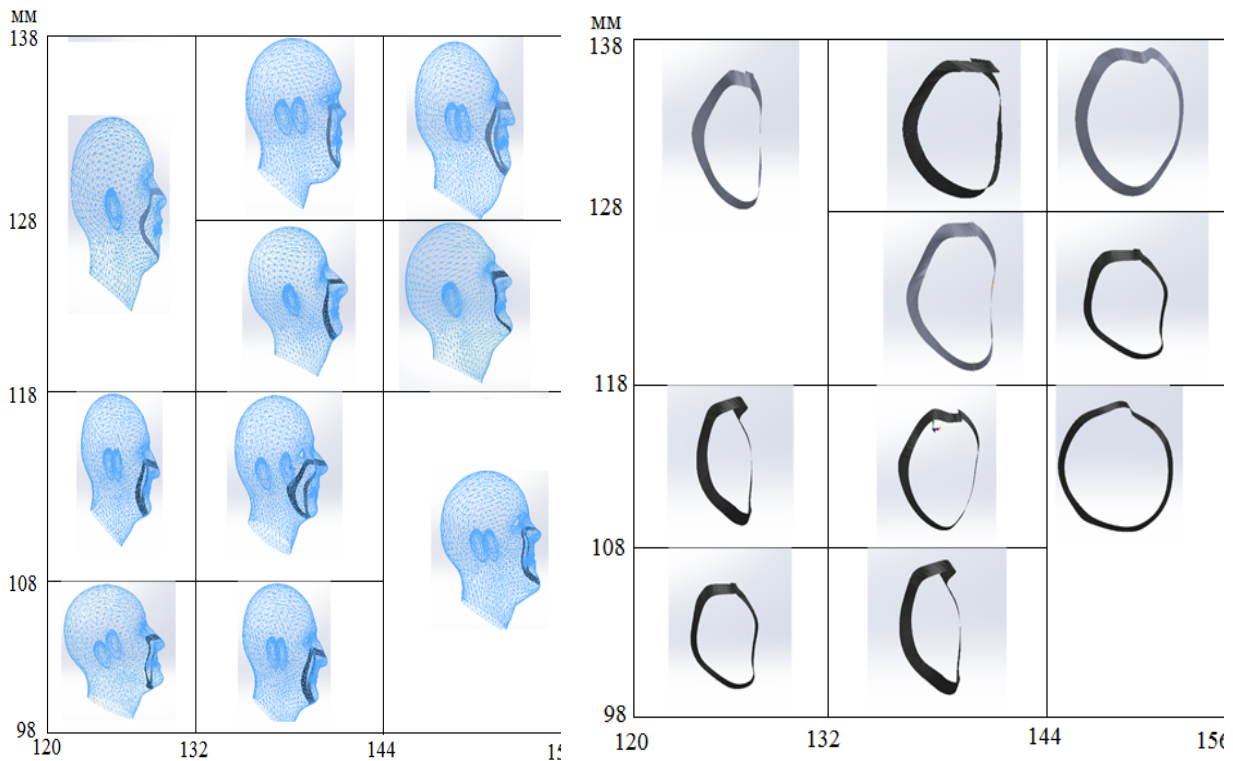


Рисунок 8 – Розрахунок периметру обтюратора півмасок для різних типів обличчя

Аналіз наведених даних показує, що зі збільшенням розміру ширини обличчя виникає необхідність нарощення фільтрувальної поверхні півмаски. Очевидно, для забезпечення надійного ізолювання органів дихання потрібно виготовити або декілька розмірів півмасок або можливість підганяти обтюратор відповідно до антропометричних параметрів. Цікаво, що на розмір периметру півмаски впливає ширина і висота перенісся. До речі саме ця дільниця є найбільш проблемною для забезпечення щільного прилягання обтюратора до лица користувача респіратора.

Виготовлення декількох типорозмірів таких півмасок, що потребує подальших досліджень, оскільки це призведе до значних додаткових затрат виробника. Тому подальші дослідження повинні бути направлені на пошук раціональної конструкції півмаски зі зміною геометрією, щоб швидко пере налаштуватись до різних типів обличчя.

Висновок. На підґрунті одержаних антропометричних даних щодо 400 типових користувачів фільтрувальних респіраторів – робітників Авдіївського коксохімічного заводу (АКХЗ) віком від 20 до 55 років визначено їх розподіл за довжиною і шириною обличчя, що дозволило підібрати для проведення лабораторних випробувань респіраторів з визначення коефіцієнту підсмоктування півмаски респіратора за смугою обтюраторії та клапанної системи (за наявності) двадцять п'ять випробувачів, які розподілені відповідно до комірок удосконаленої параметричної таблиці. На основі встановленого антропометричного розподілу запропоновано підхід з визначення моделі Шеффілдівського манекену голови середньостатистичного українського робітника для визначення коефіцієнту проникнення через фільтрувальну поверхню/фільтр респіратора.

Список літератури

1. Nelson T.J., Colton C.E. The Effect of Inhalation Resistance on Facepiece Leakage. *AIHAJ*. 2000. Vol. 61, no. 1. P. 102–105. URL: [https://doi.org/10.1202/0002-8894\(2000\)061%3C0102:teoiro%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1202/0002-8894(2000)061%3C0102:teoiro%3E2.0.co;2) (date of access: 25.09.2022).
2. Kirillov V.F., Buchnev A.A., Chirkin A.V. [On individual protective means for workers' respiratory organs (review of literature)]. *Med Tr Prom Ekol*. 2013;(4):25-31. Russian. PMID: 24006621. <https://doi.org/10.1080/15298660008984522> (date of access: 25.09.2022).
3. Oestestad R. K., Dillion H.K., Perkins L.L. Distribution of Facesal Leak Sites on a Half-Mask Respirator and Their Association with Facial Dimensions. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1990. Vol. 51, no. 5. P. 285–290. URL: <https://doi.org/10.1080/15298669091369664> (date of access: 25.09.2022).
4. Janssen L., Weber R. The Effect of Pressure Drop on Respirator Facesal Leakage. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2005. Vol. 2, no. 7. P. 335–340. URL: <https://doi.org/10.1080/15459620590965068> (date of access: 25.09.2022).
5. Campbell D.L., Coffey C.C., Lenhart S.W. Respiratory Protection as a Function of Respirator Fitting Characteristics and Fit-Test Accuracy. *AIHAJ - American Industrial Hygiene Association*. 2001. Vol. 62, no. 1. P. 36–44. URL: <https://doi.org/10.1080/15298660108984607> (date of access: 25.09.2022).
6. Oestestad R.K., Elliott L.J., Beasley T.M. The Effect of Gender and Respirator Brand on the Association of Respirator Fit with Facial Dimensions. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2007. Vol. 4, no. 12. P. 923–930. URL: <https://doi.org/10.1080/15459620701709619> (date of access: 25.09.2022).
7. Zhuang Z., Coffey C.C., Ann R.B. The Effect of Subject Characteristics and Respirator Features on Respirator Fit. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2005. Vol. 2, no. 12. P. 641–649. URL: <https://doi.org/10.1080/15459620500391668> (date of access: 25.09.2022).
8. Comparison of Five Methods for Fit-Testing N95 Filtering-Facepiece Respirators / C.C. Coffey et al. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 2002. Vol. 17, no. 10. P. 723–730. URL: <https://doi.org/10.1080/10473220290107002> (date of access: 25.09.2022).
9. Groce D. Three-dimensional facial parameters and principal component scores: Association with respirator fit. / D. Groce., S. Guffey, D.J. Viscusi//*Journal of the International Society for Respiratory Protection*. – 2010. - № 27(1). – P. 1–15.
10. Oestestad R.K., Perkins L.L. An assessment of critical anthropometric dimensions for predicting the fit of a half-mask respirator. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1992. Vol. 53, no. 10. P. 639–644. URL: <https://doi.org/10.1080/15298669291360283> (date of access: 25.09.2022).
11. 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.
12. Zhuang Z., Bradtmiller B., Shaffer R.E. New Respirator Fit Test Panels Representing the Current U.S. Civilian Work Force. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2007. Vol. 4, no. 9. P. 647–659. URL: <https://doi.org/10.1080/15459620701497538> (date of access: 25.09.2022).

References

1. Nelson T.J., Colton C.E. (2000) The Effect of Inhalation Resistance on Facepiece Leakage. *AIHAJ*. Vol. 61, no. 1. P. 102–105. URL: [https://doi.org/10.1202/0002-8894\(2000\)061%3C0102:teoiro%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1202/0002-8894(2000)061%3C0102:teoiro%3E2.0.co;2) (date of access: 25.09.2022).
2. Kirillov V.F., Buchnev A.A., Chirkin A.V. (2013) [On individual protective means for workers' respiratory organs (review of literature)]. *Med Tr Prom Ekol*;(4):25-31. Russian. PMID: 24006621. <https://doi.org/10.1080/15298660008984522> (date of access: 25.09.2022).
3. Oestestad R.K., Dillion H.K., Perkins L.L. (1990) Distribution of Facesal Leak Sites on a Half-Mask Respirator and Their Association with Facial Dimensions. *American Industrial Hygiene Association Journal*. Vol. 51, no. 5. P. 285–290. URL: <https://doi.org/10.1080/15298669091369664> (date of access: 25.09.2022).
4. Janssen L., Weber R. (2005) The Effect of Pressure Drop on Respirator Facesal Leakage. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. Vol. 2, no. 7. P. 335–340. URL: <https://doi.org/10.1080/15459620590965068> (date of access: 25.09.2022).
5. Campbell D.L., Coffey C.C., Lenhart S.W. (2001) Respiratory Protection as a Function of Respirator Fitting Characteristics and Fit-Test Accuracy. *AIHAJ - American Industrial Hygiene Association*. Vol. 62, no. 1. P. 36–44. URL: <https://doi.org/10.1080/15298660108984607> (date of access: 25.09.2022).

6. Oestenstad R.K., Elliott L.J., Beasley T.M. (2007) The Effect of Gender and Respirator Brand on the Association of Respirator Fit with Facial Dimensions. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. Vol. 4, no. 12. P. 923–930. URL: <https://doi.org/10.1080/15459620701709619> (date of access: 25.09.2022).
7. Zhuang Z., Coffey C.C., Ann R.B. (2005) The Effect of Subject Characteristics and Respirator Features on Respirator Fit. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. Vol. 2, no. 12. P. 641–649. URL: <https://doi.org/10.1080/15459620500391668> (date of access: 25.09.2022).
8. Comparison of Five Methods for Fit-Testing N95 Filtering-Facepiece Respirators / C. C. Coffey et al. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 2002. Vol. 17, no. 10. P. 723–730. URL: <https://doi.org/10.1080/10473220290107002> (date of access: 25.09.2022).
9. Groce D. (2010) Three-dimensional facial parameters and principal component scores: Association with respirator fit. / D. Groce., S. Guffey, D.J. Viscusi // *Journal of the International Society for Respiratory Protection*. – № 27(1). – P. 1–15.
10. Oestenstad R.K., Perkins L.L. (1992) An assessment of critical anthropometric dimensions for predicting the fit of a half-mask respirator. *American Industrial Hygiene Association Journal*. Vol. 53, no. 10. P. 639–644. URL: <https://doi.org/10.1080/15298669291360283> (date of access: 25.09.2022).
11. Brochot C. (2010) 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. Bemmer D. // 25-eme Congrès Français sur les Aérosols. – Paris, (13 -14 Janvier) - p. 128–132.
12. Zhuang Z., Bradtmiller B., Shaffer R.E. (2007) New Respirator Fit Test Panels Representing the Current U.S. Civilian Work Force. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. Vol. 4, no. 9. P. 647–659. URL: <https://doi.org/10.1080/15459620701497538> (date of access: 25.09.2022).

Надійшла до редакції 26.09.2022

S. Cheberiyachko, V. Hridyayev, **A. Ennan**, Y. Cheberiyachko, N. Abramova, I. Knysch

SELECTION OF RESPIRATORS BASED ON THE RESULTS OF MEASURING THE ANTHROPOMETRICAL DIMENSIONS OF THE AVERAGE STATISTICAL WORKER OF AVDIIVKA COKE PLANT AND THE SHEFFIELD MANNEQUIN HEAD

Purpose. Determination of the anthropometric distribution of the average Ukrainian worker to increase the reliability of the calculation of the protection factor of respirators due to the improvement of the procedure for laboratory assessment of the penetration factor.

Methods. A comparison has been made of the method of selecting respirators based on the methods of mathematical statistics and statistical analysis to establish relationship between the anthropometric dimensions of the users' faces and the Sheffield mannequin of the head, in accordance with the ISO 16900-1:2020 standard "Respiratory protective devices - Methods of test and test equipment - Part 1: Determination of inward leakage" and the Technical Regulations.

Results. The procedure for determining the penetration factor of respirators from the selection of the appropriate type of the Sheffield mannequin and the evaluation of the suction coefficient has been improved with regard to the selection of the number of testers who would ensure the compliance of the design parameters of the respirators with the anthropometric parameters of the face of possible users. The determined anthropometric distribution of the average Ukrainian worker for adjusting the parameters (cell size and number of testers in the cells) of the known parametric table for the selection of testers, in relation to conducting a laboratory study to determine the suction coefficient of half-mask respirators by the obturation band or valve system (if available).

Scientific novelty. Improving the reliability of studies on the determination of the protection factor of personal respiratory protective devices (RPD) (filtering respirators) is an urgent task. However, in the domestic standards for determining the quality of RPD, there are no data on the anthropometric dimensions of the faces of Ukrainian workers, the Sheffield mannequin of the head, and the requirements for the faces of volunteer testers. The consequence of this is the discrepancy between the technical characteristics of the respirators declared by the developer and the actual ones obtained during their operation in production conditions.

Practical significance. On the basis of the obtained data regarding 400 typical users of RPD, workers of Avdiivka Coke and Chemical Plant (ACCP) aged 20 to 55 years, their distribution by length and width of faces has been revealed. According to the results of the research, in which twenty-five volunteers, selected according to ten parameters, took part, the anthropometric dimensions of the face of the average worker of the ACCP and the corresponding Sheffield mannequin of the head have been determined.

Keywords: filtering respirator, penetration factor, anthropometric dimensions of the face, parametric table.

Відомості про авторів

Чеберячко Сергій Івановіч – докт. техн. наук, професор, професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", (проспект Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна), [orcid.org/ 0000-0003-3281-7157](https://orcid.org/0000-0003-3281-7157). E-mail: sicheb@ukr.net

Гридяєв Володимир Васильович – аспірант кафедри охорони праці та цивільної безпеки, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", (проспект Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна), [orcid.org/ 0000-0001-7767-4490](https://orcid.org/0000-0001-7767-4490) E-mail: Vladimir493@ukr.net

Еннан Алім Абдул-Амідович – докт. хім. наук, професор Директор Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини МОН України та НАН України, (вул. Преображенська, 3, м. Одеса, 65082 Україна) orcid.org/0000-0003-4578-7858. E-mail: eksvar@ukr.net

Чеберячко Юрій Івановіч – докт. техн. наук, професор, професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", (проспект Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна), [orcid.org/ 0000-0001-7307-1553](https://orcid.org/0000-0001-7307-1553). E-mail: cheberiachkoyi@ukr.net

Абрамова Наталія Миколаївна – Завідувачка відділом «Теоретичні основи розробки засобів індивідуального захисту» Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини МОН України та НАН України, (вул. Преображенська, 3, м. Одеса, 65082 Україна) orcid.org/0000-0003-4578-7858. E-mail: eksvar@ukr.net

Книш Іван Михайлович – аспірант кафедри охорони праці та цивільної безпеки, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", (проспект Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна), [orcid.org/ 0000-0002-4064-2679](https://orcid.org/0000-0002-4064-2679). E-mail: krempromziz@ukr.net

Cheberiachko Serhii – Doctor of Technical Science (D.Sc.), Professor, the Department of Labour Protection and Civil Safety, National Technical University "Dnipro Polytechnic" (19, av. D. Yavornytskoho, Dnipro, 49005, Ukraine), orcid.org/0000-0003-3281-7157. E-mail: sicheb@ukr.net

Hrydiaiev Volodymyr – graduate student, the Department of Labour Protection and Civil Safety, National Technical University "Dnipro Polytechnic" (19, av. D. Yavornytskoho, Dnipro, 49005, Ukraine), [orcid.org/ 0000-0001-7767-4490](https://orcid.org/0000-0001-7767-4490) E-mail: Vladimir493@ukr.net

Ennan Alim – Doctor of Technical Science (D.Sc.), Professor, Head of Physical-Chemical Institute for Environment and Human Physical-Chemical Institute for Environment and Human Protection (Preobrazhenska St., 3, Odesa, 65125, Ukraine), orcid.org/0000-0003-4578-7858 E-mail: eksvar@ukr.net

Cheberiachko Yurii – Doctor of Technical Science (D.Sc.), Professor, the Department of Labour Protection and Civil Safety, National Technical University "Dnipro Polytechnic" (19, av. D. Yavornytskoho, Dnipro, 49005, Ukraine), [orcid.org/orcid.org/ 0000-0001-7307-1553](https://orcid.org/0000-0001-7307-1553). E-mail: cheberiachkoyi@ukr.net

Abramova Nataliia – Head of the Department of Theoretical bases of development of personal protective equipment, Physicochemical Institute of Environmental and Human Protection of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine (Preobrazhenska St., 3, Odesa, 65082, Ukraine) orcid.org/0000-0003-4578-7858. E-mail: eksvar@ukr.net

Knysh Ivan – graduate student, Department of Labour Protection and Civil Safety, National Technical University "Dnipro Polytechnic" (19, av. D. Yavornytskoho, Dnipro, 49005, Ukraine), [orcid.org/ 0000-0002-4064-2679](https://orcid.org/0000-0002-4064-2679). E-mail: krempromziz@ukr.net