

ВІДГУК
рецензента РАДЧУКА Дмитра Ігоровича
на дисертаційну роботу Книш Івана Михайловича
на тему «Обґрунтування параметрів каркасів легких фільтрувальних
півмасок швидкого прилаштування», що представлена на здобуття
ступеня доктора філософії з галузі знань 26 – цивільна безпека
за спеціальністю 263- цивільна безпека

Відгук складено на основі вивчення дисертації, опублікованих здобувачем наукових праць, а також документів, що свідчать про реалізацію та впровадження наукових досліджень.

1. Актуальність обраної теми досліджень

Присутність небезпечних та/або шкідливих речовин в повітрі робочої зони, яка перевищує граничного допустимі концентрації, та нездатність технологічних процесів забезпечувати відповідні умови призводить до необхідності використання засобів індивідуального захисту органів дихання.

Найбільш розповсюдженими та використовуваними засобами індивідуального захисту органів дихання є легкі фільтрувальні півмаски, які мають багато конструктивних виконань та особливостей. Легкі фільтрувальні півмаски мають ряд переваг це їх невелика вага, що дозволяє користувачу майже не звертати на них увагу; велике поле зору; низький вміст діоксиду вуглецю у вдихуваному повітрі та інше. Проте, такі конструкції характеризуються ще й невеликим рядом недоліків, серед яких є – підбір та припасування легкої фільтрувальної півмаски до обличчя користувача та рухливість корпусу легкої фільтрувальної півмаски, яка призводить до нещільностей по смузі обтюраторії, що в свою чергу викликає підсмоктування «забрудненого» повітря в підмасковий простір. Саме захист від потрапляння «забрудненого» повітря є головною метою використання легких фільтрувальних півмасок в цивільній безпеці, особливо це є актуальним для захисту населення від аерозолів, пилогазоаерозолів, вірусів та бактерій, радіоактивних часток в повітрі.

Тому тема дисертаційного дослідження з розробки та обґрунтування параметрів каркасів легких фільтрувальних півмасок, які можна швидко прилаштувати до обличчя користувача та будуть забезпечувати комфортність та надійність використання протягом усього часу експлуатації є актуальною темою для цивільного безпеки населення та підприємств-виробників засобів індивідуального захисту органів дихання.

2. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами та темами

Дисертаційна робота виконувалась в двох наукових закладах: НТУ «Дніпровська політехніка» та Фізико-хімічному інституті захисту навколишнього середовища і людини МОН України та НАН України (ФХІЗНСІЛ МОН і НАН України) у відділі «Теоретичних основ розробки

засобів індивідуального захисту органів дихання». В рамках запланованих досліджень ФХІЗНСІЛ МОН і НАН України автор дисертаційної роботи приймав участь в держбюджетних темах «Розробка універсальних засобів індивідуального захисту пролонгованої дії подвійного призначення» (№ ДР 0117U000376, 2017-2018 рр.), «Теоретичні засади створення високоефективних сорбційно-фільтруючих матеріалів і респіраторів на їх основі» (№ ДР 0119U002103, 2019-2021 рр.) та «Наукові засади проектування і освоєння дослідного виробництва легких респіраторів подвійного призначення» (№ ДР 0122U000864, 2022-2023 рр.).

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність та наукова новизна

Вважаю, що наукові положення, які виносяться на захист здобувачем, у повній мірі відображають отримані наукові результати та є достатньо обґрунтованими.

Наукові результати, що виносяться на захист, сформульовані автором наступним чином.

1. Удосконалено методичні підходи до оцінювання причин погіршення ефективності фільтрувальних протипилових і протигазових півмасок при їх експлуатації на виробництві, за рахунок запровадження новітніх способів перевірки щільності прилягання півмасок, визначення раціональної кількості випробувань та статистичної обробки для зменшення невизначеності вимірювання;

Дані наукові результати були отримані шляхом вивчення, проведення та аналізування використовуваних лабораторних методик з оцінювання ефективності фільтрувальних півмасок і протигазових півмасок. Удосконалення методичного підходу дозволяє більш раціонального використовувати мінімально необхідну кількість тестових зразків, що зменшує час на проведення випробувань та фінансове навантаження на замовника, а також підвищує достовірність отримуваних результатів. Наукові результати в такому вигляді декларуються вперше.

2. Удосконалено науково-методичний інструментарій для швидкої оцінки щільності прилягання півмаски до обличчя з використанням термографування поверхні обтюратора з урахуванням сили натягу наголів'я, що дозволяє попередньо визначити коефіцієнт захисту ЗІЗОД.

Вище зазначений науковий результат отримано шляхом теоретичного планування та практичного виконання дій з встановлення захисних параметрів випробуваних зразків за умови швидкого тестування. Такий інструментарій надає можливість в умовах, відмінних від лабораторних, проводити швидку оцінку з щільності прилягання півмаски для прийняття рішення щодо можливості використання даної моделі виробів для даного користувача. Цей результат є важливий для використання мобільними групами з оцінки якості виробів та роботодавцями на підприємствах. Наукові результати в такому вигляді декларуються вперше.

3. Удосконалено концептуальні підходи до розробки та проектування нових конструкцій фільтрувальних півмасок на основі чотирьох кроків: аналіз умов праці; обробка антропометричних розмірів; проектування 3D-моделей півмасок; лабораторна перевірка захисних властивостей готового зразку, що відрізняється від відомих наявністю механізму побудови декількох 3D-моделей голови, які забезпечують допустиму щільність прилягання півмаски для 95 % потенційних користувачів.

Науковий результат отримано шляхом раціонального планування робіт, збору та аналізування отриманих даних та використання комп'ютерного 3D-моделювання. Автором оптимізовано існуючий підхід до розробки та проектування конструкцій фільтрувальних півмасок, це зменшує фінансові витрати та час на створення нового продукту, який буде мати кращі захисні властивості. Наукові результати в такому вигляді декларуються вперше.

4. Удосконалено організаційний механізм контролю за захисною ефективністю півмасок під час її експлуатації за інтенсивністю теплового випромінювання поверхні у інфрачервоному діапазоні та відображення теплового поля поверхні обтюратора на дисплеї тепловізора у вигляді кольорової картини.

Механізм контролю енергоефективності об'єкту шляхом застосування тепловізора є загально відомим, але він переважно застосовується в будівництві для визначення місць енергетичних втрат. Науковим результатом в роботі автора є модернізація та пристосування загальновідомого методу для умов оцінки щільності прилягання фільтрувальної півмаски до обличчя користувача та визначення місць слабого контакту або його відсутності. Це дозволяє оперативно приймати рішення щодо можливості використання такої фільтрувальної півмаски. Наукові результати в такому вигляді декларуються вперше.

5. Набув подальшого розвитку підхід до побудови цифрової моделі голови з одержанням тривимірних координат ключових точок за якими розраховуються параметри функції, що описує поверхню півмаски та швидкого визначення коефіцієнту захисту з проектованої півмаски шляхом поєднання цифрових зображень обличчя і респіратору.

Науковий результат отримано шляхом вдосконалення відомих методів з побудови цифрових моделей голови шляхом збільшення кількості ключових точок за якими в подальшому буде проектуватись модель респіратору. Збільшення кількості ключових точок в моделі підвищує точність проектування. Автором роботи розширено алгоритм моделювання. Наукові результати в такому вигляді декларуються вперше.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Виконано аналіз літературних даних щодо розробки, освоєння виробництва, впровадження, експлуатації та зберігання респіраторів. Висвітлено суттєві недоліки з оцінки їх якості, зокрема, потенційну їх небезпеку для користувачів, коли ігнорується можливість проникання шкідливих аерозолів у підмасковий простір, а, точніше, необхідність законодавчо встановленої профілактики дихання шляхом використання лише

респіраторів відповідного типу і класу, функціональне призначення яких відповідає умовам експлуатації, ергономічним та санітарно-гігієнічним вимогам.

2. Запропонований швидкий метод оцінки щільності прилягання півмаски до обличчя з використанням термографування поверхні обтюратора який дозволяє за рахунок обробки і порівняння зображення з еталонним знімком смуги обтюратора за допомогою засобів математичного середовища Matlab, розрахувати коефіцієнт щільності прилягання ЗІЗОД до обличчя з урахуванням з урахуванням сили натягу наголів'я, що дозволяє попередньо визначити коефіцієнт захисту ЗІЗОД.

3. Запропоновано метод з визначення коефіцієнта підсмоктування тест-аерозолі на добровольцях за смугою обтюратора півмаски з урахуванням величини сили натягу стрічок наголів'я респіратору, за рахунок використання спеціального гнучкого датчику Conductive Rubber Cord Stretch Sensor, виконаного у вигляді еластичного шнура, електричний опір якого при розтягуванні змінюється лінійно.

4. Удосконалено метод проектування легких півмасок, який складається з чотирьох кроків: аналіз умов праці та вибір необхідного фільтрувального матеріалу; обробка антропометричних розмірів осіб потенційних користувачів; проектування 3D-моделі каркаса півмаски; лабораторна перевірка захисних властивостей готового виробу та внесення змін в конструкцію, який відрізняється від відомих наявністю механізму побудови декількох 3D моделей голови, які забезпечують допустиму щільність прилягання півмаски для 95 % потенційних користувачів.

5. Визначено основні антропометричні розміри обличчя користувачів, які найбільше впливають на щільність прилягання півмасок до обличчя; на їх основі були побудовані п'ять полігональних 3D-моделей голови, що охоплюють 95 % потенційних користувачів, виходячи із ключових координат 3D-моделей голови методом інтерполяції побудовано поверхню півмаски.

6. Показано, що у півмасок, в основі розрахунку поверхні яких були розміри довжини і ширини обличчя сумарна площа смуги обтюратора у 1,4 рази більша, ніж у півмасок, поверхня яких будувалась за довжиною обличчя і губ, що дозволило у першому варіанті покращити захисні властивості.

7. Розроблено нову конструкцію каркаса фільтрувальної легкої півмаски зі змінною геометрією обтюратора, що дозволяє змінювати розмір смуги обтюратора, за рахунок наявності спеціальних точок кріплення, які спільно з розміщеним по периметру каркаса в спеціальному каналі, гумовим шнуром, який закріплює фільтрувальний елемент, дозволяє змінювати розмір півмаски відповідно до розмірів особи користувача.

8. Запропоновано алгоритм проектування наголів'я фільтрувальної півмаски, за основу використовує ключові антропометричні точки, що визначаються за даними цифрової 3D-моделі голови, який складається з трьох кроків: визначення розмірів зон обличчя, які характеризуються однаковою пружністю ділянок; встановлення параметрів сітки для деталізації областей дослідження, яка наноситься на моделі обличчя і півмаску та розрахунок площі

контакту між півмаскою і обличчям для оцінки щільності прилягання через порівняння встановлених контактних плям; реалізація такого підходу дозволяє швидко перевіряти розподіл притискних зусиль у запропонованих моделях наголів'я та раціоналізувати конструкцію вже існуючих за площею прилягання півмаски до обличчя і величиною тиску на голову користувача.

9. Вперше встановлено, що коефіцієнт підсмоктування аерозолів в підмасковий простір респіратора залежить від розміщення точок кріплення наголів'я та напряму утвореної ним притискної сили, від якої виникає обертальний момент, що діє на півмаску, та складається певне співвідношення дотичних та нормальних до обличчя сил. Ці сили під час руху півмаски призведуть до зсувів маски та утворенням зазорів, через які аерозоль підсмоктується в підмасковий простір.

10. Запропоновано для контролю розтягування стрічок наголів'я розміщення у спеціальній вставці шматка еластомірного матеріалу із забарвленими відповідно до його еластичності зон різного кольору: червоний, помаранчевий, зелений. При розтягуванні якої в щілині спеціальної вставки буде відображатись те забарвлення яке відповідає величину прикладеної сили натягу.

11. Розроблені імпортозамінюючі імпрегновані волокнисті хемосорбенти основних газів, які забезпечують нормовані вимоги для протигазових фільтрів класу K1 (аміак) при вологості вдихуваного повітря $\geq 30\%$. Вказаному хемосорбенту надано функцію «спрацьовування» динамічної поглинальної ємності, яка візуально визначається за зміною забарвлення протигазових елементів під час «проскоку» токсиканту.

Запропонована автором необхідність законодавчо встановленої профілактики дихання шляхом використання лише респіраторів відповідного типу і класу потребує більш точного пояснення з законодавчої сторони з урахуванням гармонізації національної бази стандартів з європейським законодавством. Разом з тим, це значно не впливає на наукову новизну. Тому, наукову новизну отриманих результатів не викликає сумнівів

4. Оцінка змісту роботи та повнота викладення положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях

Дисертація складається з термінів та визначень, загальної характеристики роботи, 5 розділів зі списком літератури за кожним з розділів, висновків, додатків А та Б. Робота містить 136 сторінок основного тексту, 66 рисунків та 43 таблиці. Вважаю, що характер змісту дисертаційної роботи відповідає її обраній назві.

Текст дисертаційної роботи викладено логічно, грамотною технічною мовою. Робота супроводжується значною кількістю пояснювальних рисунків та таблиць. Присутні додатки, що розкривають зміст роботи, вказують на її цілісність та завершеність.

Перший розділ дисертаційної роботи розкриває результати аналізування літературних джерел та світового досвіду з підвищення ефективності фільтрувальних респіраторів. В розділі наведено аналіз конструкцій

фільтрувальних протипилових та протигазових респіраторів, які зараз випускаються та можна знайти у вільному доступі, їх конструктивних елементів, зроблено проміжні висновки стосовно причин потрапляння «забрудненого» повітря в підмасковий простір. Проведено аналіз нормативних вимог до вище зазначених виробів та оцінено математичні рівняння, за якими можна визначити захисні показники виробу. Окремий підрозділ присвячено аналізу даних щодо волокнистим хемосорбентам, які захищають від аміаку та його похідних, наведено їх характеристики. Зроблено висновки за даним розділом та сформульовано задачі дослідження, що будуть розкриватись в роботі. За розділом подано 38 посилань на літературні джерела.

Другий розділ присвячено методам дослідження показників якості фільтрувальних респіраторів. Наведено таблиці з систематизованими даними щодо методів випробувань та кількості зразків для випробування. Наведено опис методу з визначення коефіцієнта підсмоктування тест-аерозолі хлориду натрію з урахуванням сили натягу стрічок наголів'я. Наведено опис методу щодо термографування обличчя користувача. Надано опис методики з виробничих випробувань. Представлено описи методів з визначення коефіцієнта проникання фільтрувального матеріалу за тест-аерозолем парафінова олива та перевірки з механічної міцності виробів. Окремо подано вимоги до випробувачів та порядок їх підбору для визначення захисних та ергономічних властивостей фільтрувальних респіраторів. Зроблено висновки за даним розділом та подано 21 посилання на літературні джерела.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячено розробці конструкції фільтрувальних протипилових та протигазових півмасок з використанням технології 3D-моделювання. Наведено основні етапи конструювання фільтрувальних респіраторів, розглянуто властивості використовуваних матеріалів, описано методологію розробки 3D-моделі обличчя, виконано проектування каркаса півмаски ПФР згідно параметрів обличчя та виконано друк каркасу на 3D-принтері. Наведено розроблений алгоритм виготовлення наголів'я з урахуванням даних 3D-моделей користувачів. Описано процес конструювання фільтрувального протипилового респіратора з урахуванням результатів моделювання та подано рисунок загального вигляду ПФР зі змінною смугою обтюрації. Зроблено висновки за даним розділом та подано 48 посилань на літературні джерела.

Четвертий розділ присвячено розробці волокнистого матеріалу хемосорбенту, що відповідає вимогам класу K1 за тест-речовиною аміак для протигазових та скомбінованих респіраторів. Представлено залежності часу захисної дії хемосорбенту від зовнішніх чинників (концентрації речовини, вологості повітря тощо), а також наведено дані щодо характеристик індикаторів та зміни їх забарвлення при втраті захисних властивостей. Зроблено висновки за даним розділом та подано 14 посилань на літературні джерела.

В п'ятому розділі наведено результати лабораторних досліджень фільтрувальних респіраторів – контрольних зразків та дослідних, які були розроблені згідно та виготовлені згідно проведених досліджень та отриманих результатів конструювання. Наведено дані з визначення коефіцієнту захисту

випробуваних зразків та перевірки ергономічних властивостей розроблено респіратор. За результатами досліджень розроблено рекомендації для виробників щодо підвищення захисту користувачів при використанні фільтрувальних респіраторів, а саме встановлення спеціальної вставки еластомерного матеріалу із забарвленням та використання відкаліброваної еластичної стрічки з фіксованим діапазоном розтягування. Зроблено висновки за даним розділом та подано 15 посилань на літературні джерела.

Основні результати дисертаційних досліджень опубліковані у 15 наукових працях (у міжнародних журналах з високим індексом цитування – 2, фахових журналах – 4 і тезах наукових конференцій – 4), а також одержано 4 патенти України на корисну модель. Основні положення за результатами дисертаційної роботи доповідалися на наукових семінарах ФХІЗНСІЛ, м. Одеса, 2019-2022 рр.; V, VI Міжнародних науково-практичних конференціях «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика» (Херсон, 2018, 2019), II Міжнародній науково-практичній конференції «Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи» (Київ, 2019).

5. Значення роботи для науки, практики та суспільства

Наукове значення дисертаційної роботи полягають у вдосконаленні методичних підходів до оцінювання причин погіршення ефективності фільтрувальних протипилових і протигазових півмасок при їх експлуатації на виробництві, вдосконаленні науково-методичного інструментарію для швидкої оцінки щільності прилягання півмаски до обличчя з використанням термографування, удосконаленні підходу до розробки та проектування нових конструкцій фільтрувальних півмасок на основі чотирьох кроків, що відрізняється від відомих наявністю механізму побудови декількох 3D-моделей голови, які забезпечують допустиму щільність прилягання півмаски для 95 % потенційних користувачів, удосконаленні організаційного механізму контролю за захисною ефективністю півмасок під час її експлуатації користувачами шляхом термографування.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що її теоретичні й методичні положення дозволили розробити алгоритм створення нового фільтрувального респіратору із застосуванням ІВХС, який ґрунтується на узагальненні (систематизації) комплексу послідовних дій, що дозволяють звести характеристики конкретних елементів: цифрової моделі голови, поверхні півмаски і обтюратора зі змінною геометрією обтюратора побудованих на основі антропометричних характеристик працівників різного віку, національності та статті, вискоєфективних іонообмінних волокнистих фільтрувальних матеріалів для захисту від аміаку, індикаторів для контролю нормованого питомого тиску півмаски на обличчя за смугою обтюратора, поверхні прилягання півмаски до обличчя єдине ціле для забезпечення максимального коефіцієнта захисту працівників на різних промислових виробництвах. Запропоновано склади водних розчинів з використанням лимонної кислоти для отримання ІВХС NH_3 ; ІВХС NH_3 з індикацією “спрацьовування” динамічної поглинальної ємності (ІВХС-І).

Пріоритет та новизна запропонованих технічних рішень та їх практичне значення підтверджено чотирма патентами України на корисну модель.

Результати роботи розроблено, досліджено і впроваджено у випробувальній лабораторії Українського випробувального центру ЗІЗОД, підпорядкованому ФХІЗНСІЛ МОН і НАН України, типоряд легких респіраторів зі зміною геометрією обтюратора, що комфортно, стійко і щільно прилягають до обличчя, не створюючи вм'ятин, а також швидкі методи та засоби індикації щільності прилягання півмасок до обличчя та питомого тиску півмаски на обличчя по смузі обтюратору.

Розроблено відповідно до ДСТУ EN 529:2006 і впроваджено на вугільних шахтах ПрАТ «ДТЕК «Павлоградвугілля»» рекомендації щодо вибору респіраторів з урахуванням ризиків виникнення професійних захворювань унаслідок їх використання.

Результати розробки і впровадження згаданих легких протипилових та протигазових респіраторів та засобів швидкої перевірки їх придатності для використання у виробничих умовах використано при підготовці підручника «Проектування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих», призначеного для студентів вищих навчальних закладів, зокрема кафедри аерології та охорони праці НТУ «Дніпровська політехніка», а також при виконанні студентами кваліфікаційних робіт за другим рівнем вищої освіти (магістерських) дипломних робіт.

6. Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності

За результатами вивчення дисертаційного дослідження, порушень академічної доброчесності та її принципів не було виявлено.

7. Дискусійні положення

Зазначені зауваження не знижують наукового рівня та загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи. Результати роботи є новими та оригінальними.

1. Згідно вимог законодавства, у вибухонебезпечних атмосферах заборонено або обмежено використання машин та механізмів, що працюють на електричному живленні, крім того використовувані матеріали мають бути такими, що не створюють ймовірності виникнення іскри. В роботі не наведено інформації щодо цього питання.

2. В дисертаційній роботі немає інформації чи не будуть змінювати колір використовувані матеріали (еластичні стрічки тощо) у разі перебування в повітрі з хімічними речовинами.

3. В розділі 5.4 «Рекомендації щодо підвищення захисту працівників при використанні фільтрувальних респіраторів» дисертаційної роботи запропоновано використання спеціальної вставки з еластомерного матеріалу з індикацією сили натягу, проте відсутня інформація щодо впливу таких змін на загальну конструкцію виробу, яка розроблена та затверджена виробником.

4. В розділі 3 не наведено інформацію, чи враховувались мимічні рухи обличчя або промовляння користувача при моделюванні конструкції каркаса півмаска ПФР.

8. Загальний висновок щодо дисертаційної роботи

Дисертаційна робота написана грамотною технічною мовою, логічно побудована та викладена. Отримані в ході досліджень наукові результати є новими та оригінальними.

Загальні недоліки та зауваження щодо дисертаційної роботи не носять принципового характеру та не впливають на її позитивну оцінку. В цілому робота представляє самостійне, завершене наукове дослідження, а її основні положення є науково обґрунтованими, достовірними та корисними в теоретичному й практичному аспектах.

Вважаю, що дисертаційна робота Книш Івана Михайловича «Обґрунтування параметрів каркасів легких фільтрувальних півмасок швидкого прилаштування» задовольняє всім вимогам, що передбачені наказом Міністерства освіти та науки від 12.07.2017 р №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії...» (пункти 5, 6, 8).

За вирішення актуального науково-технічного завдання з обґрунтування параметрів каркасів легких фільтрувальних півмасок швидкого прилаштування, а також удосконалення підходу до розробки та проектування нових конструкцій фільтрувальних півмасок та організаційного механізму контролю за захисною ефективністю півмасок під час її експлуатації користувачами шляхом термографування, Книш Іван Михайлович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 26 – цивільна безпека, за спеціальністю 263 – Цивільна безпека.

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри охорони праці та
цивільної безпеки
НТУ «Дніпровська політехніка»

Дмитро РАДЧУК