

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ВИМОГ ДО ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ

© S. Cheberiachko, O. Yavorska

ANALYSIS OF MODERN REQUIREMENTS TO FILTERING DEVICES OF PERSONAL RESPIRATORY PROTECTIVE EQUIPMENT

Визначені поняття якості і ефективності для оцінки фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання. Запропоновано до показників ефективності фільтруючих ЗІЗОД віднести ймовірність захисту людини, а показники якості розбити на два блоки; перший характеризує захисні властивості респіраторів взагалі на робочих місцях, а другий – відображає властивості складових елементів. Доведено, що використання розрахункового коефіцієнту захисту ЗІЗОД, який визначено у лабораторних умовах для вибору респіратора можна тільки за умови, коли концентрація шкідливої речовини в робочій зоні на виробництві умовно дорівнює концентрації тест-аерозолю у випробувальній камері. Рекомендується для підвищення якості ЗІЗОД розробити фільтрувальні коробки пролонгованої дії, забезпечити систему автоматизованого контролю за показниками та впровадити систему підготовки і перевірки експлуатації респіраторів на робочому місці.

Определены понятия качества и эффективности для оценки фильтровальных средств индивидуальной защиты органов дыхания. Предложено к показателям эффективности фильтрующих СИЗОД отнести вероятность защиты человека, а показатели качества разбить на два блока; первый характеризует защитные свойства респираторов на рабочих местах, а второй - отражает свойства составляющих элементов. Доказано, что использование расчетного коэффициента защиты СИЗОД, который определен в лабораторных условиях для выбора респиратора можно только при условии, что концентрация вредного вещества в рабочей зоне на производстве условно равна концентрации тест-аэрозоля в испытательной камере. Рекомендуется для повышения качества СИЗОД разработать фильтрующие коробки пролонгированного действия, обеспечить систему автоматизированного контроля по показателям и внедрить систему подготовки и проверки эксплуатации респираторов на рабочем месте.

Вступ. Стратегією соціально-економічного розвитку України визначено, що захист персоналу підприємств від шкідливих чинників – важливіший елемент державної політики (Закон України Про затвердження Загальнодержавної соціальної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки, затверджений від 4 квітня 2013 року № 178-VII). У зв'язку з цим, вірогідно, що створення ефективних систем управління безпекою праці, інтегрованих з функціональними і територіальними підсистемами всіх рівнів, є вагомим складовою діяльністю виконавців, відповідальних, за успішність її реалізації.

В Україні найбільш поширеними професійними захворюваннями за даними Фонду соціального страхування від тимчасової втрати працездатності є захворювання органів дихання, які викликані дією різних промислових аерозолів.

Також управлінням США з охорони праці та промислової гігієни (OSHA) відмічається, що у 2016 році порушення вимог захисту органів дихання були на четвертому місці за частотою серед усіх порушень. Усі ці дані призводять до необхідності розробки нових і удосконалення існуючих методів і засобів захисту працівників на основі інноваційних підходів. Цей процес потребує визначення вимог до фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання, які визначають їх призначення і область використання.

Основна частина. Основні вимоги до сучасних ЗІЗОД наведені у декількох стандартах, які є чинними в нашій країні. ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006. «Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования». ДСТУ EN 136:2003 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Маски. Вимоги, випробовування, маркування (EN 136:1998, IDT); ДСТУ EN 149:2003. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Півмаски фільтрувальні для захисту від аерозолів. Вимоги, випробовування, маркування. Однак, у наведених нормативних документах існує низка протиріч, яка потребує відповідних уточнень. Наприклад у гармонізованих стандартах є поняття експлуатаційні властивості, але пояснення про їх сутність не надається. Також незрозумілими є тлумачення коефіцієнтів проникнення, підсосу або підсмоктування (у різних стандартах назва цього показника відрізняється). Такий підхід суперечить ДСТУ 3966:2009 Термінологія. Засади і правила розроблення стандартів на терміни та визначення понять, де встановлено, що основною вимогою до терміну є однозначна відповідність поняттю, відповідність лексичному значенню, мовна коректність. Як відзначають автори роботи [1] найбільше помилок щодо невідповідності терміну зустрічаються через неякісний переклад чи нечітке або нефахове тлумачення.

Відмітимо, що і у роботах різних фахівців, які займаються розробкою перевіркою та вибором ефективних ЗІЗОД, також немає однозначного підходу до цих термінів. У роботі Камінського С.Л. коефіцієнт захисту – це кратність зниження концентрації шкідливої речовини, що забезпечується даним засобом захисту [2]. В той же час у автора Кошелева В.Е. – визначається відношення концентрації шкідливої речовини у повітрі робочої зони до концентрації у підмасковому просторі [3].

По різному вчені тлумачать поняття ергономічних характеристик фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання. Зокрема у роботі [4] говориться, що до уваги слід приймати тільки ті характеристики, які безпосередньо впливають на трудову діяльність людини. Тоді як у інші фахівці [5] до основних характеристик ЗІЗОД відносять у першу чергу безпеку, надійність захисту, а потім мінімальні перешкоди працездатності. Наголошується, що для забезпечення останніх, можна ввести спеціальні режими праці і відпочинку, та тим самим, не ставити ергономічні вимоги на перше місце.

Зарубіжні фахівці також почали використовувати різні терміни для позначення коефіцієнтів захисту. Цьому посприяла необхідність пошуку такого пока-

зника, за яким реально можна оцінити захисні властивості ЗІЗОД. Пропонувалось оцінювати та визначати ступінь захисту респіраторів на робочих місцях при безперервному застосуванні їх в забрудненій атмосфері; при використанні на робочих місцях з перервами; під час перевірки визначати, чи відповідає маска особі; при вимірюванні в лабораторії з імітацією умов на робочому місці. Однак значна відмінність отриманих коефіцієнтів захисту респіраторів не дозволила встановити єдині вимоги. Проблему вирішили вчені Дональд Кемпбелл і Стівен Ленхарт, які почали використовувати результати різних замірів ефективності респіраторів для розрахунку очікуваного коефіцієнту захисту. Він характеризує ступінь захисту, який можна реально досягти на робочому місці для 95 % відповідно тренуваних і перевірених користувачів [6]. Однак, Марк Нікас сумнівався в правильності підходу для його визначення і на основі складної статистичної обробки результатів замірів порадив зменшити обмеження застосування фільтрувальних ЗІЗОД з 10 до 5 ГДК. Однак його рекомендації не знайшли відображення у відповідних стандартах [7].

Суперечки, з визначення коефіцієнтів, які характеризують захисну ефективність ЗІЗОД та їх залежності один від одного ведуться і сьогодні. Майк Клейтон, який є провідним фахівцем англійського управління з охорони праці (HSE) критично оцінив новий стандарт ISO «Respiratory protective devices. Performance requirements», в якому наводяться значення очікуваних коефіцієнтів захисту, що відрізняються від обґрунтованих значень [8]. Він наголосив, що зараз у американському національному стандарті значення очікуваних коефіцієнтів захисту розроблені для конкретних конструкцій респіраторів – тоді як у стандарті ISO, вони розроблені для результатів сертифікаційних випробувань без урахування конструкції респіратора. Отже, використовуються недостатньо обґрунтовані значення коефіцієнтів захисту, які слід було уточнити. Тобто ситуація потребує подальших досліджень з визначення захисних властивостей респіраторів різних конструкцій та уточнення відповідної термінології.

Відповідно до Технічного регламенту засобів індивідуального захисту, затвердженого постановою КМУ від 27.08.2008 № 761, засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) – це спорядження, призначені для носіння користувачем та (або) забезпечення його захисту від одного або декількох видів небезпеки для життя або здоров'я. Технічний регламент вимагає також обов'язкової сертифікації ЗІЗ за показниками його призначення. Однак не вимагає оцінювати ефективність їх використання. На наш погляд використання якісного ЗІЗ, який пройшов відповідну перевірку та має сертифікат відповідності, не гарантує високу ступінь захисту працівників. Засоби індивідуального захисту органів дихання є останнім бар'єром між небезпекою і життям людини. У зв'язку із зростанням кількості професійних захворювань, виникає необхідність у підвищенні вимог до правильного вибору використання фільтрувальних ЗІЗОД.

Узагальнення вимог, що регламентують як розробку, так підбір та використання фільтрувальних ЗІЗОД.

Для оцінки функціональності технологічних систем використовують поняття якості та ефективності. Якість системи (продукції) – це сукупність її взаємопов'язаних характеристик і здатностей (можливостей) задовольняти визначені запити певних груп споживачів.

Під ефективністю розуміють відношення корисного ефекту до витрат на його одержання. Також за даними Малої гірничої енциклопедії: у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д.: Східний видавничий дім, 2004—2013 технологічна ефективність – це ступінь віддачі машин чи апаратів. Тобто на наш погляд ефективність ЗІЗОД характеризується ймовірністю захисту персоналу тобто «віддачею» ЗІЗОД, тоді як під якістю розглядаємо показники придатності ЗІЗОД до використання за призначенням у відповідності до вимог ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. (Набуло чинності за наказом Держспоживстандарту України від 2 лютого 2011 р. № 37, зі зміною, внесеною наказом Держспоживстандарту України від 14 березня 2011 р. № 95).

Отже, до системи показників ефективності фільтруючих ЗІЗОД відносимо ймовірність захисту людини [9]

$$P_s(t) = P_n \cdot P_o \cdot P_k$$

де P_n – наявність ЗІЗОД у працівників; P_o – ймовірність безвідмовної роботи; P_k – ймовірність забезпечення ЗІЗОД належним ступенем захисту.

Останній показник визначаємо ра формулою

$$P_k(t) = P_{fk} \cdot P_m \cdot P_b$$

де P_{fk} – ймовірність проникнення шкідливої речовини крізь фільтрувальну коробку; P_m – ймовірність проникнення шкідливої речовини з урахування підсосу в зону дихання; P_b – ймовірність своєчасного і правильного використання ЗІЗОД.

Як бачимо, розглянута система ефективності використання ЗІЗОД носить ймовірнісний характер. Це зумовлено тим, що визначення конкретних показників базується на різних прогнозах, як основному шляху оцінки стану виробничого середовища. При цьому під прогнозуванням саме і розуміється отримання за допомогою розрахунків інформації про можливі ризики для здоров'я людини пов'язані з виробництвом у відповідності з ДСТУ-П ОHSAS 18001:2006. «Системи управління безпекою та гігієною праці. Вимоги». В якому рекомендується використовувати поняття ймовірності небезпеки, серйозності наслідків, та частоти виникнення небезпеки [9]

$$R(t) = SEP(1 - P_s(t)) \quad (1)$$

де R – ризик; S – серйозність наслідків; E – частота виникнення; P – ймовірність небезпеки.

Показники якості ЗІЗОД, відповідно ДСТУ EN 134:2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Номенклатура складових частин (EN 134:1998, IDT)» представлені двома великими групами:

- показники якості, які характеризують систему взагалі;
- показники якості, які характеризують окремі елементи системи.

До першої групи відповідно ДСТУ Б А.1.1-11-94. «ССНБ. Показники якості і методи оцінки рівня якості продукції. Терміни та визначення» можна віднести комплексний показник якості виробу, який характеризує сумарний корисний ефект від його використання. Також він є визначальним. Відповідно до ДСТУ EN 529:2006 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Рекомендації щодо вибору, використання, догляду і обслуговування. Настанова» визначальними показниками якості ЗІЗОД можна рахувати:

- визначений коефіцієнт захисту (ВКЗ), що показує рівень захисту, який очікується, реально досягти на робочому місці для 95 % відповідно тренуваних і перевічених користувачів при використанні ЗІЗОД, які працюють належним чином і правильно припасовані;

- коефіцієнт захисту на робочому місці (КЗРМ) - це співвідношення між концентрацією в зоні дихання і концентрацією шкідливої речовини всередині підмасочного простору ЗІЗОД.

Така складна термінологія викликана перш за все необхідністю забезпечити надійний захист працівників. «Визначений коефіцієнт захисту» розраховується, виходячи з середньої величини коефіцієнтів захисту респіраторів на робочому місці за формулою [6]

$$ВКЗ = \frac{КЗРМ_{ср}}{\sigma^z} \quad (2)$$

де $КЗРМ_{ср}$ – середнє геометричне значення коефіцієнту захисту на робочому місці; σ – стандартне геометричне відхилення; z – коефіцієнт, що залежить від заданого довірчого інтервалу (вчені Дональд Кэмпбелл и Стивен Ленхарт, провівши статичну обробку декількох десятків звітів про заміри захисних властивостей ЗІЗОД на робочих місцях, запропонували використовувати довірчий інтервал $P=95$).

До другої групи – показників якості ЗІЗОД, як основного елемента відносять:

- показники захисних властивостей ЗІЗОД;
- показники ергономічних характеристик;
- показники надійності;
- показники безпеки.

Показники захисних властивостей відповідно ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования до фільтрувальних властивостей ЗІЗОД розрізняють на

- коефіцієнт захисту - $K_з$;
- коефіцієнт проникнення - $K_п$
- коефіцієнт підсмоктування - $K_{під}$.

Коефіцієнтом захисту респіратора (K_3), показує кратність зниження концентрації шкідливої речовини і визначається за формулою [10]

$$K_3 = \frac{100}{K_n + K_{\text{під}}}, \% \quad (3)$$

Коефіцієнт проникнення K_n (%) виражає долю дисперсних частинок, які проникли через фільтри ЗІЗОД або його фільтрувальні коробки. Коефіцієнт підсмоктування $K_{\text{під}}$ (%) виражає долю дисперсних частинок, які проникли через нещільності смуги обтюраторії ЗІЗОД або клапанної системи.

Для визначення вище наведених показників використовують наступні стандарти: ДСТУ EN 13274-1:2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Методи випробування. Частина 1. Визначення коефіцієнта проникання і загального коефіцієнта проникання» ДСТУ EN 143-2002 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Протиаерозольні фільтри. Вимоги, випробування, маркування»; ДСТУ EN 13274-7-2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Методи випробування. Частина 7. Визначення коефіцієнта проникання протиаерозольного фільтра»; ДСТУ EN 140-2004 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Півмаски і чверть маски. Вимоги, випробування, маркування».

Вище наведеними стандартами передбачається дослідження проникнення аерозолів за методами з використанням хлориду натрію, парафінової оливи та гексафториду сірки. Їх сутність полягає у тому, що спеціально підготовлена суміш у генераторі (розпилювач Колісна для хлориду натрія, або барботажного типу – для тест-аерозолу парафінове масло) з відомою концентрацією тест-аерозолу (2 % розчин), з визначеною витратою повітря (100 л/хв), потрапляє у випробувальну камеру, де розміщено респіратор (рис. 1). За допомогою спеціального обладнання з підмаскового простору відсмоктується повітря з витратою повітря 95 л/хв, яке потрапляє до аналізатора для визначення концентрації частинок (для хлориду натрію – полуменевий фотометр, для парафінового масла – інтегральний фотометр, для гексафториду сірки – аналізатор оснований на вимірюванні інфрачервоної спектроскопії). В результаті обраховується коефіцієнт проникнення, як співвідношення концентрацій тест-аерозолу до і після використання ЗІЗОД. Необхідно відмітити, що ці методи забезпечують отримання полідисперсних аерозолів діаметром від 0,02 до 2 мкм із середнім значенням 0,6 мкм – для хлориду натрію та 0,4 мкм – для парафінової оливи.

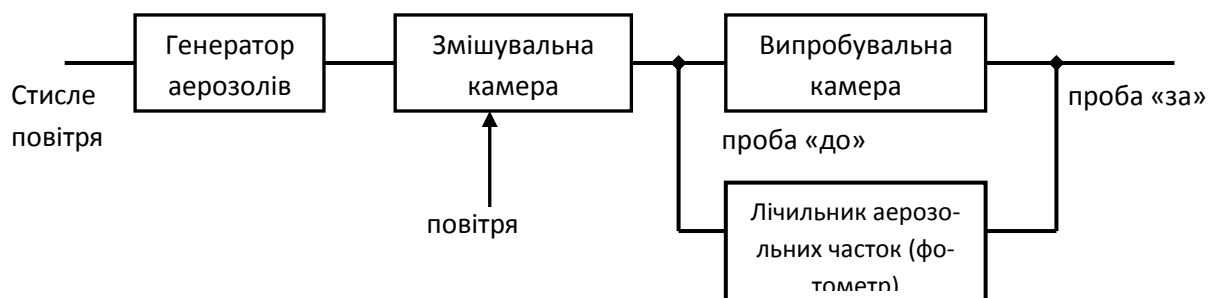


Рис. 1. Структурна схема устаткування для випробувань за тест-аерозолем.

Розкриємо умови за яких формула 3 буде справедлива.

$$K_z = \frac{C_0}{C_{здк}}; K_n = \frac{C_{п.м}^{mm}}{C_0^{mm}} \quad (4)$$

де C_0 – концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони; $C_{здк}$ – концентрація гранично допустимої величини; $C_{п.м}^{mm}$ – концентрація випробувальної речовини під маскою респіратора; C_0^{mm} – початкова концентрація у випробувальній камері.

Використовуючи формули (3) і (4) можна записати

$$\frac{C_0}{C_{здк}} = \frac{C_0^{mm}}{C_{п.м}^{mm}}, \quad (5)$$

формула (5) справедлива тільки за виконання наступних умов

$$C_0 = k C_0^{mm}; C_{здк} = k C_{п.м}^{mm}, \quad (6)$$

де k – коефіцієнт кратності концентрацій.

Отже, використання розрахункового коефіцієнту захисту ЗІЗОД для вибору респіратора можна тільки за умови, коли концентрація шкідливої речовини в робочій зоні на виробництві умовно дорівнює концентрації тест-аерозолю в випробувальній камері. При цьому гранично допустима концентрація шкідливої речовини співпадає з концентрацією тест-аерозолю в підмасковому просторі, або забезпечується пропорційністю між зміною концентрації у випробувальній камері і в підмасковому просторі. Остання умова виконується у випадку, коли зміна концентрації у випробувальній камері не призводить до зміни величини коефіцієнту захисту респіратора.

Також відомо, що у багатьох випадках, зміна концентрації аерозолю у випробувальній камері призводить до зміни його дисперсного складу [11], а це, в свою чергу спричиняє невиконання умови (6). В такому випадку коефіцієнт захисту потрібно визначати на робочому місці.

До показників ергономічних властивостей (за ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006) відносять:

- опір диханню;
- об'ємну долю діоксиду вуглецю у підмасковому просторі;
- обмеження поля зору;
- вагу ЗІЗОД.

Відмітимо, що особливу увагу на відповідність ЗІЗ ергономічним вимогам приділено в ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація, де в п. 5.3 говориться, що всі ЗІЗ мають відповідати вимогам ергономіки та дизайну. Також особлива увага відповідності ергономічних характеристик стану здоров'я працюючих надається у Директиві 89/656/ЕЭС Совета Европейских Сообществ о минимальных требованиях к охране здоровья и безопасности при использовании работниками средств индивидуальной защиты на рабочих местах.

Перевірка якості засобів індивідуального захисту не можлива без визначення їх опору диханню. Цей показник є одним із головних, оскільки він дозволяє оцінити енергетичні затрати організму людини через зміну параметрів легеневого газообміну та насиченості крові киснем. Якщо порівняти параметри, що характеризують процес дихання при виконанні роботи в респіраторі з різним опором диханню і без нього (табл. 1), то побачимо зміну об'єму дихального акту при наявності ЗІЗОД. Зрозуміло, що чим вищий опір диханню, тим більша різниця в показниках.

Виходячи з показників табл. 1 можна оцінити втрату працездатності за роботою м'язів грудної клітини, яку визначають як сумарний добуток загального тиску P (виникає в процесі дихання) на об'єм повітря V

$$A = PV.$$

Таблиця 1

Зміна об'єму легеневої вентиляції під час виконання легкої роботи

Наявність ЗІЗОД	Частота дихання, цикл/хв	Середня витрата повітря, дм ³ /хв	Максимальна витрата повітря, дм ³ /хв
Без респіратора	21,2	20,8	63
В респіраторі з опором, 20* Па	22,7	29,9	84
В респіраторі з опором, 50 Па	23,5	36,1	131

У табл. 2 наведено фізичні показники дихального апарату людини при користуванні респіратором.

Встановлено, що з появою додаткового опору диханню, тобто респіратора, дихальні м'язи при 20-ти Па запрацювали інтенсивніше на 16,7 % порівняно з

легеневим навантаженням без ЗІЗОД, на 56,7 % при 50-ти Па на 90 % при 100 Па і на 110 % при 150-ти Па відповідно.

Опір диханню визначають за ДСТУ EN 13274-3:2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Методи випробування. Частина 3. Визначення опору диханню» Сутність методу полягає у вимірюванні різниці тиску з обох боків досліджуваного вузла респіратору (фільтра, клапану або всього респіратору в цілому) (рис. 2).

Таблиця 2

Фізичні показники людини при користуванні респіратором

Показник	Без респіратору		Додатковий опір дихання в респіраторі, Па, у стані спокою			
	у стані спокою	при легкому навантаженні	20	50	100	150
Перепад тиску в грудній клітині при диханні, Па	375	750	395	425	475	525
ЖЄЛ, л/хв	8	20	9	11	12	12
Робота дихальних м'язів за хвилину (Дж/хв)	3	15	3,5	4,7	5,7	6,3
Відносне збільшення роботи дихальних м'язів з додатковим опором диханню, %	–	–	16,7	56,7	90	110

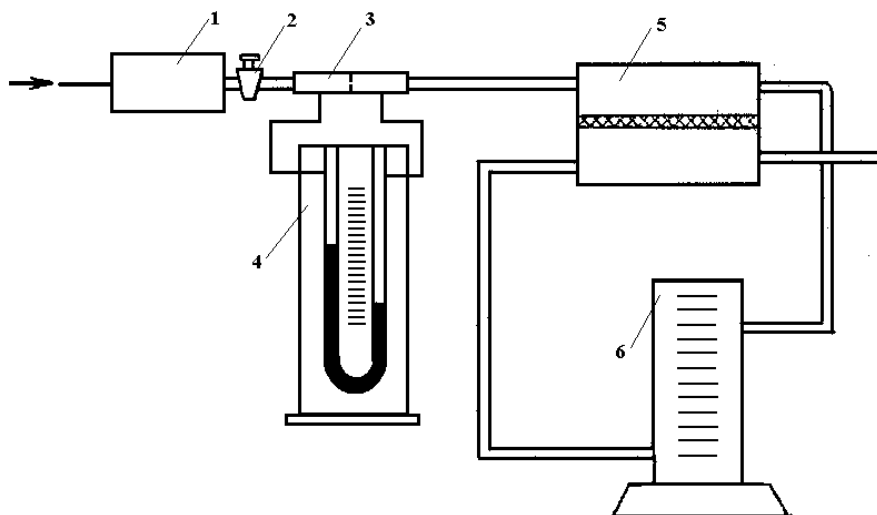


Рис. 2. Схема установки для визначення опору дихання ЗІЗОД:
 1 – стабілізатор тиску; 2 – вентиль; 3 – діафрагма; 4 – манометр; 5 – затиск;
 6 – компенсаційний мікроманометр МКС

Також міждержавним стандартом ГОСТ 12.4.005-89 передбачено визначення опору диханню на людині при різних фізичних навантаженнях. Опір виражають середнім значенням величини перепаду тиску отриманого за формулою

$$\overline{\Delta p} = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} \Delta p_i}{n_i}, \text{ Па}, \quad (7)$$

де n_i – кількість вимірювань; Δp_i – значення перепаду тиску при i -тому вимірюванні, Па.

Випробування для визначення опору диханню, відповідно ДСТУ EN 149 – 2003 і ДСТУ EN 143 – 2002 виконуються на постійному потоці повітря 30 та відповідно 95 л/хв.

Несприятливий вплив шкідливого простору ЗІЗОД обумовлений тим, що після кожного циклу дихання у ньому залишається частина видихуваного повітря, яка містить збільшену кількість CO_2 до 4 %. Крім того, у підмасковому просторі накопичуються конденсат, через різницю температур з навколишнім середовищем. У зв'язку з цим, при кожному вдиху спостерігається зменшення працездатності та погіршення самопочуття (зв'язаним з накопиченням CO_2 в крові та збільшенням частоти і глибини дихання, змінами в інших системах організму: змінюється лужний резерв крові, частота серцевих скорочень та підвищується артеріальний тиск).

Вплив підмаскового простору залежить від геометричного об'єму та конструктивних особливостей ЗІЗОД, повітропроникності матеріалів, з яких виготовлено ЗІЗОД, наявності, числа та розташування клапанів вдиху і видиху та величини опору фільтрів повітряному потоку вдиху і видиху. Вміст вуглекислого газу у повітрі, що вдихається з використанням ЗІЗОД не повинен перевищувати 1 %. Сказане раніше дозволяє розглядати підмасковий простір як фактор, який погіршує захисні властивості ЗІЗОД і вимагає відповідної оцінки.

Дослідження вмісту діоксиду вуглецю (CO_2) в підмасковому просторі фільтрувальних респіраторів проводять відповідно до вимог ДСТУ EN 1827-2001 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Напівмаски без клапанів вдиху та з окремими фільтрами для захисту від газів, або газів та аерозолів, або тільки від аерозолів. Вимоги, випробовування, маркування».

До показників надійності:

- час захисної дії;
- стійкість до запилення;

Ці показники визначаються до досягнення:

- клапанними протипиловими фільтрувальними півмасками граничного опору дихання при вдиханні за постійного потоку повітря 95 $\text{дм}^3/\text{хв}$. 400 Па – для першого класу захисту, 500 Па – для другого та 700 Па – для третього;
- безклапанними фільтрувальними півмасками граничного опору дихання при вдиханні за постійного потоку повітря 95 $\text{дм}^3/\text{хв}$. 300 Па – для першого класу захисту, 400 Па – для другого та 500 Па – для третього;

- фільтрами до респіраторів граничного опору дихання за постійного потоку повітря 95 дм³/хв. 400 Па – для першого класу захисту, 500 Па – для другого та 700 Па для третього.

Вимірювання стійкості до запилення проводиться на постійному потоці повітря через пилову камеру: 60 м³/год, лінійної швидкості 4 см/с; концентрації пилу 400±100 мг/м³; температурі повітря 23±2 °С; відносній вологості повітря 45±15 %. При цьому розподіл за розміром частинок пилу, зваженого у повітрі випробувальної камери повинен відповідати вимогам, зазначеним у ДСТУ EN 143:2002 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Протиаерозольні фільтри. Вимоги, випробування, маркування». Принципова схема випробувань наведена на рис. 3.

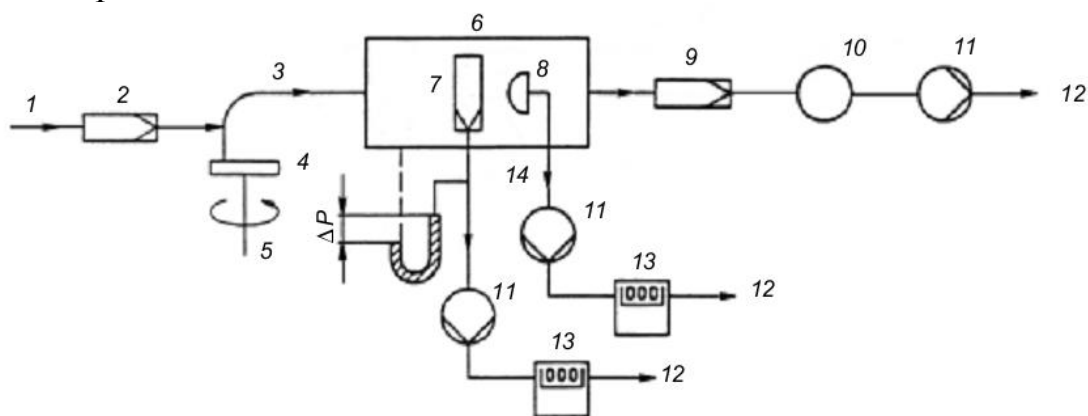


Рис. 3. Принципова схема установки: 1 – стиснене повітря; 2, 9 – повітряний фільтр; 3 – інжектор; 4 – пил; 5 – розподільувач пилу; 6 – пилова камера; 7 – випробувальний фільтр; 8 – пробовідбірник; 10, 13 – потокомір; 11 – аспіратор; 12 – напрям виходу повітря; 14 – пробовідбірна лінія.

Крім того, надійність ЗІЗОД характеризує стійкість до впливу кліматичних, механічних і хімічних чинників, що наголошується у стандарті ДСТУ EN 149:2003 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування».

На основі проведеного аналізу показників ефективності фільтрувальних респіраторів можна зробити висновок, що на даному етапі для покращення захисту працівників при використанні респіраторів необхідно:

– зменшити опір диханню респіраторів, за рахунок розробки нових фільтрувальних коробок пролонгованої дії з високою пиломісткістю та з урахуванням основних закономірностей накопичення пилового осаду при змінному режимі руху;

– підвищити надійність ізолювальних властивостей півмасок, за рахунок удосконалення обтюратора та елементів кріплення півмасок на голові працівників;

– впровадити систему підготовки працівників до використання ЗІЗОД з можливістю перевірки правильного вибору і експлуатації на робочому місці,

коли запиленість перевищує граничнодопустиму концентрацію, за рахунок визначення безпечної області їх використання та процедури правильного вибору.

Відмітимо, що незастосування працівниками респіраторів протягом усієї робочої зміни значно збільшує ризик виникнення захворювань. До недоліків респіраторів можна віднести низький коефіцієнт захисту через підсмоктування нефільтрованого повітря у місцях прилягання півмаски до обличчя, що викликано відсутністю перевірки правильності підбору півмаски, підгонки наголів'я, контролю сповзання півмаски під час роботи. Вкрай необхідні зручні фільтрувальні півмаски, які не викликають різкого збільшення додаткового навантаження. Це вимагає розробки системи автоматичного контролю за роботою респіраторів. Повинна також працювати система, що включає підготовку, тренування, перевірку правильності одягання, проведення оцінки захисних властивостей ЗІЗОД у виробничих умовах. Тому виникає необхідність у розробці рекомендацій щодо вибору і користування ЗІЗОД, а також програм респіраторного захисту.

Висновки.

1. Визначені поняття якості і ефективності для оцінки фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання.

2. Запропоновано до показників ефективності фільтруючих ЗІЗОД віднести ймовірність захисту людини, а показники якості розбити на два блоки; перший характеризує захисні властивості респіраторів взагалі на робочих місцях, а другий – відображає властивості складових елементів.

3. Доведено, що використання розрахункового коефіцієнту захисту ЗІЗОД, який визначено у лабораторних умовах для вибору респіратора можна тільки за умови, коли концентрація шкідливої речовини в робочій зоні на виробництві умовно дорівнює концентрації тест-аерозолу у випробувальній камері.

4. Рекомендується для підвищення якості ЗІЗОД розробити фільтрувальні коробки пролонгованої дії, забезпечити систему автоматизованого контролю за показниками та впровадити систему підготовки і перевірки експлуатації респіраторів на робочому місці.

Перелік посилань

1. Gebtsova, A.I. (2011). Ukrayinski vidpovidniki tehnicnih terminiv u garmonizovanih standartah i normativnih dokumentah. *TeorIya ta praktika derzhavnogo upravlnnnya*, 2(3), 1-6.
2. Basmanov, P.I., Kaminskiy, S.L., Korobeynikov, A.V., & Trubitsyina M.E. (2002). *Sredstva individualnoy zaschityi organov dyihaniya*. Sankt-Peterburg, GIPP «Iskusstvo Rossii».
3. Tarasov, V.I., Koshelev, V.E. (2007). *Prosto o neprostom v ispolzovanii sredstv individualnoy zaschityi*. Perm, «Stil-MG».
4. Faustov, S.A. (2001). *Ergonomicheskiy podhod k vyбору sredstv individualnoy zaschityi organov dyihaniya*. *Rabochaya odezhda i sredstva individualnoy zaschityi*, 2(10), 29.

5. Vishnevskaya, N.L. & Plahova, L.V. (2013). Problemyi obespecheniya bezopasnosti pri primenenii sredstv individualnoy zashchity organov dyihaniya. Vektor nauki TGU, 1(23), 20-22.
6. Lenhart, S.W. & Campbell, D.L. (1984). Assigned protection factors for two respirators types based upon workplace performance testing. The British Occupational Hygiene Society The Annals of Occupational Hygiene, Oxford, UK: Oxford University Press, (28), no. 2, 173-182. <https://doi.org/10.1093/annhyg/28.2.173>.
7. Nicas, M. & Spear, R.C. (1992). Probability Model for Assessing Exposure Among Respirator Wearers: Part I – Description of the Model. American Industrial Hygiene Association Journal, 53(7), 411–418.
8. Clayton. M. (2014). Validation of ISO Protection Levels: Initial Steps. Presentation on 17-th ISRP Biennial Conference, Praga.
9. Potapova, A.O., Purich, V.N., & Basil, E.E. (2013). Kompleksnaya attestatsiya rabochih mest na osnove kontseptsii proizvodstvennogo riska. Informatsiyi tehnologiyi v osviti, nautsi ta virobnitstvi, 4(5), 71-76.
10. DNAOP 0.00–1.04–07 Pravila viboru ta zastosuvannya zasobiv Individualnogo zahistu organiv dihan'nyia (2006)., Ministerstvo yustitsiyi Ukrayini, Kiyiv.
11. Kosheva, L.O. (2009). Algoritm otsinki vidpovidnosti standartizovanoyi metodiki vikonannya vimiryuvan, Sistemi upravlinnya, navigatsiyi ta zv'yazku, 4(12). 94-97.

ABSTRACT

Purpose is to generalize the requirements regulating both the development and selection as well as application of filtering respiratory protective devices (RPD).

The methodology. Current normative documents of Ukraine were used to substantiate the requirements for RPD.

Findings. It has been proposed to include the probability of human protection into the parameters of filtering RPD efficiency and to divide the quality indices into two groups: the first one characterizes the protective properties of respirators at the workplaces in general while the second one represents the properties of the constituent elements.

The originality is in scientific substantiation of the efficiency and quality parameters which take into consideration the system to prepare and test the operation of respirators at the workplace.

Practical implications. It has been proved that the calculation coefficient of RPD protection, having been determined under the laboratory conditions, can be used only if the harmful substance concentration at the workplace is conventionally equal to the test-aerosol concentration in a testing chamber.

Keywords: *Respirator, half-mask, filtering devices, respiratory protective devices*