

Сегменти такої маси вигідно вилити за моделями, що газифікуються, навіть у невеликих вітчизняних ливарних цехах, а також піддавати термообробці для збільшення міцності, зокрема за режимом, аналогічним для бронепутерувальних плит (ізотермічне гартування, austempering) [1], що буде корисно для захисних чи навіть фортифікаційних споруд.

### **Перелік використаних джерел**

1. Дорошенко В. С., Шалевська І. А. Проектування виробництва сегментів захисних споруд за сучасними металургійними технологіями. *Фундаментальні та прикл. проблеми чорної металургії*. 2022. № 36. С. 476–486.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-118>

## **PROTECTIVE PROPERTIES OF RESPIRATORS AND METHODS OF THEIR DETERMINATION**

### **ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕСПІРАТОРІВ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ**

**Zaitsev I.O.**

*student (group 263-22-2m),  
LLC «Technical university  
“Metinvest polytechnic”,  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Зайцев І.О.**

*студент гр. 263-22-2м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

У виробничих умовах працівники піддаються ризику вдихання шкідливих речовин, таких як токсичні гази, пил, дим, бактерії, віруси та інші аерозолі. Фільтрувальні респіратори є важливим засобом захисту від таких загроз. Однак, не всі респіратори мають однакову ефективність та зручність використання, тому дослідження їх захисних і ергономічних властивостей має велике значення для забезпечення здоров'я та безпеки працівників.

У зв'язку з появою нових шкідливих речовин або мутацією вірусів, можуть змінитися вимоги до захисного обладнання. Дослідження захисних властивостей респіраторів дозволить виявити їх ефективність

у відношенні нових загроз і, при необхідності, розробити більш ефективні моделі респіраторів.

Правильний дизайн і зручність використання респіраторів мають велике значення для практичного застосування. Незручні або неефективні респіратори можуть бути відкинуті працівниками, що призводить до недостатнього рівня захисту. Дослідження ергономічних властивостей респіраторів допоможе виявити проблемні аспекти та запропонувати вдосконалення для покращення комфорту та носіння.

Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) як технічний об'єкт є достатньо складною системою, яка формується з певної кількості взаємозв'язаних елементів. Це дає змогу при проєктуванні ЗІЗОД застосувати блочно-ієрархічний підхід, який передбачає розділення складної системи на низку окремих елементів. Конструкції ЗІЗОД мають складники, які формально можна розглядати як окремі елементи: лицьова частина (півмаска, маска); смуга обтюрації, яка забезпечує щільне прилягання до обличчя; фільтри; комплект наголів'я; клапанна система. Ефективність і технічний рівень індивідуальних дихальних пристроїв визначають десятьма групами показників якості відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006 [1], які характеризують їх основні властивості. Під час розроблення ЗІЗОД потрібно забезпечити такі вимоги:

- показники призначення, які відповідають вимогам технічного завдання;
- конструкцію та розмірний ряд, які враховують особливості антропометричних розмірів обличчя та голови людини [2];
- формостійкість, ергономічність, надійність маски та комплекту наголів'я впродовж визначеного гарантованого строку використання [3];
- обмеження додаткових ризиків у використанні, зручність зберігання та утилізації [4];
- економічність і технологічна досконалість [5].

На виробництвах за умов високого рівня забруднення повітря пилом та аерозолями зі шкідливими домішками бактерій, важких металів, різноманітних хімічних сполук широке розповсюдження набули разові протипилові фільтрувальні респіратори. Респіратор без фільтра або із вдихальним і видихальним фільтрами накриває ніс, рот і підборіддя користувача. Півмаска щільно прилягає до обличчя, виготовляється з фільтрувальних матеріалів і фіксується за допомогою регульованих елементів наголів'я. Вимоги до такого типу ЗІЗОД визначено в ДСТУ EN 149:2017 [6]. Важливим елементом забезпечення високих ізолювальних властивостей є наголів'я, яке відповідає за фіксацію

півмаски на голові користувача та рівномірний розподіл зусиль за смугою обтюраторії. Нецільне прилягання обтюратора до поверхні обличчя користувача призводить до надмірного підсмоктування забрудненого повітря у підмасковий простір і, як наслідок, є причиною зниження його захисної ефективності [7]. На просочування часток пилу та аерозолів через можливі зазори впливають: робочі положення, рухи тіла та голови, інтенсивність фізичного навантаження. Найчастіше просочування шкідливих речовин у підмасковий простір фільтрувального респіратора фіксують біля носа, щоки та підборіддя, під час розмов, нахилів голови та змінення міміки обличчя [8].

Під час застосування фільтрувальних масок надійний довготривалий захист органів дихання працівника може бути досягнутий тільки у разі цільного прилягання маски внаслідок зменшення просочування забрудненого повітря за смугу обтюраторії. Кількість шкідливих речовин, які надходять у підмасковий простір респіратору, залежить від опору фільтрувальних матеріалів і величини зазорів між смугою обтюраторії та поверхнею обличчя користувача.

Результати досліджень показали, що на просочування забрудненого повітря впливає важкість виконуваної роботи. Вочевидь, під час зростання фізичного навантаження глибина та частота вдихів-видихів збільшується. Так, у стані спокою об'ємна витрата повітря становить до 12 л/хв, а під час виконання робіт підвищеної важкості збільшується у 6–7 разів. Зі збільшенням фізичного навантаження користувача зростає швидкість вдиху-видиху повітряного потоку до 30 вдих/хв, що знижує ефективність процесу фільтрації. Окрім цього, з'являється ймовірність збільшення зазору між смугою обтюраторії та поверхнею обличчя через змінення міміки, сповзання та ослаблення зусиль, які притискають лицьову півмаску.

Під час носіння елементи наголів'я найшвидше, порівняно з іншими елементами, пошкоджуються, що вимагає негайної заміни респіратору. Деякі виробники фільтрувальних респіраторів виготовляють наголів'я з гуми або латексу, які за загального регулювання можуть залишати сліди (прим'ятини) на обличчі користувача. Низка виробників для удосконалення конструкції наголів'я пропонують додавати вставки, які мають сприяти: щільнішому утриманню лицьової півмаски на обличчі; змінюванню довжини наголів'я; зменшенню величини механічного натягу стрічки кріплення.

У результаті випадків надмірного впливу шкідливих речовин на працівників, які правильно та своєчасно користувалися сертифікованими та функціональними респіраторами із

високоєфективними фільтрами, до кінця 1960-х років фахівцям у промислово розвинених країнах стало очевидним, що реальна ефективність цих захисних засобів була нижчою, ніж очікувалося на основі виключно лабораторних випробувань [9]. Таким чином, починаючи з 1970-х років, у промислово розвинених країнах почали проводити випробування респіраторів безпосередньо під час реальної роботи в виробничих умовах. Результати цих досліджень підтвердили, що реальна ефективність респіраторів в цілому виявилася значно меншою, ніж при лабораторних випробуваннях. З цієї причини, при розробці нормативних документів, що регулюють вибір та використання респіраторів, промислово розвинені країни враховували саме результати виробничих випробувань.

Після винаходу першого індивідуального пробовідбірного насоса Шервудом у 1958 році [10], виникла можливість технічно виміряти забрудненість повітря як ззовні маски респіратора, так і вдихуваного повітря (під маскою) одночасно. Це дозволило визначити ефективність захисних респіраторів. Однак до 1970-х років фахівці помилково вважали, що властивості респіраторів в лабораторних і виробничих умовах однакові. Виміри ефективності респіраторів у реальних виробничих умовах не проводились, і межі їх застосування визначались на підставі лабораторних тестів. Проте перші дослідження вказали на те, що у виробничих умовах захисні властивості респіраторів різних конструкцій є змінними і значно залежать від правильного використання (наприклад, постійне носіння в забрудненій атмосфері) та витоків забрудненого повітря під маскою через її зазори з обличчям. Це демонструвало, що виробнича ефективність респіраторів суттєво нижча, ніж в лабораторних умовах. Це вимагало перегляду обмежень щодо застосування різних конструкцій респіраторів і спонукало до розробки вимог щодо їх правильного використання, що закріплені в національному законодавстві. Внаслідок виробничих вимірювань також було віддано більше уваги технічним засобам захисту, таким як непроникність, вентиляція, автоматизація, зміна технології та інші.

Порівняння результатів випробувань респіраторів, проведених як у лабораторних умовах, так і в реальних виробничих умовах, виявило, що лабораторні випробування недостатньо відображають реальну ефективність респіраторів, навіть при їх постійному використанні. Отже, при встановленні обмежень для області допустимого застосування різних типів захисних респіраторів, як це передбачено законодавством в розвинених країнах, стали враховувати результати саме виробничих випробувань. Це призвело, наприклад, до зміни допустимих

максимальних рівнів концентрації шкідливих речовин (ГДК) для різних типів респіраторів.

### Перелік використаних джерел

1. ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006 Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 12.4.041:2001, IDT). [Чинний від 2007.07.01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 181 с. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=30151](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=30151).

2. Cai M., Li H., Shen S., Wang Yu. Customized design and 3D printing of face seal for an N95 Filtering Facepiece Respirator. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2017. № 15(3). 226–234. doi: 10.1080/15459624.2017.1411598.

3. Голінько В. І., Третякова Л. Д., Чеберячко С. І. Проектування засобів індивідуального захисту працюючих: навч. посіб. Дніпро: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. 181. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41917>

4. Третякова Л. Д., Остапенко Н. В. Оцінка додаткового ризику у використанні захисного одягу. Проблеми охорони праці в Україні: зб.наук.праць. Київ: НДІПБО, 2016. Вип. 32. 57–67. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42196/1/Ryzyku-u-vykorystanni-zakhysnoho-odiahu.pdf>

5. Остапенко Н. В., Луцкер Т. В., Колосніченко О. В., Третякова Л. Д. Розробка елементів спеціального захисного одягу на основі принципів трансформації. Теорія та практика дизайну: зб. наук. пр. Технічна естетика. Київ: Дія, 2015. Вип. 8: С. 204–216. URL: [https://knutd.edu.ua/publications/pdf/Ukrainian\\_editions/2015/Ostapenko\\_L\\_utsker\\_Kolosnichenko\\_Tretyakova27112015](https://knutd.edu.ua/publications/pdf/Ukrainian_editions/2015/Ostapenko_L_utsker_Kolosnichenko_Tretyakova27112015)

6. ДСТУ EN 149:2017 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування (EN 149:2001+A1:2009, IDT). [Чинний від 2018.02.01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 18 с. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=75012](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75012).

7. Чеберячко С. І, Чеберячко Ю. І, Шайхлісламова І. А. Проектування півмасок фільтрувальних респіраторів. *Наука та інновації*. 2020. 16(5). 97–109. URL: 10.15407/scin16.05.097.

8. Yumiao C., Jianping W., Zhongliang Y. The human factors/ergonomics studies for respirators: a review and future work.

International Journal of Clothing Science and Technology, 2015. 27(5). 652–676. 76. doi:10.1108/IJCST-06-2014-0077.

9. Cralley L. V., Cralley L.J. 3A Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 2ed, часть 3A, vol. 2, New York, Willey-Interscience, 1985 с. 677–678.

10. Sherwood R. J. On the Interpretation of Air Sampling for Radioactive Particles. American Industrial Hygiene Association Journal Taylor & Francis. 1966. №. 27(2). p. 98–109.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-119>

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE ELECTROCHEMICAL  
SYNTHESIS OF MULTIFUNCTIONAL MATERIALS  
FOR FILTER VENTILATION SYSTEMS**

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО СИНТЕЗУ  
ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СИСТЕМ  
ФІЛЬТРОВЕНТИЛЯЦІЇ**

**Karakurkchi H.V.**

*(Engineering), Senior Researcher,  
National Defence University  
of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

**Каракуркчі Г.В.**

*д.т.н., старший дослідник,  
Національний університет оборони  
України, м. Київ, Україна*

**Sakhnenko M.D.**

*DSc (Engineering), Professor,  
National Technical University  
"Kharkiv Polytechnic Institute",  
Kharkiv, Ukraine*

**Сахненко М.Д.**

*д.т.н., професор, Національний  
технічний університет  
«Харківський політехнічний  
інститут», м. Харків, Україна*

**Korogodskaya A.M.**

*DSc (Engineering), Associated  
Professor, National Technical  
University "Kharkiv Polytechnic  
Institute", Kharkiv, Ukraine*

**Корогодська А.М.**

*д.т.н., доцент,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний  
інститут», м. Харків, Україна*

Системи фільтровентиляції широко використовуються на виробництві, а також у спорудах цивільного захисту для забезпечення робочого персоналу та цивільного населення очищенням повітрям, коли навколишня атмосфера забруднена токсичними речовинами. При цьому