

УДК 614.896

DOI <https://doi.org/10.26661/2071-3789-2023-2-06>

**Грідяєв Володимир Васильович**, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет. ORCID: 0000-0001-7767-4490

**Манідіна Євгенія Анатоліївна**, доцент, кандидат технічних наук, Запорізький національний університет. ORCID: 0000-0003-4090-9991

**Карпенко Ганна Володимирівна**, здобувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки, Запорізький національний університет. ORCID: 0000-0003-3504-0283

**Русаков Олександр Олегович**, здобувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки, Запорізький національний університет

## ВИКОРИСТАННЯ АНТРОПОМЕТРИЧНИХ ДАНИХ РОБІТНИКІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Тривала робота працівників в шкідливих і важких умовах праці призводить до виникнення в них професійних захворювань. Найбільшу частку серед усіх відомих професійних захворювань, спричинених шкідливими та небезпечними виробничими факторами, становлять захворювання органів дихання. Відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці та колективного договору роботодавець зобов'язаний забезпечити робітника засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

В роботі розглянуто основні конструкції засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД), визначені основні їхні конструктивні елементи. Проведено дослідження антропометричних розмірів обличчя 300 працівників коксохімічного виробництва (КХВ). Визначено, що найбільш впливовими параметрами обличчя для встановлення захисної здатності ЗІЗОД є: довжина і ширина обличчя, а також довжина губ. Під час порівняння результатів досліджень з даними таблиць LANL та NIOSH було виявлено 20 % збіжності розмірів обличчя досліджуваних робітників з даними першої таблиці, LANL, і 88 % – з даними другої таблиці, NIOSH. Встановлено, що вдосконалення таблиці NIOSH дозволить проводити з високою точністю випробування ЗІЗОД у вітчизняних дослідних лабораторіях. Очікується, що використання таких таблиць NIOSH дозволить підібрати ЗІЗОД з 90 % ступенем захисту.

На основі стандарту ISO 16900-1:2020 «Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 1: Determination of inward leakage» за типорозмірами Шеффілдівського манекена голови, що використовується при визначенні коефіцієнта проникання фільтрувальних півмасок, встановлено тип обличчя вітчизняних робітників на КХВ – середнього/широкого типу. Рекомендовані основні напрямки вдосконалення конструкції ЗІЗОД для забезпечення їхньої захисної здатності на високому рівні: виготовити декілька типорозмірів півмасок, створити регульований обтюратор відповідно до антропометричних параметрів робітників.

Ключові слова: шкідливі і небезпечні фактори, засоби індивідуального захисту, антропометричні параметри, респіратор, півмаска, коефіцієнта проникання.

*Вступ.* Одними з найбільш поширених професійних захворювань є патологія органів дихання [1]. До основних чинників виробничого середовища, що викликають професійні захворювання органів дихання, відносяться: пил, дим, туман, токсичні газоподібні.

В роботах [2, 3] зазначено, що при дослідженні повітря робочої зони на різних ділянках коксохімічного виробництва (КХВ) було встановлено перевищення гігієнічних регламентів для більшості забруднювачів, а саме: пил вугільний, аміак, фенол, нафталін, та оксиди вуглецю.

Наявність забруднювачів на різних ділянках КХВ в повітрі робочої зони обумовлена технологічними процесами, що там відбуваються. Так, джерелами утворення пилу в КХВ є цехи вуглепідготовки, відділення коксопідготовки та коксові печі в період заван-

таження шихти та видачі коксу, викиди яких також включають обвуглені частинки та частинки сажі [3, 4]. Пил, що утворюється на різних ділянках КХВ внаслідок особливості сировини, технологічних схем та режимів, різного рівня обслуговування обладнання, є досить різноманітним за властивостями, хімічним і дисперсним складом [5]. В цілому, за даними робіт [4–6], коксовий пил відноситься до тонкодисперсного, крупності частинок становлять 0,190–0,8 мм і менш 0,09 мм.

Джерелами утворенням парів бензолу, толуолу, ксилолу, фенолу, поліциклічних ароматичних вуглеводнів та газоподібних сполук –  $H_2S$ ,  $HCN$  і  $NH_3$  є транспортування та очищення коксового газу. Свою чергу, технологічна операція спалювання коксового газу супроводжується утворенням  $C_xH_y$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $HF$  і сажі, що також є джерелом надходження забруднювачів у повітря робочої зони на КХВ [5].

Зазначимо, що у коксохімічній промисловості на робітників діє цілий комплекс шкідливих факторів, які окремо можуть не перевищувати нормативних значень, але в поєднанні призводять до несприятливих наслідків. Так, на КХВ умовах підвищеного рівня шуму, 83-94 дБА, працюють сортувальник коксу, машиніст коксовиштовхувача, машиніст живильника, транспортерник, рушійник, машиніст з обслуговування силосів та вугільної вежі, машиніст вагоноперекидувача [7]. Отже, працівникам коксохімічного виробництва необхідно застосовувати сучасні засоби індивідуального захисту органу слуху (ЗІЗОС) з відповідними характеристиками шумозниження як кінцевої міри активних заходів профілактики профзахворювань. Рекомендовано для зниження шуму на робочих місцях КХВ застосовувати ЗІЗОС, акустична ефективність яких знаходиться в межах 20-25 дБ [8, 9].

Несприятливі параметри мікроклімату у робочій зоні на КХВ спостерігаються у наступних працівників: газівника коксових печей, тунельника, вогнетривника, машиніста дверізнаймальної машини, машиніста коксовиштовхувача, тунельника, машиніста дверізнаймальної машини, сортувальника коксу, рамповника, кабінника-кантовника, барильєтника [8]. Максимальна температура повітря робочої зони на деяких ділянках КХВ у теплий період року фіксувалася у межах до  $43^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ , а найбільше теплове випромінювання –  $1800\text{--}2000 \text{ Вт/м}^2$  [7].

Таким чином, незадовільні умови праці на КХВ обумовлені насамперед забрудненням повітря токсичними аеродисперсними частинками різного походження (пил, дим, туман), газо- і пароподібними сполуками та високим рівнем виробничого шуму в робочих зонах.

*Аналіз останніх досліджень та публікацій.* Сьогодні існує низка видів ЗІЗ, що мають різні функціональне призначення та клас захисту [10, 11].

Розробка та виробництво фільтрувальних напівмасок на основі полімерних волокон та їх композицій досягла значного прогресу за останні роки завдяки швидкому розвитку технології виготовлення ультратонких волокнистих фільтрувальних матеріалів та впровадженню сучасних методів формування, а також з появою обладнання для зварювання матеріалів з різними фізико-механічними властивостями. Все це обумовило появу на світовому ринку нових ЗІЗОД різного функціонального призначення [12].

Спільною рисою всіх представлених моделей є наявність фільтруючої напівмаски, виготовленої методом термоформування, що гарантує формування та збереження тривимірної форми.

Покращення експлуатаційних характеристик у сучасних ЗІЗОД досягнуто завдяки використанню нових матеріалів при виготовленні комплектуючих та вдосконаленню конструкції. Наприклад, для швидкої підгонки півмаски використовуються пряжки різних конструкцій; мінімізація тиску на голову досягається завдяки застосуванню еластичних стрічок різної ширини; зниження підсосу по смузі обтюрації і виключення необхідності спорядження півмаски притискною пластиною – заміною обтюратором з еластичних матеріалів; опір видиху оптимізується використанням вузлів клапанів видиху удосконалених конструкцій; форма півмаски гарантує мінімальне зниження поля зору.





Однією з сучасних тенденцій є розширення асортименту за рахунок виробництва серій півмасок, які виглядають однаково, але мають різне функціональне застосування. В табл. 1 наведені деякі види фільтрувальних півмасок без клапанів видиху, виготовлені

різними виробниками з використанням фільтруючих і сорбційно-фільтруючих матеріалів, які забезпечують очищення повітря від аерозолів, газів або газів і аерозолів (за винятком карбон (II) оксиду).

Основні відмінності півмасок в межах серії полягають у наступному [5, 12]:

- при використанні загального типу півмаски окремі моделі оснащені клапаном (клапанамі) видиху, що забезпечує максимальне відведення тепла і вологи з підмаскового простору;
- використовуються проти аерозольні фільтри з різним класом захисту;
- наявність додаткового спеціалізованого протигазового фільтра.

Таблиця 1 – Фільтрувальні півмаски від аерозолів без клапанів видиху

Марка	TECHNICA VENUS 2273	Venitex™ M1300	JACKSON SAFETY* R30 FFP3 NRD	3M K112
Зображення				
<b>Форма півмаски</b>	чашоподібна	чашоподібна	чашоподібна	складана
Клас захисту	FFP2	FFP3	FFP3	FFP2
Межа концентрації аерозолів, ГДК <sup>1)</sup>	12	50	50	12
Призначення, області застосування	Рекомендується для різних галузей промисловості та сільського господарства, як універсальний засіб від всіх видів аерозолів (пил, туман, дим, смог, вірусні частки), а також газів і парів			
<b>Особливості</b>	Забезпечує захист від парів аміаку	Стійка до деформації внутрішня оболонка; внутрішній обтюратор зі спеціального піноматеріалу, який можна протирати серветкою для покращення гігієнічності використання півмаски	Два клапани видиху; колірне кодування для легкого визначення ступеня захисту	Велика площа фільтрувальної поверхні; колірне кодування за ступенем захисту; наявність ребер жорсткості на півмасці забезпечує зберігання форми півмаски при роботі в умовах високої температури та вологості.
Розмір	Універсальний			
Виробник, країна	Kimberly-Clark, США	Delta Plus, Франція	Kimberly-Clark, США	3M, США
Агестація і сертифікація	EN 149:2001	ГОСТ 12.4.041-2001	EN 149:2001 + A1:2009	EN149:2001+A1:2009

У цьому разі, на додаток до відмінностей у маркуванні, застосовується кодування за кольором окремих елементів або півмаски в цілому за ступенем захисту, що надає візуальну ідентифікацію і допомагає користувачеві обрати фільтруючу півмаску з необхідним рівнем захисту.

На коксохімічних підприємствах використання ЗІЗОД для захисту від аерозолів і газів та аерозолів з лицевою частиною з повітронепроникного матеріалу обмежується використанням їх на тих виробничих ділянках, де відсутні підвищені температури. На світовому ринку ці ЗІЗОД представлені високотехнологічними виробами з сучасних

матеріалів [12] Дані ЗІЗОД характеризуються різноманітністю форм лицьової частини, конструкцій наголовника та способів кріплення фільтрів (рис. 1).

Відомі ЗІЗОД з примусовою подачею повітря під корпус лицьової частини та виконані з силікону, що застосовуються під час роботи в особливо складних умовах (рис. 2а). Особливістю будови таких ЗІЗОД є наявність в наголовній гарнітурі автоматичного спонукача витрати.



Рисунок 1 – Види засоби індивідуального захисту органів дихання  
а – ЗІЗОД «Profile 40» з різьбовим кріпленням фільтра; б – ЗІЗО «7310» зі штуцерним кріпленням фільтра; в – ЗІЗОД «Dräger X-Plore 2100» з комірковим способом кріплення фільтра

Для забезпечення зниження опору диханню була розроблена конструкція ЗІЗОД з суперрефективною півмаскою з протиаерозольним фільтром (рис. 2б). В результаті збільшення більш ніж в 5 разів площі фільтрації, у порівнянні з одноразовою протиаерозольною півмаскою, і як наслідок, зниження лінійної швидкості фільтрації, відбувається збільшення ефективності протиаерозольного фільтра, а отже і підвищується його пилоємкість.

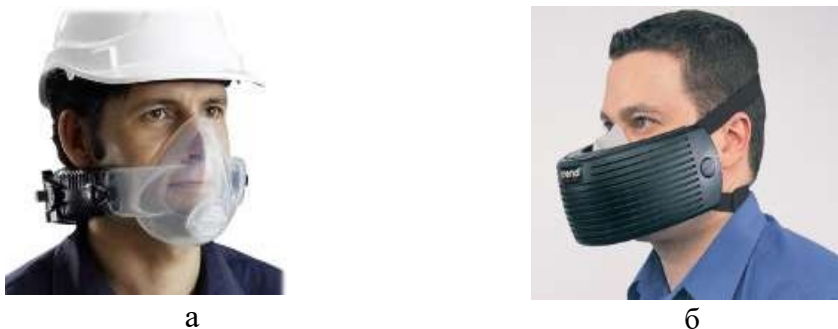


Рисунок 2 – ЗІЗОД з примусовою подачею повітря  
а – ЗІЗОД «PAFtec CleanSpace2™» з примусовою подачею повітря в підмасковий простір;  
б – ЗІЗОД «Trend C-TR-AIRACE» з суперрефективною півмаскою з протиаерозольним фільтром

Використання різних спеціальних матеріалів («WINDSTOPPER», «Polartec», «Арсенал» та «Кевлар», «Carbon X») при виготовленні ЗІЗОД дозволяє застосовувати ці засоби для захисту від вітру, вогню та іскор, токсичних газоподібних [12,13,14].

Таким чином, існують різні конструкції ЗІЗ, які мають універсальні типорозміри, без урахування антропометричних даних робітників.

*Постановка завдання.* У даній роботі ставиться завдання обґрунтувати параметри засобів індивідуального захисту органів дихання працівників КХВ, з урахуванням антропометричних розмірів обличчя користувачів та визначити основні напрямки вдосконалення ЗІЗОД.

*Результати дослідження.* Створення сучасних ЗІЗОД можливе завдяки використанню сучасних фільтруючих, сорбційно-фільтруючих матеріалів та каталізаторів, а також розробці конструкцій корпусу лицьової частини півмаски, головної гарнітури та клапанної системи, які забезпечать високі ізолювальні властивості за умови відповідності антропометрії обличчя користувачів формі корпусу лицьової частини півмаски.



Сучасний процес проектування респіраторів охоплює декілька кроків [15-18]. Одним із перших кроків – це визначення розмірів облич, які характерні для працівників відповідного регіону. Саме антропометричні характеристики обличчя користувачів мають найбільший вплив на ізолювальні властивості ЗІЗОД. Так, в США з метою зменшення похибки при випробуваннях захисної здатності ЗІЗОД, на відміну від країн Європейського союзу, залучають 25 осіб, яких підбирають відповідно до спеціальних таблиць, які розроблені в Національній лабораторії Лос-Аламоса (LANL) та Національним інститутом охорони праці (NIOSH) (рис. 3). Ці таблиці розроблено на основі експериментальних досліджень, спрямованих на встановлення найбільш впливових параметрів облич американців на захисні властивості ЗІЗОД. У LANL в якості таких впливових параметрів облич були прийняті такі, як: довжина обличчя і довжина губ, а в NIOSH – довжина і ширина обличчя. Однак не зрозуміло, наскільки добре вони підходять для вітчизняних користувачів. Тому виникає питання про розробку аналітичної таблиці для підвищення достовірності результатів випробувань.

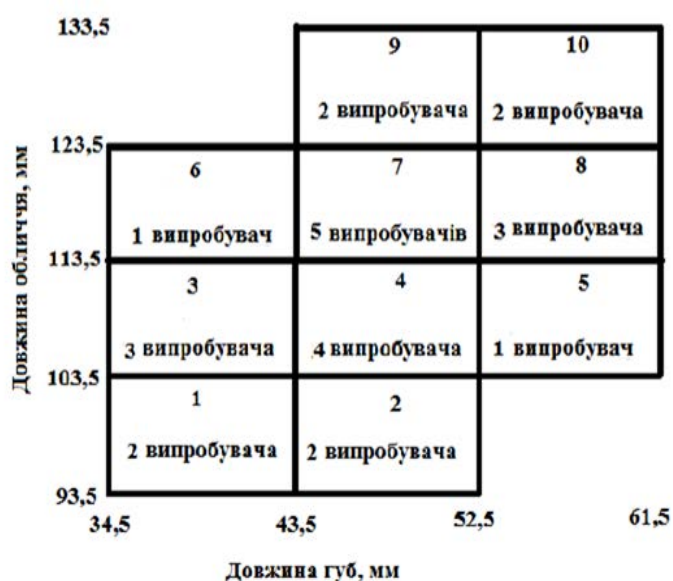


Рисунок 3 – Таблиця LANL з підбору випробувачів для перевірки захисних властивостей ЗІЗОД

Для визначення антропометричних розмірів обличчя в дослідженні взяли участь 300 працівників КХВ. Серед учасників було 220 чоловіків та 80 жінок. Вік учасників 20-57 років, що відповідає віку більшості українських робітників, залучених до робіт на промислових підприємствах металургійного комплексу. За віком учасники поділялись на чотири вікові групи: 20-30 р., 30-40 р., 40-50 р., 50-60 р. У табл. 2 наведені скорочення та описи розміру обличчя.

Таблиця 2 – Скорочення і опис розмірів обличчя

Номер*	Скорочення	Розмір обличчя
1	GONI	Ширина обличчя за лінією очей
2	ZYGO	Ширина обличчя за кутами нижньої щелепи
3	NOSEBRTH	Ширина носа
4	LIPLGTHH	Довжина губ
5	MENSELL	Довжина обличчя
6	NOSEPRH	Довжина носа
7	MSNL	Нижня частина обличчя

Під час досліджень вимірювались розміри обличчя користувачів по яких виготовляються маски ЗІЗОД [19]. У табл. 3 наведені середні результати вимірювань основних

антропометричних характеристик обличчя робітників чоловічої і жіночої статті, необхідних для проектування і верифікації ЗІЗОД.

Таблиця 3 – Результати вимірів розмірів обличчя, мм

Розмір	Чоловіки (220)	Жінки (80)	Всього (300)
Вік 20 – 30 років			
GONI	128,2±9,1	119,1±9,1	126,4±10,1
ZYGO	142,3±8,9	132,3±6,0	141,5±8,9
NOSEBRTH	30,7±1,9	27,6±3,3	29,0±3,6
LIPLGTHH	50,4±3,7	44,0±3,7	47,7±4,8
MENSELL	123,1±8,4	119,2±5,8	119,8±7,8
NOSEPRH	47,3±4,5	41,2±3,0	44,7±5,0
MSNL	22,1±2,7	21,4±2,2	22,3±2,6
Вік 30 – 40 років			
GONI	130,2±7,1	121,1±8,9	128,4±9,2
ZYGO	144,3±8,9	135,3±6,4	144,5±7,97
NOSEBRTH	32,7±1,5	29,6±4,1	32,0±4,4
LIPLGTHH	51,4±2,5	46,0±6,7	48,7±5,1
MENSELL	123,1±7,9	117,2±7,6	119,8±6,6
NOSEPRH	48,±5,5	45,2±3,0	46,6±4,3
MSNL	23,1±2,7	22,4±2,2	22,9±3,1
Вік 40 – 50 років			
GONI	134,2±9,2	125,1±9,1	130,4±10,1
ZYGO	146,2±9,5	137,3±6,0	146,5±8,9
NOSEBRTH	39,7±2,9	35,6±3,3	38,0±3,6
LIPLGTHH	55,4±3,7	49,0±3,7	52,7±4,8

Продовж. табл. 3

NOSEPRH	49,3±4,5	43,2±3,0	47,7±5,0
MSNL	23,1±2,7	21,4±2,2	22,4±2,6
Вік 50 – 60 років			
GONI	134,2±9,5	125,1±10,15	131,4±10,1
ZYGO	147,2±8,9	138,3±6,0	145,5±9,9
NOSEBRTH	39 ± 0,3	35 ± 0,3	37 ± 0,4
LIPLGTHH	49 ± 0,5	44 ± 0,4	49 ± 0,5
MENSELL	122,1±8,4	116,2±6,5	119,8±7,8
NOSEPRH	49,3±4,5	43,2±3,0	47,7±5,0
MSNL	25,5 ± 1,6	24,5 ± 1,3	23,3 ± 1,7

Як зазначалося раніше, найбільш впливовими параметрами обличчя для встановлення захисної здатності ЗІЗОД є: довжина і ширина обличчя, а також довжина губ. Вимірний діапазон довжини обличчя користувача коливався в межах 98,5-143,2 мм, а ширини – 131,3-164,9 мм. Під час порівняння результатів досліджень з даними таблиць LANL та NIOSH було виявлено 20 % збіжності розмірів обличчя досліджуваних робітників з даними першої таблиці, LANL (рис. 4), і 88 % – з даними другої таблиці, NIOSH (рис. 5).

Оцінка розподілу дозволяє визначити кількість значень, класифікованих у тій чи іншій комірці табл. 4. Встановлено, що більшість отриманих результатів зосереджені в квадратах 5, 7 і 8, на відміну з американськими даними – квадрати 4 і 7 (рис. 6). Зазначимо, що під час дослідів необхідно дотримуватися вимоги щодо залучення мінімально необхідної кількості учасників – 25 користувачів. Тільки за такої мінімальної кількості можна забезпечити достатню точність випробувань.

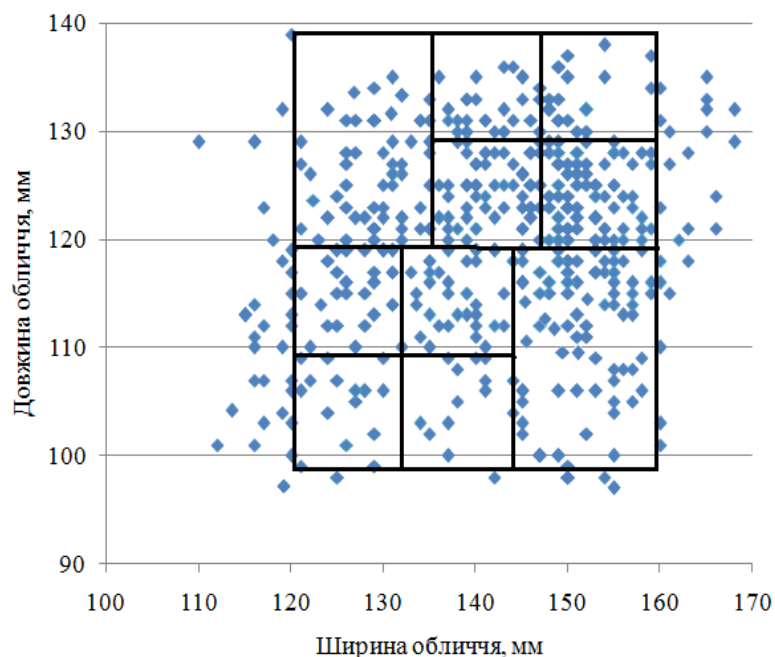


Рисунок 4 – Розподіл розмірів облич перевірених осіб у параметричній таблиці NIOSH

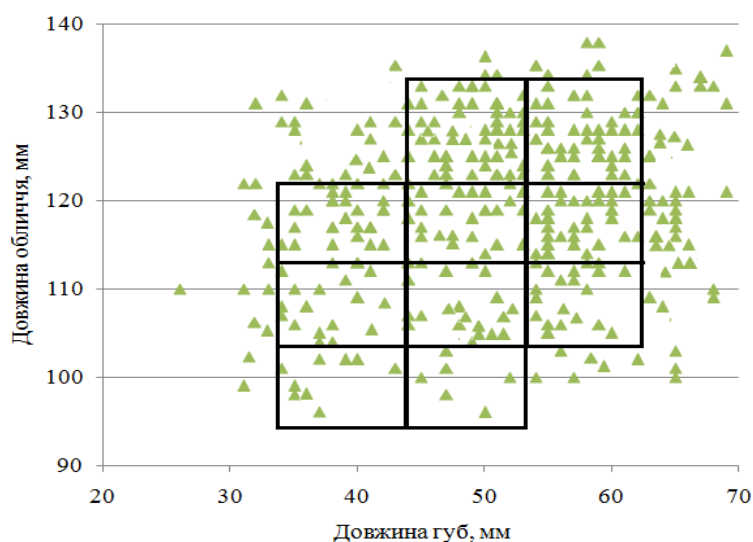


Рисунок 5 – Розподіл розмірів облич перевірених осіб у параметричній таблиці LANL

Таблиця 4 – Розподіл антропометричних параметрів обличчя

№ дільниці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LANL	16	17	24	29	59	52	67	69	18	15
	4%	4,3%	6%	7,3%	14,8%	13%	16,3%	17,3%	4,5%	3,3%
NIOSH	9	16	21	31	34	57	81	66	51	34
	2,3%	4%	5,3%	7,8 %	8,5 %	14,3%	20,3%	16,5 %	12,3%	8,5%

Вибір кількості досліджуваних робітників рекомендується здійснювати відповідно до розподілу антропометричних параметрів особи по дільницях (до 10% – 2 особи; до 15% – 3 особи; до 20% – 4 особи). На рис. 7 наведена кількість робітників, яких необхідно залучити до перевірки фільтрувальних півмасок.

Отже, вдосконалення таблиці NIOSH дозволить проводити з високою точністю випробування ЗІЗОД у вітчизняних дослідних лабораторіях. Очікується, що використання вдосконалених таблиць NIOSH дозволить підібрати ЗІЗОД з 90 % ступенем захисту.

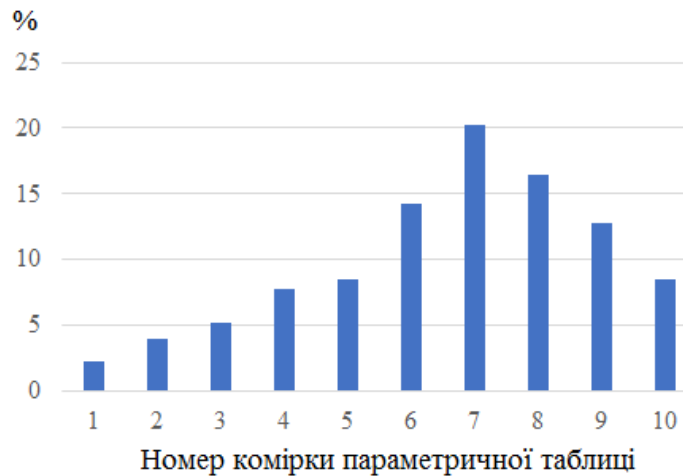


Рисунок 6 – Розподіл співвідношення кількості досліджених людей в комірках параметричної таблиці

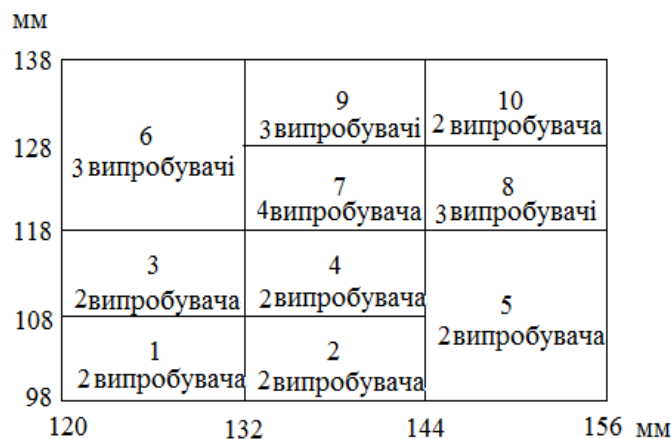


Рисунок 7 – Спеціальна таблиця для підбору випробувачів з перевірки фільтрувальних респіраторів

Відповідно до стандарту ISO 16900-1:2020 «Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 1: Determination of inward leakage» за типорозмірами Шеффілдівського манекена голови (рис. 8), який використовується при визначенні коефіцієнта проникання фільтрувальних півмасок відповідно до даних табл. 5., можна встановити конкретний тип манекена. Результати досліджень робітників КХВ показали, що їх обличчя превальовано відносяться до середнього/широкого типу обличчя (6, 7, 8 – комірки). Отже, для встановлення коефіцієнта проникнення рекомендовано приймати саме вищезазначений манекен голови (табл. 5) або два манекени – середнього та середнього/широкого розмірів.

Таким чином, результати розподілу кількості випробувачів для перевірки захисних властивостей респіраторів на добровольцях дозволять охопити весь спектр антропометричних параметрів обличчя, які зустрічаються в Україні. Визначені розміри довжини і ширини обличчя допоможуть провести більш точні розрахунки периметру обтюратору півмаски, який забезпечить герметичність (щільність прилягання) її конструкції відповідно до розмірів обличчя робітників (рис. 9).



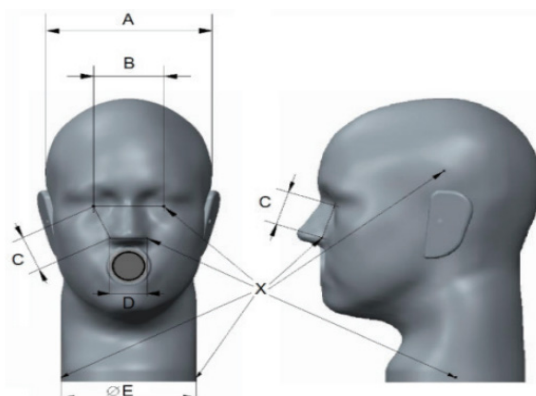


Рисунок 8 – Розміри Шеффілдівського манекена голови

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

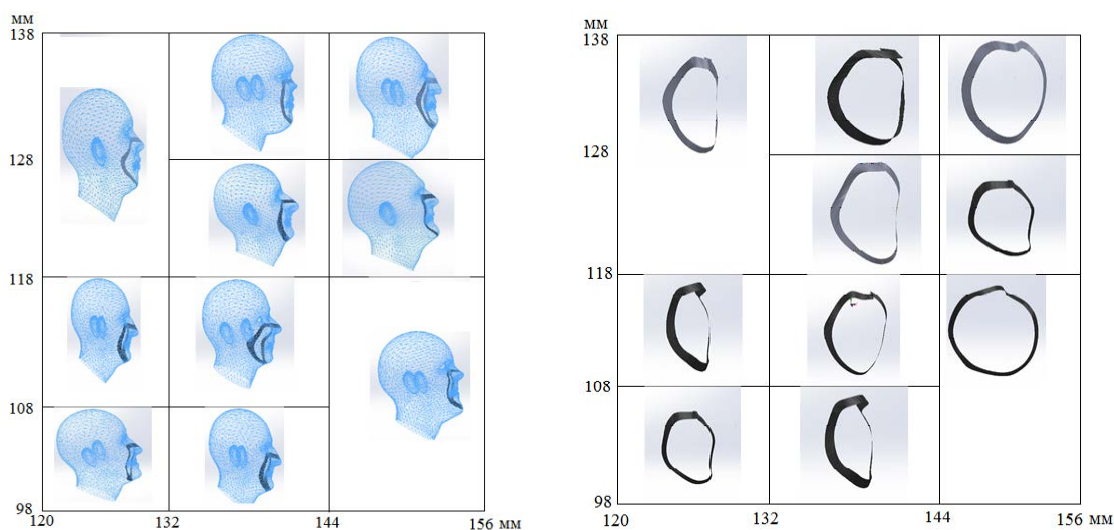


Рисунок 9 – Розрахунок периметру обтюратора півмасок для різних типів обличчя

Для забезпечення на високому рівні захисних властивостей ЗІЗОД, з урахуванням типорозмірів обличчя вітчизняних робітників, виникає необхідність нарощення фільтрувальної поверхні півмаски. Для ефективного ізолювання органів дихання необхідно або виготовити декілька типорозмірів півмасок, або створити регульований обтюратор відповідно до антропометричних параметрів. Отже, використання змінної геометрії ЗІЗОД дозволить забезпечити ефективне ізолювання органів дихання робітників.

*Висновки.* В результаті дослідження антропометричних даних 300 типових користувачів фільтрувальних респіраторів (робітників КХВ) віком від 20 до 57 років отримано їх розподіл за довжиною і шириною обличчя, що дозволило визначити вимоги для проведення лабораторних випробувань ЗІЗОД з визначенням коефіцієнту підсмоктування півмаски респіратора за смугою обтюратору 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.

### Бібліографічний перелік

1. Професійні захворювання органів дихання. URL: <https://kiai.com.ua/ua/archive/2008/5-2/article-226/profesiyni-zahvoryuvannya-organiv-dihannya> (дата звернення 20.11.2023).
2. Pipatmanomai S. Herod A.A., Morgan T.J., etc. The Fate of Volatiles from Injectant coals and Soot Formation in Blast Furnaces. *Energy & Fuels*, 2004. V.18, P. 68–76.
3. Ma J., Fletcher T.H., Webb B.W. Thermophoretic Sampling of Coal-Derived Soot Particles during Devolatilization. *Energy & Fuels*, 1995. V.9. №5. P. 802–808.
4. Lundgren M. Blast Furnace Coke Properties and the Influence on Off-gas Dust. Lulea Sweden : Lulea University of Technology Department of Chemical Engineering and Geosciences Division of Extractive Metallurgy, 2010. 67 p.
5. Грідяєв В.В. Обґрунтування параметрів комплексного засобу індивідуального захисту працівників коксохімічної промисловості : Доктор філософії : спец. 263 – Цивільна безпека : захищена 2023-07-04; Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». Дніпро, 0823U100455.
6. Veranth J.M., Fletcher T.H., Pershing D.W., Sarofim, A.F. Measurements of Soot and Char in Pulverized Coal Fly Ash. *Fuel*, 2000. V.79. № 9. P. 1067–1075.
7. Дзигал Н.Д., Євтушенко В.В., Кондакова Л.Г., Єсін Г.П. та ін. Умови праці та онкологічна захворюваність працівників коксохімічного заводу. *Медичні перспективи*. Дніпро : Дніпропетровської державної медичної академії, 2011. Т. XVI. №2. С. 124-131.
8. Ткачишин В.С. Вплив виробничого шуму на організм людини. *Медицина залізничного транспорту України*. Київ : Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, 2004. №3. С. 96-102.
9. Конвенція про захист працівників від професійного ризику, спричиненого забрудненням повітря, шумом та вібрацією на робочих місцях №148. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993\\_051#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993_051#Text) (дата звернення 22.11.2023).
10. Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1494-18#Text> (дата звернення 22.11.2023).
11. Шматков Г.Г., Мінков Ю.І. Оцінка забруднення атмосферного повітря викидами пилу від стаціонарних джерел промислових підприємств, які розташовані в м. Дніпропетровську. *Екологія і природокористування*, 2011. Вип. 14. С. 72–75.
12. Чеберячко С.І., Чеберячко Ю.І., Радчук Д.І., Дерюгін О.В., Клімов Д.Г., Шароватова О.П., Грідяєв В.В. Засоби індивідуального захисту органів дихання: інновації щодо зниження ризику професійних захворювань. *Комунальне господарство міст*, 2023. Т 1. В. 175. С. 221 – 228.
13. C-TR-AIRACE Airace half mask CDUK. URL: [http://cdukltd.co.uk/tools\\_detail.php?idTool=1129&idManufacturer=23&p=tools](http://cdukltd.co.uk/tools_detail.php?idTool=1129&idManufacturer=23&p=tools) (дата звернення 20.11.2023).
14. WINDSTOPPER® Product Technologies/ WINDSTOPPER. URL: <http://www.windstopper.com/remote/Satellite/toc/TechnologyOfComfortFrameset/index> (дата звернення 20.11.2023).
15. Coffey C.C., Lawrence R.B., Zhuang Z., Campbell D.L., Jensen P.A., Myers W.R. Comparison of five methods for fit-testing N95 filtering-facepiece respirators. *Appl. Occup. Environ. Hyg*, 2002. Vol.17. P. 723-730.
16. Alma Maria Jennifer A. Gutierrez, Melissa D. Galang, Rosemary R. Seva, Michelle C. Lu, Diana Rose S. Ty. Designing an improved respirator for automotive painters. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2014. № 44. P. 131-139.
17. 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. P. 647-659.
18. Groce D., Guffey S., Viscusi D.J. Three-dimensional facial parameters and principal component scores: Association with respirator fit. *Journal of the International Society for Respiratory Protection*, 2010. № 27(1). P. 1-15.
19. Захаров І. Взаємне перерахування похибок та невизначеностей вимірювань. *Стандартизація, сертифікація, якість*, 2005. №5. С. 49–56.

### References

1. Occupational respiratory diseases. URL: <https://kiai.com.ua/ua/archive/2008/5-2/article-226/profesiyni-zahvoryuvannya-organiv-dihannya> (date of application 20.11.2023).
2. Pipatmanomai S. Herod A.A., Morgan T.J., etc. The Fate of Volatiles from Injectant coals and Soot Formation in Blast Furnaces. *Energy & Fuels*, 2004. V.18, P. 68–76.

3. Ma J., Fletcher T.H., Webb B.W. Thermophoretic Sampling of Coal-Derived Soot Particles during Devolatilization. *Energy & Fuels*, 1995. V.9. №5. P. 802–808.
4. Lundgren M. Blast Furnace Coke Properties and the Influence on Off-gas Dust. Lulea Sweden : Lulea University of Technology Department of Chemical Engineering and Geosciences Division of Extractive Metallurgy, 2010. 67 p.
5. Gridiaiev V.V. Substantiation of complex means parameters for personal protection of the coke and chemical industry workers : doctor of philosophy : specialty. 263 – Civil security: protected 2023-07-04; National Technical University «Dnipro Polytechnic». Dnipro, 0823U100455.
6. Veranth J.M., Fletcher T.H., Pershing D.W., Sarofim, A.F. Measurements of Soot and Char in Pulverized Coal Fly Ash. *Fuel*, 2000. V.79. № 9. P. 1067–1075.
7. Dzygal N.D., Yevtushenko V.V., Kondakova L.G., Yesin H.P. etc. Working conditions and oncological morbidity of coke chemical plant workers. *Medical perspectives*. Dnipro: Dnipropetrovsk State Medical Academy, 2011. T. XVI. №2. P. 124-131.
8. Tkachyshyn V.S. The impact of industrial noise on the human body. *Medicine of railway transport of Ukraine*. Kyiv: National Medical University named after O.O. Bogomolets, 2004. №3. P. 96-102.
9. Convention on the Protection of Workers from Occupational Risks Caused by Air Pollution, Noise and Vibration at Workplaces №148. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993\\_051#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/993_051#Text) (date of application 22.11.2023).
10. Minimum requirements for safety and health protection when employees use personal protective equipment at the workplace. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1494-18#Text> (date of application 22.11.2023).
11. Shmatkov H.G., Minkov Y.I. Assessment of atmospheric air pollution by dust emissions from stationary sources of industrial enterprises located in Dnipropetrovsk. *Ecology and nature management*, 2011. V. 14. P. 72–75.
12. Cheberyachko S.I., Cheberyachko Y.I., Radchuk D.I., Deryugin O.V., Klimov D.G., Sharovatova O.P., Gridyaev V.V. Personal protective equipment for respiratory organs: innovations to reduce the risk of occupational diseases. *Communal management of cities*, 2023. T 1. V. 175. P. 221-228.
13. C-TR-AIRACE Airace half mask CDUK. URL: [http://cdukltd.co.uk/tools\\_detail.php?idTool=1129&idManufacturer=23&p=tools](http://cdukltd.co.uk/tools_detail.php?idTool=1129&idManufacturer=23&p=tools) (date of application 20.11.2023).
14. WINDSTOPPER® Product Technologies/ WINDSTOPPER. URL: <http://www.windstopper.com/remote/Satellite/toc/TechnologyOfComfortFrameset/index> (date of application 20.11.2023).
15. Coffey C.C., Lawrence R.B., Zhuang Z., Campbell D.L., Jensen P.A., Myers W.R. Comparison of five methods for fit-testing N95 filtering-facepiece respirators. *Appl. Occup. Environ. Hyg*, 2002. Vol.17. P. 723-730.
16. Alma Maria Jennifer A. Gutierrez, Melissa D. Galang, Rosemary R. Seva, Michelle C. Lu, Diana Rose S. Ty. Designing an improved respirator for automotive painters. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2014. № 44. P. 131-139.
17. 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. P. 647-659.
18. Groce D., Guffey S., Viscusi D.J. Three-dimensional facial parameters and principal component scores: Association with respirator fit. *Journal of the International Society for Respiratory Protection*, 2010. № 27(1). P. 1-15.
19. Zakharov I. Mutual enumeration of measurement errors and uncertainties. *Standardization, certification, quality*, 2005. №5. P. 49-56.

**Gridiaiev Volodymyr**, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporizhzhia National University. ORCID: 0000-0001-7767-4490

**Manidina Yevheniia**, associate professor, candidate of technical sciences, Zaporizhzhia National University. ORCID: 0000-0003-4090-9991

**Karpenko Anna**, student of the department of metallurgical technologies, ecology and man-made safety, Zaporizhzhia National University. ORCID: 0000-0003-3504-0283

**Rusakov Oleksandr**, student of the department of metallurgical technologies, ecology and man-made safety, Zaporizhzhia National University

#### USE OF ANTHROPOMETRICAL DATA OF WORKERS FOR DESIGN OF INDIVIDUAL PROTECTION EQUIPMENT

Long-term work of workers in harmful and difficult working conditions leads to the occurrence of occupational diseases in them. The largest share among all known occupational diseases

caused by harmful and dangerous production factors is respiratory diseases. According to the regulations on labor protection and the collective agreement, the employer is obliged to provide the worker with personal protective equipment (PPE).

The work examines the main designs of personal respiratory protection equipment (PPE), and identifies their main structural elements. A study of the anthropometric dimensions of the face of 300 workers of the coke chemical industry (KHV) was conducted. It was determined that the most influential parameters of the face for determining the protective capacity of ZIZOD are: length and width of the face, as well as the length of the lips. When comparing the research results with the data of the LANL and NIOSH tables, 20% of the agreement of the sizes of the faces of the investigated workers with the data of the first table, LANL, and 88% with the data of the second table, NIOSH, was found. It has been established that the improvement of the NIOSH table will make it possible to carry out high-precision tests of ZIZOD in domestic research laboratories. The use of such NIOSH tables is expected to allow selection of a PPE with a 90% degree of protection.

On the basis of the ISO 16900-1:2020 standard "Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment –Part 1: Determination of inward leakage" based on the standard dimensions of the Sheffield head mannequin used in determining the penetration coefficient of filtering half-masks, the face type of domestic workers was determined on KHV – medium/wide type. Recommended main directions for improving the design of PPE to ensure their protective capacity at a high level: to produce several standard sizes of half-masks, to create an adjustable obturator according to the anthropometric parameters of the workers.

Key words: harmful and dangerous factors, personal protective equipment, anthropometric parameters, respirator, half mask, penetration coefficient

Стаття надійшла до редакції 12.10.2023 р.