

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



Радчук Дмитро Ігорович

УДК 614.89

**ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОДНОРАЗОВИХ
ПРОТИПИЛОВИХ РЕСПІРАТОРІВ**

Спеціальність 05.26.01 – “Охорона праці”

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ - 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі аерології та охорони праці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
ГОЛІНЬКО ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ,
Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України,
(м. Дніпропетровськ),
завідувач кафедри аерології та охорони праці.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ЛАПШИН ОЛЕКСАНДР ЄГОРОВИЧ,
Криворізький технічний університет Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України,
професор кафедри рудникової аерології та охорони праці;

кандидат технічних наук, доцент
ТРЕТЯКОВА ЛАРИСА ДМИТРІВНА,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України,
доцент кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки.

Захист дисертації відбудеться "___" _____ 2011 р. о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07 при Державному вищому навчальному закладі «НГУ» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «НГУ» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий "___" _____ 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доц.



О.О. Азюковський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Актуальність роботи обумовлена тим, що високий вміст пилу в повітрі робочої зони, а також труднощі нормалізації умов праці за пиловим фактором підсилили проблему захворювання пневмокніозом у гірничодобувній галузі України, від чого підвищується інвалідність, смертність, зменшується загальна тривалість життя шахтарів.

Одним із шляхів вирішення проблеми є використання високоефективних засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) від пилу. Найбільш поширеними серед них у гірничодобувній промисловості є респіратори типу „Лепесток”, РПА, «Астра», фільтруючі елементи яких традиційно виготовляються з матеріалу ФПП (фільтр Петрянова перхлорвініловий). Однак, у зв'язку з введенням в дію нових гармонізованих стандартів, ці респіратори можуть зникнути з використання, оскільки не відповідають встановленим вимогам. Для вирішення цієї проблеми необхідно дослідити параметри фільтруючих матеріалів, не тільки типу ФП (ФПС, ФПАН, С-11, РФМ, ФМП та ін.), а й нових поліпропіленових (типу НФП, елефлен та ін.). А також визначити, які ЗІЗОД забезпечать високу захисну ефективність та будуть відповідати вимогам європейських стандартів, а для визначення достовірності отриманих результатів оцінити методи, що використовуються.

Аналіз особливостей розробки конструкцій ЗІЗОД показує, що існуючі методи розрахунку не враховують всі фактори, що впливають на забезпечення відповідної якості респіраторів, та умови, в яких вони будуть використовуватись. Для збільшення часу захисної ефективності та покращення ергономічних показників необхідне проведення досліджень властивостей багатошарових фільтруючих матеріалів і розробка на їх основі нових конструкцій респіраторів великої пиломісткості. Основний принцип, що покладений в основу такої конструкції, це забезпечення якості фільтруючого елемента параметрів півмаски з метою підвищення захисної ефективності респіратора за рахунок уникнення підсосу не фільтрованого повітря через нещільності за смугою обтюрції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт Державного вищого навчального закладу «НГУ» за темами «Розробити методи та засоби контролю пилового навантаження гірників основі даних про вміст пилу в повітрі робочої зони гірничих виробок» (№ держ. реєстрації 0102U003025), «Наукове обґрунтування конструкції та параметрів протипилових респіраторів з нових фільтруючих матеріалів» (№ держ. реєстрації 0107U000376).

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності легких протипилових півмасок, за рахунок використання нових багатошарових фільтрувальних матеріалів, які відповідають вимогам гармонізованих стандартів та мають високу пиломісткість, а також вдосконалення конструкції респіратора.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- оцінити придатність та невизначенність вимірювань за гармонізованими стандартами;
- дослідити властивості вітчизняних фільтрувальних матеріалів за гармонізованими стандартами;
- дослідити процес виготовлення поліпропіленових фільтрувальних матеріалів та встановити взаємозв'язок між параметрами навколишнього середовища та їх технічними характеристиками;
- розробити рекомендації щодо застосування фільтрувальних матеріалів у виготовленні респіраторів, виходячи з умов їх експлуатації;
- запропонувати шляхи підвищення ефективності легких півмасок з метою їх відповідності вимогам гармонізованих стандартів;
- розробити нові конструкції легких півмасок, що відповідають вимогам гармонізованих стандартів.

Об'єктом дослідження: є процес фільтрації аерозолів та пиловловлювання легкими протипилові півмаски.

Предметом досліджень є показники фільтрувальних півмасок та фільтрувальних матеріалів, що визначають їх захисні та ергономічні характеристики.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи застосовано: аналіз і узагальнення літературних джерел стосовно типів та конструкцій засобів індивідуального захисту органів дихання, характеристик фільтрувальних елементів, процесу уловлювання аерозольних часток – при виборі та обґрунтуванні напрямку робіт; методи математичної статистики і статистичного аналізу – для оцінки особливостей розрахунку пилового навантаження за наявності респіратора, оцінки впливу характеру робіт на працездатність та захисну ефективність ЗІЗОД; методи математичного моделювання – для дослідження захисної ефективності ЗІЗОД.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Стабільність технічних характеристик протипилових респіраторів при зміні параметрів навколишнього середовища забезпечуються зміною щільності упакування й діаметра волокон фільтрувального матеріалу, з якого виготовлено фільтр: за постійного діаметру волокон з підвищенням температури навколишнього середовища щільність упакування волокон необхідно зменшувати, а при зменшенні температури - щільність упакування навпаки збільшувати.

2. Залежність величини заряду фільтрувального матеріалу від вологості та температури повітря має екстремальний характер, при цьому максимальна величина поверхневого заряду відповідає 75-80 % відносної вологості повітря та температурі 20-25 °С.

Наукові результати і їх новизна.

1. Встановлено причини невідповідності вітчизняних півмасок вимогам гармонізованих стандартів, що зумовлюється швидким зростанням опору диханню та низькою пиломісткістю, що призводить до малого строку служби респіратора.

2. Вперше проведена оцінка з невизначенності методик вимірювань показників засобів індивідуального захисту дихання за гармонізованими стандартами з використанням різних методів математичної статистики.

3. Уточнені основні закономірності для формування та розрахунку параметрів фільтрувального матеріалу. Експериментально досліджений зв'язок поверхневого потенціалу при коронному заряджанні поліпропіленового матеріалу від параметрів навколишнього середовища.

4. Досліджена модель фільтрування багат шаровими поліпропіленовими матеріалами. Встановлено взаємозв'язок між параметрами передфільтрів і фінішного шару фільтру з метою забезпечення великої пиломісткості і високих показників захисної ефективності таких фільтрів.

5. Показаний вплив матеріалу клапану видиху на його працездатність. Визначений взаємозв'язок між його конструкцією та герметичністю, досліджений вплив параметрів навколишнього середовища на його ергономічні показники. Визначені параметри клапанів, що забезпечують низький опір диханню та найкращу герметичність в респіраторах.

Достовірність наукових положень та результатів підтверджується: коректністю постановки і вирішення задач; застосуванням сучасних методів теоретичного аналізу з урахуванням загальноприйнятих припущень; достатнім обсягом експериментів, проведених на атестованому обладнанні із застосуванням стандартизованих методик, що забезпечило з імовірністю 0,95 відхилення результатів не більш 10 %; узгодженістю результатів теоретичних та експериментальних досліджень; позитивними результатами дослідно-промислової перевірки розроблених конструкцій фільтруючих елементів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що результати досліджень дозволили вдосконалити конструкцію респіратора «Лепесток», розробити методику розрахунку параметрів багат шарових поліпропіленових матеріалів, забезпечити процедури випробувань якісних ЗІЗОД за гармонізованими стандартами. На базі цих досліджень були також розроблені рекомендації щодо вибору матеріалів для виготовлення фільтрів,

виходячи з конкретних умов експлуатації респіраторів, що впроваджені у виробництві ЗІЗОД на ТОВ «Стандарт-2».

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на Міжнародній науковій конференції «Охорона праці та соціальний захист працівників» (м. Київ, 2008); на міжнародній науковій конференції «Форум гірників - 2009» (м. Дніпропетровськ 2009); на науковій конференції «Проблеми гірничої технології» (м. Красноармійськ, 2010).

Публікації. За матеріалами досліджень опубліковано 17 наукових робіт, з них: 2 монографії у співавторстві; 12 у наукових фахових виданнях, що входять до переліку ВАК, 3 тези доповідей конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку літературних джерел із 83 найменувань, має 131 сторінку машинописного тексту, 56 рисунків, 32 таблиці, додатки. Загальний обсяг – 160 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність досліджень, сформульовані мета та завдання досліджень, наведені основні наукові положення та результати, що винесені на захист, а також відомості про практичне значення та впровадження результатів роботи, їх апробацію та опублікування.

У першому розділі виконаний аналіз основних вимог до сучасних протипилових фільтрувальних ЗІЗОД, технічних характеристик та конструктивних властивостей основних вітчизняних респіраторів та методів дослідження їх якості. Наведений аналіз літературних джерел щодо проведення випробувань за гармонізованими з європейськими стандартами. Встановлено, що гармонізовані стандарти відрізняються від вітчизняних, оскільки в них за основу взятий зовсім інший підхід до оцінки класів якості ЗІЗОД, методів випробування та присутністю процедури попередньої підготовки зразків. Ситуація ускладнюється тим, що фільтрувальні матеріали, з яких виготовляються вітчизняні ЗІЗОД мають різну реакцію на дію кліматичних умов, дисперсний склад та запиленість повітря. Треба зазначити, що на захисну ефективність ЗІЗОД впливає конструкція півмаски, яка характеризується щільністю прилягання смуги обтюраторії за якої відбувається найбільше проникнення не фільтрованого повітря. Встановлено, що серед різноманіття ЗІЗОД в Україні одним з найбільш використовуваних в гірничовидобувній галузі є респіратор «Лепесток». Це зумовлено тим, що даний респіратор має оригінальну смугу обтюраторії, що підходить до будь-якого типу обличчя, майже не впливає на поле зору та має незначний вміст залишкового диоксиду вуглецю в підмасковому просторі. Проведені лабораторні випробування даного респіратора встановили його невідповідність вимогам стандартів, гармонізованих з європейськими.

За результатами аналізу сформульовані завдання дослідження, вирішення яких, дозволяє досягти мети дисертації.

У другому розділі проведено валідацію методик з визначення захисних властивостей протипилових респіраторів на відповідність метрологічним вимогам. Встановлені основні показники, що характеризують придатність методики до використання: надійність, правильність, відтворюваність, повторюваність, селективність, лінійність, межа детектування, межа виявлення та невизначеність вимірювання. Розрахована невизначеність вимірювання коефіцієнта проникнення за тест-аерозолем парафінова олива. Встановлено, що дисперсія вимірювань має широкий діапазон, зумовлений невеликою кількістю випробувальних зразків та використанням застарілого обладнання, що має значну похибку вимірювання, яка встановлена під час щорічної перевірки Держстандартметрологією. Для зменшення величини невизначеності були проведені дослідження протипилових респіраторів для встановлення оптимальної кількості спостережень (рис. 1).



Рис. 1. Залежність величини середньоквадратичного відхилення S' від кількості випробуваних зразків n для показника коефіцієнту проникнення

Як видно, зі збільшенням кількості спостережень величина середньоквадратичного відхилення зменшується, при чому його значення майже не змінюється, якщо число респіраторів сягає більше десяти. Тому, для забезпечення необхідної точності вимірювання в даному випадку мінімальна кількість досліджуваних зразків повинна складати не менше 10. На відміну від європейських стандартів, де рекомендується визначати коефіцієнт проникнення за трьома зразками з використанням процедури попередньої підготовки, що значно впливає на стабільність показників (рис. 2).

Збільшенням кількості зразків для оцінки якості ЗІЗОД за гармонізованими стандартами, отримаємо великий об'єм випробувань. В свою чергу це призведе до збільшення вартості робіт і часу їх проведення. Тому,

одним із шляхів вирішення цього питання полягає у забезпеченні в лабораторії сучасного обладнання з високою точністю вимірювань, автоматизованих систем контролю якості випробувань та впровадженні системи якості ISO 9001 на виробництві ЗІЗОД. Інший шлях – це вибірковість випробувань в залежності від сфери використання ЗІЗОД, що забезпечує перевірки тільки тих характеристик, що затребувані в галузі майбутнього використання.



Рис. 2. Залежність величини відносного середньоквадратичного відхилення опору дихання від кількості спостережень: 1 – зразки без попередньої підготовки; 2 – зразки, які піддавались температурному впливу; 3 – зразки, які проходили «режим носіння»

У третьому розділі проведені дослідження впливу параметрів навколишнього середовища на захисні властивості фільтрувальних матеріалів в процесі його виготовлення та використанні.

Процес виготовлення фільтрувального матеріалу є досить складним, з дією високих температур (понад 300°C), тому, щоб отримати високоефективний фільтрувальний матеріал, необхідно дотримуватись постійного температурного режиму. Витягування волокон відбувається за допомогою гарячого повітря, температура повітря навколишнього середовища впливає на процес формування волокон. Зі зростанням температури навколишнього середовища відбувається й зростання перепаду тиску повітряному потоку фільтрувального матеріалу при його виготовленні. Це зумовлено впливом температури на здатність волокон витягуватись, а тому й на діаметр волокон та щільність пакування.

Відомо, що наявність електричних сил на поверхні фільтруючого матеріалу дозволяє зменшувати перепад тиску на респіраторах при забезпеченні досить високого рівня очищення забрудненого повітря й тривалого строку застосування. Принцип дії таких фільтрів полягає в захоплюванні заряджених та нейтральних частинок кулонівськими силами, які

здобувають у полі електрета наведений заряд, тому фільтрувальний матеріал можна виготовляти з меншою щільністю упакування волокон. Виконані нами експериментальні дослідження показують, що зі збільшенням напруги на коронуючих електродах відбувається й зростання потенціалу на поверхні електрета (рис. 3).



Рис. 3. Залежність потенціалу на поверхні електрета від напруги на коронуючому електроді

Встановлено, що існує рівень вологості повітря за якого спостерігається найбільша величина потенціалу на поверхні матеріалу, при одній і тій же напрузі на коронуючому електроді 35 кВ (рис. 4). Схожу залежність нами отримано при оцінюванні впливу температури навколишнього середовища на величину поверхневого потенціалу фільтрувального матеріалу (рис. 5).

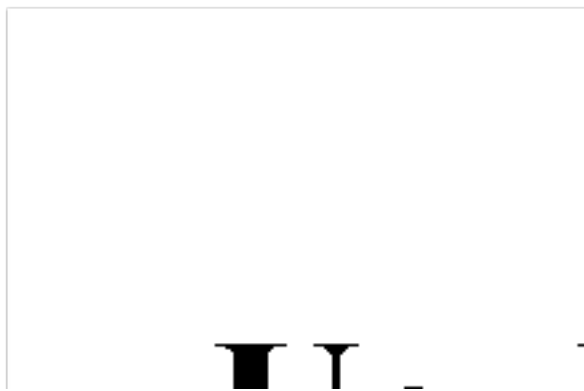


Рис. 4. Залежність поверхневого потенціалу фільтрувального матеріалу від вологості повітря при напрузі на коронуючому електроді 35 кВ



Рис. 5. Залежність поверхневого потенціалу фільтрувального матеріалу від величини температури повітря при напрузі на коронуючому електроді 35 кВ

Особливу увагу потрібно звернути на те, що ефективність фільтрації визначається структурою фільтрувального шару (діаметром волокон, щільністю упакування та товщиною), властивостями аерозольних частинок і режимом течії повітря, а також характеризується коефіцієнтом проникання. Нами було

встановлено, що проникнення поліпропіленових зразків з електростатичним зарядом при малих швидкостях фільтрації (до 0,06 м/с) значно нижче, ніж у зразків без заряду. Однак, збільшення швидкості частинок призводить до вирівнювання коефіцієнтів проникання (рис. 6).

Рис. 6. Залежність коефіцієнта проникнення за тест-аерозолем «масляний туман» від швидкості фільтрації для матеріалу елефлен: 1 – незаряджений фільтруючий матеріал; 2 – заряджений фільтруючий матеріал ($\sigma = 3,5 \cdot 10^{-8}$ Кл/м²)

Проведений аналіз впливу електростатичних зарядів на захисні властивості та для експериментального підтвердження емпіричних виразів нами було проведено випробування з визначення коефіцієнту проникнення за тест-аерозолями парафінової оливи та хлориду натрію. Результати експериментів наведені на рис. 7.

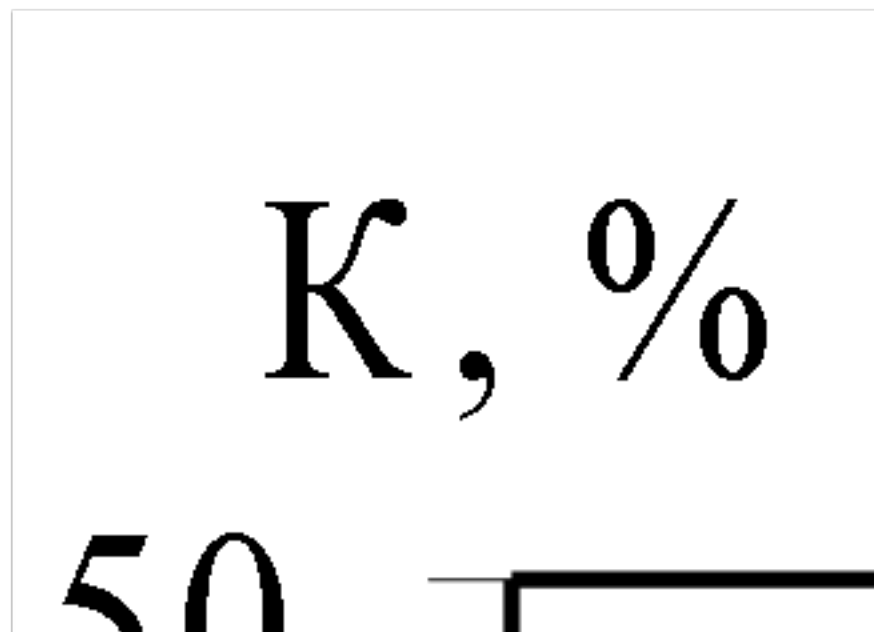
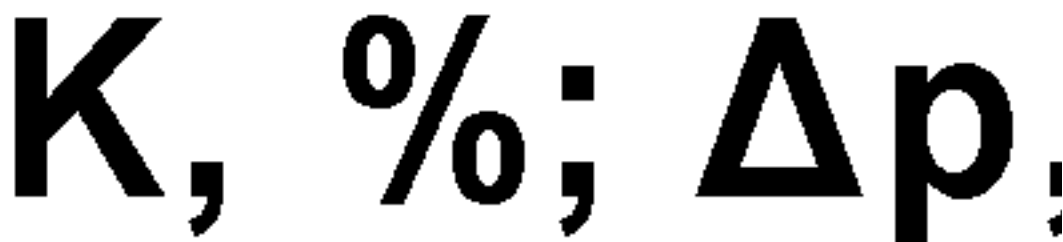


Рис. 7. Криві залежності експериментальних (маркери) і теоретичних даних (криві 1, 2, 3) коефіцієнта проникнення фільтруючого поліпропіленового шару від величини електростатичного заряду його волокон за тест-аерозолями

Результати коефіцієнта проникнення за тест-аерозолями хлориду натрію та парафінової оливи відрізняються, оскільки мають різний середній діаметр частинок (0,4 мкм. у парафінової оливи та 0,6 мкм. у хлориду натрію). З вище зазначених графіків бачимо, що дані, розраховані за формулами, корелюють з експериментальними даними. Варіація отриманих даних пояснюється неоднорідністю випробуваних зразків та не врахуванням інерційного та дифузійного ефектів у використуваних формулах.

Виходячи з вимог ДСТУ EN 149:2003 нами були проведені дослідження ефективності фільтрувальних матеріалів після температурного та механічного впливу. Отримано, що зі збільшенням часу теплового нагріву коефіцієнт проникнення збільшується, оскільки волокна дають усадку, що призводить до збільшення неоднорідності фільтрувального шару. Механічний вплив також має негативне значення, оскільки через розтягування волокон погіршується цілісність фільтрувального шару.

Відомо, що кліматичні умови складно врахувати в роботах з використанням ЗІЗОД, проте одним із шляхів вирішення цієї задачі – є випуск респіраторів для конкретних умов експлуатації. Виходячи з основних закономірностей для визначення параметрів фільтрувального шару, нами було розроблено один з варіантів удосконалення розрахунку з впливом кліматичних умов на показники готового виробу. На рис. 8 наведені криві залежності коефіцієнту проникнення аерозольних частинок, перепаду тиску на зразку поліпропіленового фільтруючого матеріалу та його від сумарної поверхні його волокон.



K, %; Δp;

Рис. 8. Криві залежності коефіцієнту проникнення аерозольних частинок (1), пилемісткості зразку поліпропіленового фільтруючого матеріалу (2) та його перепаду тиску (3) від сумарної поверхні волокон

Для аналізу отриманих залежностей встановлені рівняння, що показують характер залежності вище згаданих показників від сумарної поверхні волокон.

$$K = 105,3e^{-0,1F_B}, \quad (1)$$

$$П = 326,45F_B^{-1,35}, \quad (2)$$

$$\Delta p = 0,3F_B, \quad (3)$$

де K – коефіцієнт проникнення, %; $П$ – маса часток пилу на фільтрі, що осіла, г/м²; Δp – перепад тиску запиленого фільтра, Па; F_B - сумарна поверхня волокон фільтру.

Аналізуючи рівняння приходимо до висновку, що збільшення сумарної поверхні волокон призводить до підвищення ефективності уловлювання частинок, тоді як перепад тиску на фільтрувальному шарі зростає, а пилемісткість – погіршується.

Таким чином, отримані залежності, беручи до уваги конкретні умови експлуатації, дозволяють встановлювати необхідні параметри фільтрувальних матеріалів при виготовленні ЗІЗОД.

У четвертому розділі проаналізовані основні причини використання багатошарових фільтрів та розроблена нова конструкція респіратора «Лепесток». Так, термін захисної дії ЗІЗОД визначається пилемісткістю фільтрів, тому її збільшення можливе двома шляхами. Перший – за рахунок збільшення площі фільтрації (його можливості обмежені габаритними розмірами ЗІЗОД, які визначаються формою півмаски, виходячи з обмеження поля зору респіратора). Другий – полягає у виготовленні фільтрувальних матеріалів із змінною щільністю упакування волокон завдяки варіюванню товщиною шару. Проте, на даний момент виготовлення таких матеріалів є досить складним, тому використовується набір кількох фільтрувальних шарів різної щільності. Досліджуючи вплив різних передфільтрів на пилемісткість фільтрувальних матеріалів, встановлено, що зменшення щільності упакування волокон попереднього фільтрувального шару призводить до погіршення уловлювання пилу і швидкого забивання фінішного фільтра. Тому, за однакової товщини фільтруючого шару й щільності упакування зі збільшенням діаметру волокон пилемісткість фільтра збільшується, оскільки необхідно більше часу для досягнення опору дихання, що відповідає граничному перепаду тиску. На рис. 9 наведені розраховані залежності перепаду тиску $\Delta p(П)$ для типових умов фільтрації крізь експериментальні зразки.



Рис. 9. Залежність перепаду тиску Δp від пиломісткості P фільтруючого шару експериментальних зразків.

За отриманими графіками робимо висновок, що за однієї і тієї ж товщини фільтрувального шару та щільності упакування, зі збільшенням діаметру волокон, пиломісткість фільтра збільшується, оскільки необхідно більше часу для досягнення опору дихання, що відповідає граничному перепаду тиску. Проте, чим більше діаметр волокон, тим менше ефективність фільтрувального матеріалу. Враховуючи те, що зовнішній шар складається з крупних волокон, необхідно визначити концентрацію пилового аерозолю після нього, щоб розрахувати параметри останнього фільтрувального шару і визначити приріст перепаду тиску і загальну ефективність фільтра.

Таким чином, визначається існування оптимального радіусу волокон попереднього фільтра, щоб забезпечити рівномірний у часі приріст перепаду тиску на обох фільтрувальних шарах.



Рис. 10. Залежність приросту перепаду тиску Δp від часу t у двошаровому фільтрі: 1 – попередній фільтр, 2 – основний фільтр

Проведені випробування експериментальних зразків багатошарових фільтрів дозволили з'ясувати радіуси волокон попереднього шару, що забезпечать найкращі характеристики фільтра за пиломісткістю та

ефективністю фільтрації: для попереднього шару діаметр волокон 7 – 8 мкм. та поверхнева щільність упакування 25 – 30 г/м², а фінішного 3 – 3,5 мкм з поверхневою щільністю 50 – 60 г/м².

Ще одним із шляхів з покращення ергономічних показників респіраторів є використання клапанів для виведення вологи з підмаскового простору та зменшення опору дихання. Тому, визначення якісної конструкції клапанів видиху дозволяє уникнути перебоїв в його роботі та запобігає дефектам, що погіршать ступінь захисту ЗІЗОД. Проведені дослідження основних показників клапанів видиху та встановлено, що за імітації потрапляння пилу найбільш придатним є пелюстковий тип клапану (рис. 11 та 12).



Рис. 11. Залежність величини підсмоктування повітря крізь клапан видиху від вакууметричного тиску: 1 – грибковий; 2 – дисковий (товщина 0,5 мм.; діаметр 0,35 мм.); 4 – пелюстковий



Рис. 12. Залежність вакууметричного тиску клапанів від часу з розташуванням у сідловині клапану проволочи діаметром 0,3 мм: 1 – грибковий; 2 – дисковий (товщина 0,5 мм.; діаметр 0,35 мм.); 3 – пелюстковий

З метою підвищення надійності кріплення респіратора «Лепесток» на обличчі, було запропоновано здійснювати кріплення наголів'я за допомогою чотирьох стрічок, а не двох, як це реалізовано в діючому зразку респіратора. Складена система рівнянь зовнішніх сил і реакцій, які діють на півмаску, описаний граничний стан рівноваги півмаски респіратора на обличчі (рис. 13).

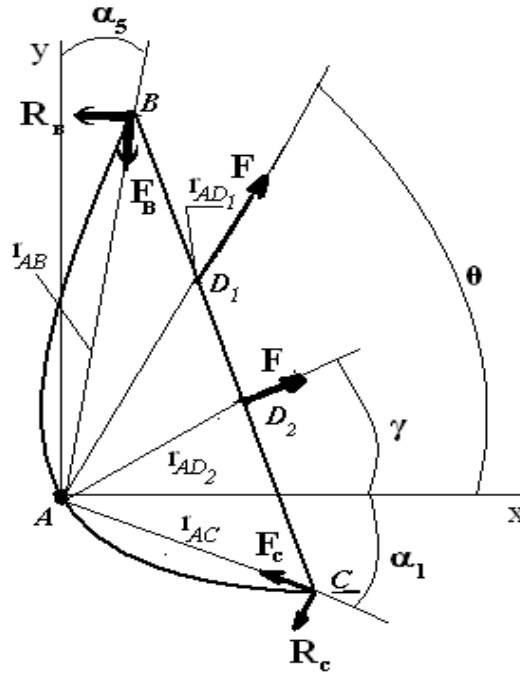


Рис. 13. Схема розміщення зусиль легкої півмаски з чотирма смужками кріплення оголів'я

$$\begin{cases} \sum M_A = 0; & -R_B r_{AB} + R_C r_{AC} + F(r_{AD_1} \sin \theta + r_{AD_2} \cos \gamma) = 0; \\ \sum F_{ix} = 0; & F_C \cos \alpha_1 + R_C \sin \alpha_1 - F(\cos \theta + \cos \gamma) + F_B \cos \alpha_5 + R_B \sin \alpha_5 = 0; \\ \sum F_{iy} = 0; & F_C \sin \alpha_1 + R_C \cos \alpha_1 - F(\sin \theta + \sin \gamma) + F_B \sin \alpha_5 + R_B \cos \alpha_5 + G = 0. \end{cases} \quad (4)$$

де $\overline{R_B}$ й $\overline{R_C}$ – реакції за смугою обтюрації в області перенісся й підборіддя; \overline{F} – сила натягу оголів'я; G – сила тяжіння легкої півмаски; $\overline{F_B}$ і $\overline{F_C}$ – сили тертя.

Вирішення системи рівнянь дозволило визначити місце розташування кріплення наголів'я, виходячи з умов, що реакції підборіддя R_B , і перенісся R_C , будуть однакові. Для підвищення захисних властивостей і зменшення больових відчуттів за смугою обтюрації необхідно досягти однакового тиску довкола перенісся σ_B і підборіддя σ_C . Нехтуючи нерівномірністю розподілу цього тиску за площею контакту, його середні значення можна розрахувати за формулами

$$\sigma_B = \frac{R_B}{S_B}; \quad \sigma_C = \frac{R_C}{S_C}, \text{ кПа}, \quad (5)$$

де S_B, S_C – площа контактних зон навколо перенісся та підборіддя, m^2 . Виходячи з умови рівноваги тиску σ_B і σ_C , були розраховані основні геометричні розміри кутів нахилу стрічок для закріплення півмаски на обличчі.

З урахуванням одержаних результатів були запропоновані нові конструкції легких півмасок, які відрізняються від існуючих багатошаровим фільтруючим елементом та використанням клапану видиху. Розроблені рекомендації щодо підвищення захисної ефективності легкого респіратору

«Лепесток», які реалізовані у виробництві ЗІЗОД на підприємстві ТОВ «Стандарт-2».

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, яка є завершеною науково-дослідною роботою, поставлена та вирішена актуальна науково-технічна задача підвищення ефективності підвищення ефективності легких протипилових півмасок, за рахунок використання нових багатошарових фільтрувальних матеріалів, які відповідають вимогам гармонізованих стандартів, що полягає: в обґрунтуванні використання нових багатошарових фільтруючих матеріалів, які мають електростатичний заряд, впливу параметрів навколишнього середовища на їх виготовлення; в забезпеченні надійного кріплення півмаски на обличчі та ергономічності його використання.

Основні наукові та практичні результати роботи:

1. Виконаний аналіз технічних характеристик вітчизняних респіраторів, властивостей фільтрувальних матеріалів. Встановлено, що вітчизняні півмаски не відповідають вимогам гармонізованих стандартів. Визначено причини, що зумовлюють швидке зростання опору диханню, низьку пиломісткість, що призводить до малого строку служби та високої вартості фільтрів.

2. Вперше проведена оцінка з невизначеності методик вимірювань показників засобів індивідуального захисту дихання за гармонізованими стандартами, з використанням різних методів математичної статистики. Визначено оптимальну кількість зразків для забезпечення необхідної точності вимірювань.

3. Шляхом дослідження процесу виготовлення поліпропіленових матеріалів, уточнені основні закономірності для формування та розрахунку параметрів якісного фільтрувального матеріалу у тому числі:

- встановлені закономірності, що пов'язують перепад тиску фільтрувального матеріалу з температурою навколишнього середовища і установки при формуванні фільтрувального шару; показано, що існує оптимальна величина температури навколишнього середовища і установки, яка визначає щільність упакування волокон;

- встановлено, закономірність між параметрами навколишнього середовища і величиною поверхневого потенціалу на поліпропіленовому фільтрі; експериментально визначено, що максимальний рівень поверхневого потенціалу при коронному заряджанні поліпропіленового матеріалу спостерігається при температурі повітря 20 – 25 °С та вологості 75 – 80 %;

- встановлено, що стабільність технічних характеристик протипилових респіраторів при коливанні параметрів навколишнього середовища, можна забезпечити зміною щільності упакування і діаметром волокон фільтрувального матеріалу з якого виготовлено фільтр; з підвищенням температури щільність

упакування волокон необхідно зменшувати, а при її зменшенні – збільшувати;

4. Теоретично і експериментально досліджений процес фільтрації багат шаровими поліпропіленовими матеріалами; встановлений взаємозв'язок між параметрами попереднього та фінішного фільтрів за якого забезпечується максимальна пиломісткість, у тому числі:

- уточнена математична модель з розподілу зусиль за смугою обтюрації легких півмасок та визначені параметри розміщення точок кріплення оголів'я;

- встановлено взаємозв'язок між конструктивними параметрами клапану видиху та його показниками якості; визначені оптимальні параметри клапанів дихання для забезпечення низького опору дихання.

5. Розроблений новий респіратор з двошарового поліпропіленового матеріалу, який відповідає вимогам гармонізованих стандартів.

Основні положення і результати дисертації опубліковані у роботах:

1. Радчук Д.І. Засоби індивідуального захисту органів дихання / Голінько В.І., Чеберячко С.І., Радчук Д.І., Чеберячко Ю.І. // Д: ЧП Федоренко С.С., 2009. – 93 с.

2. Радчук Д.І. Підвищення ефективності протипилових засобів індивідуального захисту органів дихання працюючих / Голінько В.І., Чеберячко С.І., Радчук Д.І., Чеберячко Ю.І. // Д: ЧП Федоренко С.С., 2010. – 104 с.

3. Радчук Д.И. Исследование защитных свойств полипропиленовых фильтрующих материалов / Чеберячко С.И., Колесник В.Е., Радчук Д.И. // Науковий вісник НГУ. – 2007. - № 12. – С. 69-72.

4. Радчук Д.И. Исследование влияния толщины фильтрующего слоя, диаметра волокон и плотности упаковки на основные показатели фильтрующих элементов / С.И. Чеберячко, Д.И. Радчук, Ю.И. Чеберячко // Збірник наукових праць НГУ. – 2007. - № 29. – С. 224-229.

5. Радчук Д.І. Аналіз та розробка конструкцій фільтрувальних елементів до респіратора РПА / Чеберячко Ю.І., Радчук Д.І., Назарко Н.О. // Науковий вісник НГУ. – 2008. - № 10. – С. 53-56.

6. Радчук Д.І. Оцінка впливу метеорологічних умов навколишнього середовища на якість фільтрувальних респіраторів / Чеберячко С.І., Радчук Д.І. // Збірник наукових праць НГУ. – 2008. - № 31. – С. 253-258.

7. Радчук Д.И. Оцінка впливу смуги обтюрації на ефективність протипилових півмасок / Чеберячко С.И., Радчук Д.И. // Науковий вісник НГУ. – 2009. - № 1. – С. 25-30.

8. Радчук Д.И. Оцінка достовірності експериментально визначених показників якості протипилових респіраторів / Колесник В.Е., Чеберячко С.И., Радчук Д.И., Литвин Н.С. // Науковий вісник НГУ. – 2009. - № 3. – С. 23-27.

9. Радчук Д.І. Вплив температурних умов на фільтрувальні властивості матеріалів / Радчук Д.І. // Науковий вісник НГУ. – 2009. - № 10. – С. 44-48.

10. Радчук Д.І. Розрахунок пилового навантаження працівників гірничих підприємств з урахуванням типу протипилового респіратору / Голінько В.І., Чеберячко Ю.І., Радчук Д.І., Чеберячко С.І. // Технополіс. – 2010. - № 3 (159). – С. 37-39.

11. Радчук Д.І. К вопросу модернизации конструкции респиратора ШБ-1 «Лепесток» / Д.І. Радчук, Л.Н. Чеберячко // Науковий вісник НГУ. – 2010. - № 5. – С. 43-48.

12. Радчук Д.І. Оцінка захисної ефективності протипилових засобів індивідуального захисту органів дихання / Чеберячко С.І., Радчук Д.І., Наумов М.М. // Науковий вісник НГУ. – 2010. - № 7-8. – С. 103-107.

13. Радчук Д.І. Обґрунтування методу розрахунку основних показників фільтрувальних матеріалів в залежності від умов виробничого середовища / Чеберячко С.І., Лановий А.В., Радчук Д.І. // Збірник наукових праць НГУ. – 2010. - № 34, Т 2. – С. 258-265.

14. Радчук Д.І. Дослідження електретного ефекту на волокнах поліпропіленових фільтруючих матеріалів / Чеберячко С.І., Радчук Д.І. // Науковий вісник НГУ. – 2010. - № 11-12. – С. 103-106.

15. Радчук Д.І. Перспективи подальшого розвитку конструкцій фільтруючих елементів до респіратору багаторазового використання / Чеберячко Ю.І., Радчук Д.І., Назарко Н.Н. // Збірник матеріалів міжнародної конференції «Охорона праці та соціальний захист працівників» 19-21 листопада 2008 р. (м. Київ, НТУУ «КПІ», 2008). – С. 483-486.

16. Радчук Д.І. Особливості розрахунку пилового навантаження працівників гірничих підприємств з урахуванням типу протипилового респіратору / В.І. Голінько, Ю.І. Чеберячко, Д.І. Радчук, С.І. Чеберячко // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників-2009». – м. Дніпропетровськ., НГУ, 2009. – С. 15-19.

17. Радчук Д.І. Применение противопылевых респираторов на угольных шахтах / Чеберячко С.І., Чеберячко Ю.І., Радчук Д.І., Наумов М.М. // Проблеми гірничої технології (Матеріали науково-практичної конференції). – м. Красноармійськ, КП ДонНТУ, 2010

У роботах, опублікованих у співавторстві полягає у вирішенні науково-практичної проблеми розвитку наукових і методологічних основ підвищення ефективності протипилових засобів індивідуального захисту органів дихання. У роботах, написаних у співавторстві, особистий внесок полягає в такому – в постановці й проведенні досліджень [1], [3], [4], [6], [11], [12], [13], [14], [17]; досліджено показники фільтрів у результаті лабораторних і промислових дослідів [2], [5], [11]; досліджено оптимальні параметри для установки під час виготовлення фільтрувального матеріалу [7], [9]; запропоновано та виготовлено конструкцію фільтрувального елемента [8], [10], [15], [16].

АНОТАЦІЯ

Радчук Д.І. «Підвищення захисної ефективності одноразових протипилових респіраторів». – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – «Охорона праці». Державний вищий навчальний заклад «НГУ», Дніпропетровськ, 2011.

Дисертація присвячена розробці шляхів підвищення захисної ефективності легких одноразових протипилових засобів індивідуального захисту органів дихання в умовах впровадження гармонізованих стандартів.

Проведено аналіз методів випробувань за гармонізованими стандартами. Визначено параметри навколишнього середовища за яких забезпечується найкраща величина поверхневого заряду на матеріалі. Запропоновано метод з розрахунку показників фільтрувального матеріалу, що забезпечать високу очистку повітря за мінімального падіння тиску. Досліджена залежність параметрів конструктивних складових респіратора на його захисну ефективність.

Обґрунтовані заходи щодо вдосконалення конструкції наголов'я та визначено оптимальні параметри клапану видиху. За результатами досліджень запропонована методика розрахунку параметрів фільтрувальних матеріалів з урахуванням впливу параметрів навколишнього середовища.

Ключові слова: респіратор, коефіцієнт проникання, стандарт, багаточаровий фільтр, невизначеність вимірювань.

АННОТАЦИЯ

Радчук Д.И. «Повышение защитной эффективности одноразовых противопылевых респираторов». – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 – «Охрана труда». Государственное высшее учебное заведение «НГУ», Днепропетровск, 2011.

Диссертация посвящена разработке путей повышения защитных свойств легких одноразовых противопылевых средств индивидуальной защиты органов дыхания в условиях внедрения гармонизированных стандартов.

Актуальность работы обусловлена тем, что высокая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, а также трудности по нормализации условий труда по пылевому фактору, усиливают проблему по заболеваемости пневмокониозами. Одним из путей решения данной проблемы является применение высокоэффективных индивидуальных средств защиты органов дыхания (СИЗОД), но с введением в действие гармонизированных стандартов, большинство респираторов могут не пройти процедуру сертификации,

поскольку не соответствуют требованиям. Анализ особенностей разработки конструкций СИЗОД показывает, что существующие методы не обеспечивают соответствующего качества фильтрующих материалов, из которых изготавливаются фильтры. Для повышения надежности защитной эффективности необходимо проведение исследований свойств многослойных фильтрующих материалов и разработка на их основе новых конструкций респираторов большой пылеемкости. Но независимо от их применения, СИЗОД должны соответствовать требованиям гармонизированных стандартов, в которых за основу взят совсем другой подход по оценке класса защиты.

Проведенный анализ методов испытаний подтвердил необходимость использования большого количества образцов для получения результата с минимальной погрешностью, в отличие от существующего числа отбираемых образцов.

Другим путем по приведению существующей конструкции к требованиям стандартов СИЗОД является использование многослойных заряженных фильтрующих материалов. Исследовано влияние величины заряда на поверхности фильтрующего материала на его защитную эффективность. Установлены величины температуры окружающей среды и влажности, при которых величина заряда является максимальной. В работе проведено сравнение между теоретическим расчетом коэффициента захвата и экспериментальными исследованиями закономерности осаждения аэрозольных частиц.

В работе приведен метод расчета параметров фильтрующих материалов, которые обеспечат высокоэффективную очистку воздуха при минимальном перепаде давления на фильтре. Основываясь на вышеуказанном методе, был предложен вариант усовершенствования расчета с учетом влияния климатических условий, в которых будет использоваться данный респиратор. Была установлена зависимость температуры воздуха на изменение суммарной поверхности волокон для поддержания неизменных величин перепада давления и коэффициента проникания. В результате чего предложена методика расчета оптимальных диаметров волокон и дополнительных слоев материала из полипропиленовых фильтрующих материалов. Установлено, что оптимальным диаметром предварительного фильтра является 7,5 мкм. Предложены пути усовершенствования полумасок, которые улучшают эргономические показатели и повышают защитную эффективность. Определены конструктивные параметры полумаски с клапаном выдоха и четырьмя лентами крепления с учетом равномерного распределения нагрузки по линии обтюрации. Экспериментальные образцы прошли лабораторные испытания и рекомендованы к внедрению на предприятии ООО «Стандарт-2», которое специализируется на изготовлении и проверке качества средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Ключевые слова: респиратор, коэффициент проникания, стандарт, многослойный фильтр, неопределенность измерений.

ABSTRACT

Radchuk D.I. “Increasing of the one time using dust mask protective efficiency”. – Manuscript.

The dissertation on the scientific degree of the candidate of engineering science in specialty 05.26.01 – “Labor protection”. State High School “National mining university”, Dnepropetrovsk, 2011

The dissertation is devoted to develop the ways of protective efficiency improving of the one time using dust mask within the harmonized standards implementation.

The test methods of the harmonized standards are analyzed. Environment parameters that provide the best value of the material surface charge are set. Proposed the calculation method of the filtering material parameters that provide high air purification within minimal pressure drop. Dependence of the structural components parameters on the protective efficiency is investigated.

There are based measures head harness modification and set the optimal exhalation valve parameters. Based on the testing proposed the method of material conditions calculation within the environmental parameters influence.

Key words: respirator, penetration coefficient, standard, multilayer filter, measurement uncertainty.

РАДЧУК ДМИТРО ІГОРОВИЧ
ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОДНОРАЗОВИХ
ПРОТИПИЛОВИХ РЕСПІРАТОРІВ

(Автореферат)

Підписано до друку 23.05. 2011. Формат 60x90/16. Папір
офсетний. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 0,9.
Тираж 130 прим. Зам. № .

Державний вищий навчальний заклад «НГУ»
49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19