

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

НАУМОВ Микола Миколайович

УДК 622.8:622.271.3

**МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ПРОЦЕДУРА
ВИБОРУ ПРОТИПИЛОВИХ РЕСПІРАТОРІВ ДЛЯ ПРАЦІВНИКІВ
ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Спеціальність 05.26.01 – «Охорона праці»

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

Дніпропетровськ – 2013

Дисертація є рукописом.

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

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

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ЛАПШИН Олександр Єгорович,
Державний вищий навчальний заклад «Криворізький технічний університет» Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри рудникової аерології та охорони праці;

кандидат технічних наук, доцент
ШИШАЦЬКИЙ Алім Гаврилович,
Дніпропетровський національний університет ім.
Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри безпеки життєдіяльності.

Захист дисертації відбудеться «___» _____ 2013 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, _____ просп. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий «___» _____ 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07
к.т.н., доцент

О.В. Остапчук

НАУМОВ Микола Миколайович

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ПРОЦЕДУРА
ВИБОРУ ПРОТИПИЛОВИХ РЕСПІРАТОРІВ ДЛЯ ПРАЦІВНИКІВ ГІРНИЧИХ
ПІДПРИЄМСТВ

(Автореферат)

Підписано до друку 11.11. 2013. Формат 60х90/16.

Папір

офсетний. Умовн. друк. арк. 0,9. Обліково-видавн. арк.
0,9.

Тираж 120 екз. Замовлення № . Замовлене.

Видавництво "Наука і освіта"

Свідотство про державну реєстрацію ДП №64-Р від 24.05.2001 р.
49000, м. Дніпропетровськ, вул. Бердянська 616, офіс 202.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Умови праці на підприємствах вугільної промисловості значною мірою визначаються пиловим фактором, тобто залежать від вмісту пилу в повітрі робочої зони, його викидів та відкладення поблизу джерел пилу або у вентиляційних каналах, включаючи гірничі виробки. При цьому концентрації пилу обумовлюють вибір відповідних заходів для боротьби з ним.

Повністю знепилити гірничі виробки практично неможливо, крім того, цей процес потребує значних матеріальних витрат. Тому, в діючих нормативних документах з охорони праці наведено санітарно-гігієнічні норми вмісту пилу у повітрі. При неможливості їх забезпечення у вугільних шахтах встановлюються гранично-допустимі рівні вмісту пилу в повітрі, а також визначається величина пиловідкладення, зокрема, у гірничих виробках шахт. Одночасно впроваджено контроль за пиловим навантаженням працівників і передбачено використання ними засобів індивідуального захисту органів дихання. Вибір останніх регламентований чинними нормативно-правовими актами. Вважається, що при правильному виборі фільтрувального респіратора будуть надійно захищені органи дихання людини. Незважаючи на те, що на багатьох виробництвах використання індивідуальних засобів захисту є обов'язковим, кількість хворих на пневмокніоз з кожним роком збільшується.

Відповідно до даних Міністерства охорони здоров'я України однією з основних причин, які формують профпатологію з пилової етіології, є неадекватне застосування засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД). Так, при виборі протипилових респіраторів здебільшого не враховуються кліматичні умови на робочому місці, підготовка працюючих, їх тренування і, головне, відсутній контроль з перевірки надійності захисту індивідуальних засобів захисту органів дихання. Крім того, перевірка фільтрувальних властивостей респіраторів у лабораторних умовах проводиться без оцінювання впливу факторів виробничого середовища, що часто обумовлює невідповідність вибраних типів респіраторів до умов праці.

Таким чином, проведені дослідження спрямовані на покращення методів з перевірки якості фільтрувальних респіраторів, отже, оцінка впливу факторів виробничого середовища на захисну ефективність протипилових респіраторів та розробка процедури вибору засобів індивідуального захисту органів дихання з урахуванням факторів, які погіршують фільтрувальні властивості ЗІЗОД, є досить актуальними першочерговими задачами.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертації виконані відповідно до Програми підвищення безпеки праці на вугільних шахтах, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 29.03.2006 р. № 374, та науково-дослідної роботи ДВНЗ «Національний гірничий університет» за темою «Розробка методів діагностики показників якості протипилових респіраторів відповідно до європейських стандартів» (№ держ. реєстрації 0111U000749) (автор був відповідальним виконавцем теми).

Метою роботи є удосконалення методів контролю захисних властивостей фільтрувальних ЗІЗОД та процедури їх вибору відповідно до європейських вимог за рахунок створення факторів, при перевірці якості протипилових респіраторів, що погіршують захисні характеристики ЗІЗОД.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- визначити фактори, які погіршують захисні властивості ЗІЗОД, та дослідити вплив умов експлуатації на захисну ефективність респіраторів;
- обґрунтувати методи для визначення коефіцієнта захисту ЗІЗОД відповідно до гармонізованих стандартів з урахуванням виробничих умов та розробити необхідне для цього устаткування, що зменшить ймовірність помилок персоналу;
- розробити алгоритм і програму з вибору ЗІЗОД відповідно до європейських вимог;
- розробити рекомендації щодо вибору ЗІЗОД за європейськими стандартами;
- розробити нормативно-методичне забезпечення проведення лабораторних випробувань з визначення захисних властивостей ЗІЗОД за найбільш придатними тест-аерозолями.

Об'єктом дослідження є процес захисту працівників від впливу шкідливих виробничих чинників.

Предметом досліджень є методи визначення захисних властивостей фільтрувальних протипилових засобів індивідуального захисту органів дихання.

Методи дослідження. В основу досліджень покладено елементи системного аналізу і математичного моделювання як засоби вирішення поставлених завдань. Розрахунки та оцінки зроблено з використанням аналітичних, числових, графоаналітичних і статистичних методів. Проведено натурні експерименти як засіб перевірки адекватності запропонованих математичних моделей з використанням сучасних вимірювальних приладів згідно з методиками, наведеними у стандартах, дозволяючи використання відповідних засобів індивідуального захисту органів дихання. При дослідженні ефективності роботи лабораторного обладнання були використані методики валидації та невизначеності. Проаналізовано та узагальнено відповідний матеріал з літературних джерел відносно типів та конструкцій засобів індивідуального захисту органів дихання, а також методики випробувань з вітчизняних, державних та європейських стандартів.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Використання розрахункового коефіцієнта захисту для вибору респіраторів можливе тільки за умови, якщо концентрація шкідливої речовини в робочій зоні на виробництві близька до концентрації тест-аерозолю в випробувальній камері, а гранично-допустима концентрація шкідливої речовини збігається з концентрацією тест-аерозолю в підмасковому просторі або у випадку, коли забезпечується пропорціональність між зміною концентрації у випробувальній камері та в підмасковому просторі.

2. Коефіцієнт захисту протипилових респіраторів, отриманий за допомогою використаних методик випробувань захисної властивості ЗІЗОД, які забезпечують відповідність характеристик тест-аерозолів і рудникових аерозолів та моделюють реальні умови роботи і фізичне навантаження працюючих і повинен використовуватись при визначенні пилового навантаження працівників гірничих підприємств.

Наукові результати і їхня новизна:

1. Вперше встановлено, що коефіцієнт захисту протипилових півмасок є не постійною величиною, а змінюється в широкому діапазоні значень і залежить від конструкції ЗІЗОД, необхідності виробничих розмов, темпу роботи і кліматичних умов. Визначено, що коефіцієнт захисту протипилових респіраторів у виробничих умовах вугільних шахт, на відміну від визначеного у лабораторних умовах, з часом погіршується у 6 разів.

2. Отримані залежності концентрації та дисперсного складу тест-аерозолів «парафінова олива» у випробувальній камері від температури оливи та тиску повітря у генераторі тест-аерозолу для відтворення різних умов перевірки якості ЗІЗОД. Доведено, що зменшення температури нагрівання та тиску повітря в генераторі тест-аерозолу призводять до збільшення діаметра частинок тест-аерозолу, що спричиняє зміну коефіцієнта проникнення респіраторів.

3. Розроблено математичну модель розподілу пилового тест-аерозолу у випробувальній камері, яка враховує, на відміну від відомих моделей, фракційний розподіл пилу за висотою випробувальної камери. Встановлено, що при рекомендованій нормативними документами конструкції випробувальної пилової камери концентрація крупнодисперсних фракцій пилу знижується у два рази за довжиною випробувальної камери. Визначено умови, за яких забезпечується рівномірний розподіл концентрації пилу у випробувальній камері.

4. Встановлено вплив параметрів генератора вугільного пилу на дисперсний склад у випробувальній камері, а також збільшення швидкості повітряних потоків, які подаються у генератор, та зростання вмісту крупнодисперсної фракції пилу у випробувальній камері внаслідок частоти коливання генератора.

5. Вперше встановлено закономірності розподілу значень коефіцієнта проникнення респіратора залежно від форми і розмірів обличчя, рухів випробувачів та кліматичних умов. Показано, що для людей із занадто малими або великими розмірами обличчя неможливо досягти герметичного прилягання півмаски. Обґрунтовано ступінь навантаження випробувачів, які відповідають ступеням зусиль, що прикладають шахтарі при виконанні різних робіт.

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 більше 10 %; узгодженістю результатів теоретичних

та експериментальних досліджень; позитивними результатами лабораторно-виробничих порівняльних випробувань різних фільтрувальних півмасок.

Практичне значення отриманих результатів полягає в обґрунтуванні процедури вибору протипилових ЗІЗОД та удосконалення методик випробувань, та оцінки невизначеності вимірювань. Запропоновано схеми та конструкції установок з визначення коефіцієнта проникнення за тест-аерозолями «хлорид натрію», «парафінова олива» та «доломітовий пил». Розроблено методики з визначення коефіцієнта проникнення за вищезазначеними тест-аерозолями, рекомендації щодо вибору ЗІЗОД, алгоритм і програму вибору ЗІЗОД, виходячи з умов праці. Методики були впроваджені у роботу лабораторії ТОВ ПМТС «Спецнаб» (м. Дніпропетровськ).

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні мети і постановці задач досліджень, аналізі причин погіршення якості перевірки протипилових респіраторів, що впливає на якість випробувань та достовірність отриманих результатів, в експериментальних дослідженнях захисної ефективності протипилових респіраторів при їх виборі з урахуванням виробничих умов, в розробці методичних рекомендацій до вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання, в розробці методик з визначення коефіцієнта проникнення за тест-аерозолями «парафінова олива», «хлорид натрію» та вимірювання стійкості до запилення за тест-аерозолем «доломітовий пил».

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на міжнародній науковій конференції «Форум гірників - 2012» (м. Дніпропетровськ, 2012); науково-практичній конференції «Здоровий спосіб життя: проблеми та досвід» (м. Дніпропетровськ, 2011); міжнародній науковій конференції «Стратегія якості в промисловості та освіті» (м. Варна, 2011); науковій конференції «Проблеми гірничої технології» (м. Красноармійськ, 2010); міжнародній науковій конференції «Technical and geoinformational systems in mining» (м. Ялта, 2011).

Публікації. За матеріалами досліджень опубліковано 11 наукових робіт, з них: 6 – статті у наукових фахових виданнях та 5 – тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку літературних джерел із 102 найменувань, має 142 сторінки машинописного тексту, 44 рисунка, 45 таблиць, додатки. Загальний обсяг склав 230 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

У першому розділі виконаний аналіз умов праці за пиловим фактором на гірничих підприємствах та існуючих вимог і процедури вибору фільтрувальних

півмасок. Розглянуті особливості перевірки якості протипилових респіраторів за європейськими нормативними актами, встановлені причини виникнення помилок при лабораторних випробуваннях ЗІЗОД.

У результаті проведеного аналізу літературних джерел встановлено, що одним із факторів, що викликає збільшення захворюваності на пневмоконіози і пилові бронхіти на вугільних підприємствах, є неправильний вибір ЗІЗОД, який не враховує умови праці та відсутність контролю за використанням протипилових респіраторів працівниками, їх підготовки, тренування, перевірки правильності одягання. Це викликано, перш за все, недосконалістю нормативної бази, яка б чітко регламентувала процедуру вибору респіраторів.

Останнім часом було впроваджено ДСТУ EN 529:2006 «Рекомендації щодо вибору, використання, догляду і обслуговування ЗІЗОД», що має низку відмінних особливостей порівняно з діючим нормативним документом ДНАОП 0.00-1.04-07 «Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання».

Ці документи мають низку суттєвих відмінностей, які вказані в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння вимог до вибору ЗІЗОД
за різними нормативними документами

Процедура вибору протипилових респіраторів відповідно до	
ДНАОП 0.00-1.04-07	ДСТУ EN 529:2006
1. Перевірка наявності необхідної кількості кисню в повітрі робочої зони.	1. Розрізнення та визначення небезпеки.
2. Визначення необхідної захисної ефективності ЗІЗОД $K_3 = П / ГДК$.	2. Оцінювання ризиків.
3. Визначення опору дихання респіратора.	3. Вибір і обґрунтування належних засобів захисту: – визначення мінімально необхідного захисту;
4. Визначення строку служби респіратора.	– перевірка вибраного ЗІЗОД на придатність до умов праці.
	4. Тренування користувачів.
	5. Обслуговування засобів захисту відповідно до вимог виробника.

Порівнюючи наведені вимоги до вибору ЗІЗОД, бачимо, що ДСТУ EN 529:2006 вимагає провести низку процедур, які відсутні в ДНАОП 0.00-1.04-07. Перш за все, це оцінка ризиків та визначення критеріїв використання ЗІЗОД, а саме: встановлення небезпечної речовини на робочому місці, її фізичні та хімічні властивості; оцінку впливу цієї речовини на стан здоров'я при потраплянні до організму; виявлення найнебезпечніших концентрацій; розрахунок значення відповідних граничних рівнів; визначення наявності інших небезпек, що можуть впливати на вибір ЗІЗОД.

Новим є визначення адекватності та придатності респіраторів, що пропонується встановлювати за такими факторами: наявність маркування; адекватність захисту; сумісність з навколишнім середовищем, робочим завданням, користувачем тощо; належний робочий стан.

Таким чином, виникає задача проведення процедури вибору ЗІЗОД за ДСТУ EN 529:2006, яка включає збір і оформлення інформації про захисні й ергономічні показники респіраторної техніки при різних температурах навколишнього середовища, вологості атмосферного повітря, впливу агресивного середовища, впливу темпу роботи тощо. В той же час методи, які б чітко пояснювали виконання вищезгаданих процедур, не визначені. Важливою ланкою в забезпеченні системи ефективного індивідуального протипилового захисту працівників є якісна перевірка ефективності респіраторів у спеціалізованих випробувальних лабораторіях з урахуванням виробничих чинників, що впливають. Однак навіть при ретельній перевірці існує деяка невизначеність вимірювань, яка може призвести до потрапляння на виробництво неякісних фільтрувальних півмасок. Зокрема, достовірність отриманих показників ЗІЗОД, які визначаються у лабораторних умовах за спеціальними тест-аерозолями, майже на 80 % залежить від компетентності персоналу випробувальних лабораторій.

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

У другому розділі наведені результати дослідження факторів ризику при виборі засобів індивідуального захисту органів дихання працівникам гірничих підприємств.

Встановлено, що однією з головних причин збільшення захворювання органів дихання на пневмококіоз і пилові бронхіти є невідповідність між коефіцієнтом захисту ЗІЗОД, який визначений за вимогами нормативної бази у спеціалізованих лабораторіях, і коефіцієнтом захисту, встановленим на робочому місці працівника. Відповідно до діючого нормативного акту ДНАОП 0.00-1.04-07 вибір фільтрувальних респіраторів здійснюється шляхом порівняння коефіцієнта захисту ЗІЗОД з мінімально необхідною захисною ефективністю, яка визначається, виходячи з концентрації пилового аерозолю на виробництві та гранично-допустимої концентрації. У лабораторних умовах коефіцієнт захисту встановлюється за концентрацією спеціального тест-аерозолю, його характеристики можуть значно відрізнятися від властивостей шкідливої речовини на виробництві.

Показано, що використання «лабораторного» коефіцієнта захисту ЗІЗОД для вибору респіратора можливе тільки за умови, коли концентрація шкідливої речовини в робочій зоні на виробництві умовно дорівнює концентрації тест-аерозолю в випробувальній камері, а гранично-допустима концентрація шкідливої речовини збігається з концентрацією тест-аерозолю в підмасковому просторі, або забезпечується пропорційність між зміною концентрації у випробувальній камері та в підмасковому просторі. Остання умова виконується у випадку, коли зміна концентрації у випробувальній камері не призводить до зміни величини коефіцієнта захисту респіратора, тобто

$$\frac{C_0}{C_{\text{здж}}} = \frac{C_0^{mt}}{C_{nm}^{mt}}, \quad (1)$$

де C_0 – концентрація шкідливої речовини у повітрі робочої зони; $C_{\text{здж}}$ – концентрація гранично-допустимої величини; C_{nm}^{mt} – концентрація випробувальної речовини в підмасковому просторі респіратору; C_0^{mt} – початкова концентрація у випробувальній камері.

Ця умова може виконуватись у випадку, коли зміна концентрації у випробувальній камері не призводить до зміни величини коефіцієнта захисту респіратору.

Дослідження захисної ефективності ЗІЗОД на вугільних шахтах, на відміну від лабораторних, показують поступове її зменшення (рис. 1). Відомо, що захисна ефективність фільтра під час накопичення пилу зростає за рахунок зменшення розмірів пор між волокнами фільтрувального шару. Однак у виробничих умовах є низка факторів, які призводять до зворотного результату: умови праці, зміна кліматичних параметрів на робочому місці, зручність півмаски, темп роботи та відповідності медичним показникам працюючої особи.

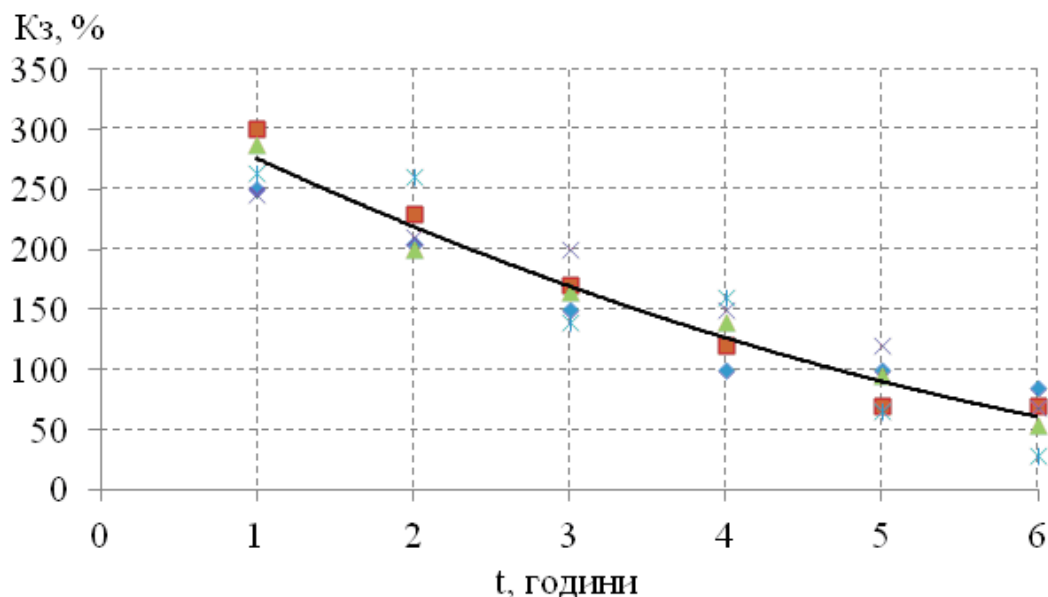


Рис. 1. Зміна коефіцієнта захисту респіратору з часом

Головним шляхом потрапляння шкідливої речовини у підмасковий простір є нещільність смуги обтюрації. Величина випадкових підсмоктувань може змінюватись у часі та встановлюватись навіть для добре підбраного респіратору внаслідок зміщення лицьової частини під час роботи. Накопичення пилу на фільтрах ЗІЗОД призводить до зростання їх опору дихання. Це перерозподіляє повітряні потоки, які проходять через фільтрувальний елемент і нещільності смуги обтюрації (рис. 2), збільшуючи підсмоктування нефільтрованого повітря.

Коефіцієнт проникнення аерозолі респіратору з урахуванням нещільності смуги обтюраторів можна визначити за формулою

$$K = \frac{K^{\phi.e} + \sqrt{\frac{R_{\phi.e}}{R_{c.o}}}}{1 + \sqrt{\frac{R_{\phi.e}}{R_{c.o}}}}, \quad (2)$$

де $K^{\phi.e}$ – коефіцієнт проникнення аерозолі через фільтрувальний елемент респіратору; $R_{\phi.e}$ – опір фільтрувального елемента, Па; $R_{c.o}$ – опір смуги обтюраторів, Па.

Як видно з рис. 3, із зростанням опору фільтра коефіцієнт проникнення буде збільшуватись, що призведе до погіршення захисної ефективності ЗІЗОД в цілому.

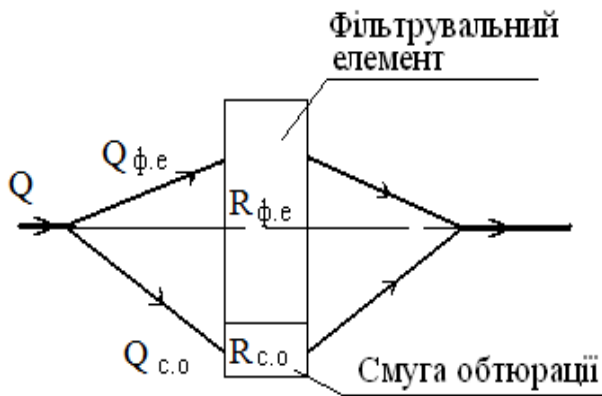


Рис. 2. Спрощена схема перерозподілу повітряних потоків у респіраторі

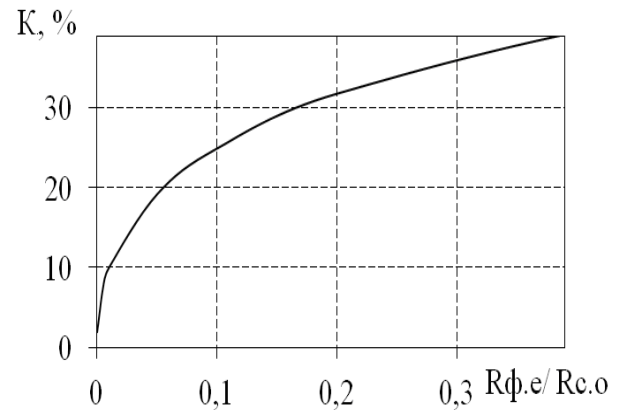


Рис. 3. Залежність коефіцієнта проникнення респіратору від співвідношення величин опору фільтрувального елемента і смуги обтюраторів

Важливим фактором надійного захисту ЗІЗОД є їх постійне використання. В ході різноманітних виробничих досліджень було встановлено, що працівники протягом виробничого процесу знімають респіратори. Причин для цього багато: зменшення небезпеки, необхідність очищення або заміни фільтрів тощо. Проведені дослідження з визначення ефективності використання протипилових респіраторів у вугільних шахтах показали, що навіть добровольці, яких попередили про необхідність постійного носіння півмаски, це не виконували. Хронометричні заміри часу перебування гірників у респіраторах при виконанні виробничих завдань говорять про їх використання близько 80 – 85 % під час роботи комбайна. Це призводить до значного погіршення захисного ефекту ЗІЗОД, який можна оцінити за формулою

$$K_{real.} = \frac{t_3}{\frac{t_1}{K_n} + \frac{t_2}{1}}, \quad (3)$$

де t_3 – загальний час робочої зміни; t_1 – загальний час знаходження працівника в респіраторі за робочу зміну; t_2 – загальний час роботи працівника без респіратора за робочу зміну.

Фільтрувальні властивості респіратора залежать і від температурних показників у робочій зоні. При високій температурі працівники частіше знімають респіратори з причин швидкого накопичення вологи у підмасковому просторі та збільшення опору диханню за рахунок підвищення температури.

Суттєво впливають на захисну ефективність респіратора темп і ритм виконуваної роботи. Як видно з табл. 2, при виконанні вправ з різним навантаженням коефіцієнт захисту респіратора змінюється. Ця відмінність пояснюється збільшенням об'єму вдихуваного повітря, що обумовлює збільшення кількості аерозолі, який потрапляє в підмасковий простір.

Таблиця 2

Коефіцієнт захисту півмаски при різних навантаженнях

Перелік видів навантаження на випробувача при визначенні коефіцієнта проникнення ЗІЗОД	Середні значення коефіцієнта захисту за тест-аерозолем «хлорид натрію» протипилової півмаски «Лепесток»
Переміщення без поворотів голови або без розмови зі швидкістю руху випробувача 4 км/год	1000
Переміщення без поворотів голови або без розмови зі швидкістю руху випробувача 6 км/год	125
Переміщення без поворотів голови або без розмови зі швидкістю руху випробувача 8 км/год	35,7
Переміщення без поворотів голови або без розмови зі швидкістю руху випробувача 10 км/год	14,5

Правильний вибір залежить від збору інформації про умови застосування респіратора, тривалість роботи, місце виконання виробничих завдань, навантаження на працівника, кліматичні умови, зручність респіратора. Виходячи з вищенаведених вимог була розроблена спеціальна програма для вибору ЗІЗОД, яка враховує вміст кисню у повітрі робочої зони, концентрацію шкідливих речовин, їх властивості, темп роботи, температуру робочої зони.

Для вибору ЗІЗОД потрібно спочатку зібрати всі необхідні відомості про властивості шкідливих речовини у повітрі робочої зони, величину можливих концентрацій, знати характеристику умов праці та перевірити ефективність рекомендованих протипилових респіраторів (коефіцієнт захисту яких відповідає ступеню небезпеки виробництва) у лабораторних умовах, які максимально відтворюють вплив виробничих умов, де передбачається використання цих респіраторів.

У третьому розділі обґрунтовані причини виникнення помилок при перевірці якості респіраторів та запропоновані заходи для покращення лабораторних випробувань ЗІЗОД. Перший напрямок – це підбір та підготовка персоналу, забезпечення його мотивації для сумлінного виконання своїх обов'язків. Другий – автоматизація процедури визначення коефіцієнта проникнення протипилового респілятора для зменшення впливу людського фактора. Доцільно також постійне оновлення в лабораторії методів діагностики для зменшення невизначеності вимірювань.

Для визначення фільтрувальних властивостей ЗІЗОД з урахуванням нормативної бази рекомендується використовувати три основні методи: перевірку за тест-аерозолями «хлорид натрію», «парафінова олива», «доломітовий пил». Таким чином, перевіряється ефективність захисту від твердих і рідких частинок та час експлуатації фільтрувальних елементів. При цьому цілу низку факторів, що впливають на зміну концентрації аерозолі, на темп і ритм виконуваних робіт тощо під час лабораторних випробувань, створити не можливо. Для врахування цих чинників виробничого середовища було розроблено обладнання та обґрунтовано методики з визначення коефіцієнта проникнення респіраторів за тест-аерозолями, зважаючи на фактори, що можуть погіршити захисні властивості ЗІЗОД (рис. 4, 5).



Рис. 4. Загальний вигляд станда з перевірки ЗІЗОД на людях: 1 – полуменевий спектрофотометр; 2 – комп'ютер для отримання результатів; 3 – генератор аерозолі; 4 – випробувальна камера; 5 – бігова доріжка; 6 – система подачі стислого повітря



Рис. 5. Загальний вигляд станда з перевірки ЗІЗОД на муляжі: 1 – генератор аерозолі; 2 – ротаметри; 3 – мікроманометри рідинні; 4 – аспіратор; 5 – інтегральний фотометр; 6 – триходовий вентиль; 7, 8 – регульовані вентилі; 9 – випробувальна камера; 10 – спеціальна насадка для закріплення півмаски або муляж голови

Для визначення захисних властивостей протипилових респіраторів на добровольцях було виготовлено різні розпилювачі для генератора тест-аерозолю «хлорид натрію», які дозволяють змінювати концентрацію і дисперсний склад аерозольних частинок для моделювання та характеристики різних умов роботи ЗІЗОД. Досліджено залежність дисперсного складу від розмірів отворів розпилювача (рис. 6). Як видно з рис. 6, за допомогою зміни діаметра отворів можна забезпечити необхідний дисперсний склад аерозолю, який характерний для виробничих умов (крива 1) і рекомендований вимогами стандарту ДСТУ EN 149 – 2003 (крива 4).

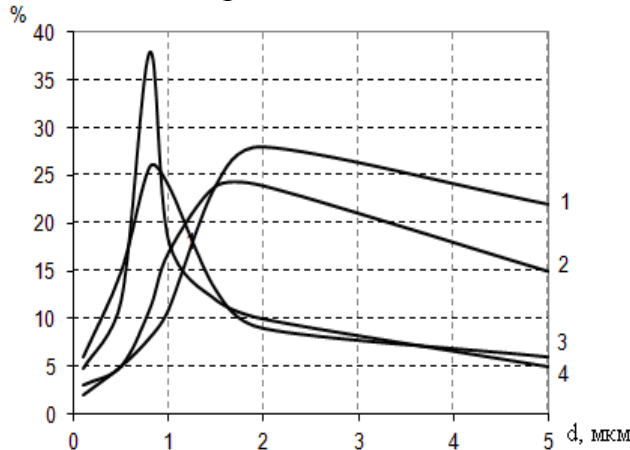


Рис. 6. Криві розподілу дисперсного складу аерозолю NaCl залежно від діаметра розпилювача, мм: 1 – 1.7; 2 – 2; 3 – 2.3; 4 – 2.7

При перевірці ЗІЗОД за тест-аерозолем «парафінова олива» досліджено вплив температури нагрівання парафінової оливи та деякі зміни тиску повітря в генераторі, розмірів утворених аерозольних частинок, що потрапляють у випробувальну камеру, та їх дисперсного складу. Встановлено, що зменшення температури нагрівання в генераторі призводить до збільшення діаметра частинок тест-аерозолю, що впливає на коефіцієнт проникнення респіратора (рис. 7). В той же час зростання концентрації тест-аерозолю спричинює поступове збільшення коефіцієнта проникнення ЗІЗОД (рис. 8).

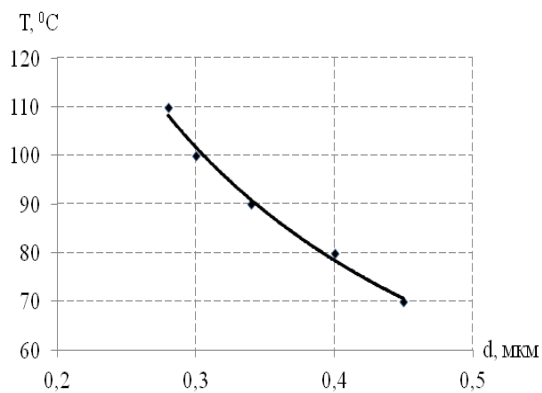


Рис. 7. Залежність розміру частинок тест-аерозолю (d) від температури нагрівання генератора оливи (T)

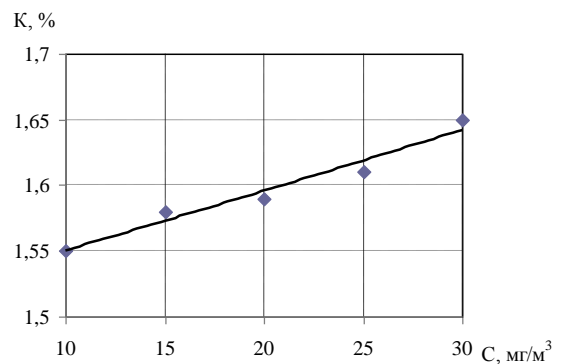


Рис. 8. Залежність коефіцієнта проникнення (K) тест-аерозолю від його концентрації (C) у випробувальній камері

Для кращого моделювання впливу виробничих умов на захисну ефективність ЗІЗОД використовується метод за тест-аерозолем «доломітовий пил». Головною задачею є забезпечення різних концентрацій, дисперсного складу пилу у випробувальній камері, які б відповідали виробничим умовам. Виходячи з теоретичних і експериментальних досліджень було встановлено залежність зміни концентрації пилу за висотою камери

$$C(\delta_i, z) = C_n \Delta D(\delta_i) + \frac{HG \Delta D(\delta_i)}{Pe(\delta_i) D_p S (1 - \exp(-x))} \left(\frac{Pe(\delta_i)}{Pe(\delta_i) - x} e^{-xz/H} - \frac{x}{Pe - x} e^{-Pe(\delta_i)xz/H} - e^{(-x)} \right) \quad (4)$$

де $Pe(\delta_i) = (U + Vs(\delta_i))H / Dtp(\delta_i)$ – турбулентне число Пекле; $Dtp(\delta)$ – коефіцієнт турбулентної дифузії частинок, м/с; $C(\delta, z)$ – концентрація частинок розміром δ на рівні z , мг/м³; H – висота випробувальної камери; $\Delta D(\delta)$ – відносний за масою вміст фракції пилу з середнім розміром частинок δ ; G – інтенсивність виділення пилу у випробувальній камері. Формула (4) визначає розподіл концентрацій окремих фракцій пилу за висотою камери залежно від швидкості руху повітряного потоку U (рис. 9).

Для отримання аналогічного або близького до виробничих умов розподілу дисперсного складу пилу на розробленому стенді було відпрацьовано 4 режими роботи генератора пилу, що відрізнялися витратою повітря. При цьому створювана концентрація пилу може змінюватись у діапазоні від 300 до 1600 мг/м³. На рис. 10 наведено криві розподілу дисперсного складу пилу, який створюється у випробувальній камері при різних режимах роботи генератора.

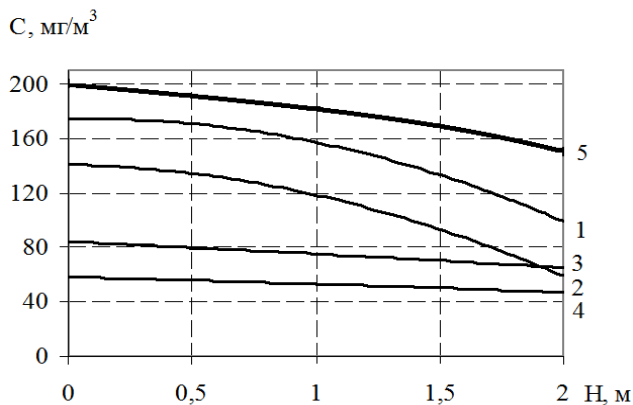


Рис. 9. Зміна концентрації різних фракцій пилу за висотою випробувальної камери:
1 – $\delta > 30$; 2 – $\delta = 10 - 30$; 3 – $\delta = 5 - 10$;
4 – $\delta < 5$; 5 – загальна концентрація

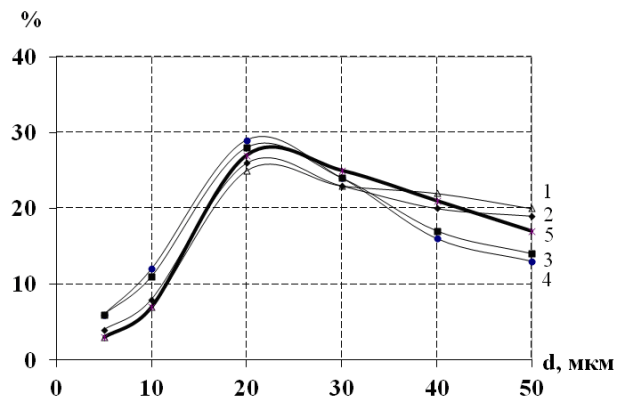


Рис. 10. Криві розподілу дисперсного складу вугільного пилу, отриманого за допомогою генератора аерозолів при різних режимах роботи (1, 2, 3, 4) та за даними МакНДІ (5)

Як видно з рис. 10, розподіл, отриманий у лабораторних умовах, є близьким до фактичного розподілу у вугільних шахт та збігається з даними, отриманими МакНДІ у реальних вугільних шахтах. Тим самим розроблення установки та генератора тест-аерозолу «вугільний пил» дозволяє моделювати

робочі умови вугільних підприємств та отримувати точні результати випробування.

У четвертому розділі проведені експериментальні дослідження захисної ефективності вітчизняних протипилових респіраторів за тест-аерозолями з урахуванням факторів, що погіршують захисні властивості ЗІЗОД. Так, дослідження на добровольцях за тест-аерозолем «хлорид натрію» показали неможливість забезпечити ефективний захист певної категорії людей. У результаті експерименту встановлено, що максимальне проникнення тест-аерозолю спостерігається у випробувачів з малим або великим розміром обличчя, тоді як найкращі показники у випробувачів із середнім розміром (табл. 3, 4).

Таблиця 3

Розміри обличчя добровольців, які брали участь у дослідженнях

Характеристики обличчя, мм	Випробувачі									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Довжина	111	112	119	120	120	128	127	135	135	136
Ширина	126	135	125	134	143	124	143	124	136	144
Глибина	113	114	100	118	111	109	115	118	114	113

Таблиця 4

Коефіцієнт проникнення фільтрувальних півмасок за розмірами обличчя

Шифр респіратора	Середні значення коефіцієнта проникнення за розмірами обличчя, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	14,53	14,51	10,6	5,63	6,8	9,63	10,23	8,64	8,57	11,62
Б	16,53	13,51	12,6	5,63	6,8	9,63	8,23	8,64	9,57	12,62
В	14,35	4,61	14,5	7,8	5,61	11,15	18,2	15,2	9,64	9,21
Г	11,3	17,6	6,85	13,6	9,66	9,54	14,5	16,3	10,23	8,35
Д	10,22	3,68	4,54	6,65	5,41	3,38	2,54	7,15	10,62	8,51

Отже, при виборі респіраторів необхідно враховувати, що є працівники, яким неможливо підібрати півмаску з герметичною смугою обтюрації. Крім того, різке погіршення захисту респіраторів фіксувалося під час розмови у півмасці, тобто зміна міміки обличчя також погіршує герметичність смуги обтюрації.

Визначення захисної ефективності ЗІЗОД за тест-аерозолем «доломітовий пил» з урахуванням впливу температури і вологості дозволило встановити час безпечної експлуатації різних фільтрів, який залежить від опору дихання та погіршення захисної ефективності.

Результати експериментів свідчать про те, що зі збільшенням опору дихання захисна ефективність фільтра покращується протягом перших тридцяти хвилин експерименту при концентрації пилу у випробувальній камері 300 мг/м^3 . Це пояснюється зменшенням пор між волокнами та їх ущільненням за рахунок зростання пилового осаду на поверхні фільтра. Однак після досягнення критичної величини опору повітряному потоку фільтра (рис. 11) починається підсмоктування аерозолю внаслідок нещільності смуги обтюрації і коефіцієнт захисту поступово погіршується (рис. 12).

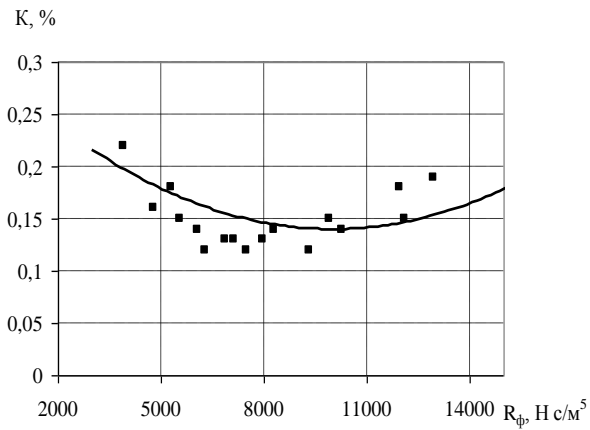


Рис. 11. Залежність коефіцієнта проникнення від величини опору дихання респіратора

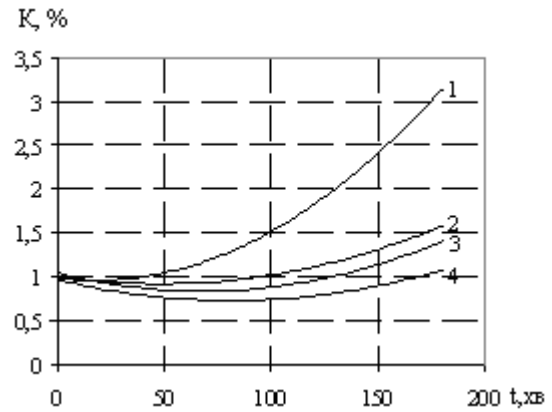


Рис. 12. Залежність коефіцієнта захисної ефективності респіраторів РПА-ТД з фільтрами ФПП 15 – 1,5 (1), Лепесток-200 (2), Росток (3), РПА – ТД з фільтрами з елестену (4) від часу експлуатації

Аналіз експериментальних досліджень з оцінки впливу на захисну властивість ЗІЗОД температури, вологості та збільшення навантаження показали, що в лабораторних умовах можна відтворити умови експлуатації ЗІЗОД, що дозволяє визначити «реальний» коефіцієнт проникнення респіраторів в умовах виробництва, які моделюються.

Проведені дослідження дозволили розробити: методики «Виконання вимірювань коефіцієнтів проникнення та підсмоктування за тест-аерозолем «хлорид натрію» протипилових респіраторів, фільтрувальних коробок респіраторів, півмасок респіраторів на людях»; «Виконання вимірювань коефіцієнта проникнення за тест-аерозолем «парафінове масло» протипилових респіраторів, фільтрувальних коробок респіраторів, півмасок респіраторів у випробувальній камері»; «Виконання вимірювань стійкості до запилення за тест-аерозолем доломітовий пил протипилових респіраторів, фільтрувальних коробок респіраторів, півмасок респіраторів у випробувальній камері» та «Методичні рекомендації щодо вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання», які впровадженні у випробувальній лабораторії ТОВ ПМТП «Спецнаб» (м. Дніпропетровськ).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, яка є завершеною науково-дослідною роботою, поставлено та вирішено актуальну науково-технічну задачу підвищення якості проведення випробувань з визначення фільтрувальних властивостей ЗІЗОД та удосконалення процедури їх вибору за рахунок відтворення у лабораторних умовах при перевірці якості протипилових респіраторів факторів, що погіршують захисні характеристики ЗІЗОД: температури та вологості повітря, темпу та ритму виконуваної роботи працівником, що дозволить враховувати умови експлуатації фільтрувальних півмасок.

Найбільш важливі наукові та практичні результати, висновки і рекомендації полягають у такому:

1. Встановлені та проаналізовані фактори, які впливають на захисну ефективність ЗІЗОД. Доведено, що коефіцієнт захисту ЗІЗОД, який визначений за вимогами нормативної бази у спеціалізованих лабораторіях, відрізняється від коефіцієнта захисту, встановленому на робочому місці працівника, оскільки концентрація аерозолію при випробуваннях і на виробництві різна. Крім того, при лабораторних випробуваннях не враховується низка факторів, яка може погіршувати такі показники: зручність респіратору, темп виконуваних робіт, вплив підвищеної температури та невміння правильно користуватися ЗІЗОД, необхідність у розмовах і зніманніях півмаски під час роботи.

2. Розроблені алгоритм та програма з вибору ЗІЗОД, яка дозволяє визначити необхідний клас захисту респіраторів, виходячи з умов експлуатації та враховуючи можливість виникнення аварійної ситуації, пожежі, появи миттєво-смертельної концентрації шкідливої речовини, умов праці.

3. Обґрунтовано методики з визначення коефіцієнта проникнення респіраторів за тест-аерозолями з урахуванням факторів, що можуть погіршити захисні властивості ЗІЗОД. Досліджено вплив характеристик основних складових стендів для випробування ЗІЗОД на забезпечення різної дисперсності тест-аерозолів, концентрацій та витрати повітря.

4. Розроблені рекомендації для збільшення достовірності випробувань ЗІЗОД в лабораторних умовах. Запропоновано способи з автоматизації процедур проведення випробувань, які зменшують вплив персоналу на результати випробувань. Розроблено форми звітності та програмне забезпечення для оформлення результатів лабораторних випробувань, яке зменшує виникнення помилок персоналу.

5. Розроблено математичну модель розподілу пилового тест-аерозолію у випробувальній камері. Встановлено фракційний розподіл пилу за висотою камери. Показано, що при такій конструкції пилової камери концентрація пилу фракцій більше 30 мкм зменшується вдвічі за висотою камери. Визначено витрату повітря для рівномірного розподілу концентрації пилу у випробувальній камері.

6. Проведені дослідження захисної ефективності респіраторів із створенням виробничих умов вугільних шахт показали неможливість забезпечення ефективного захисту певної категорії людей через негерметичність півмасок за смугою обтюрації; дозволили визначити час безпечної експлуатації різних фільтрів, який залежить від опору дихання та погіршення захисної ефективності, впливу температури та умов праці, та отримати коефіцієнт проникнення з урахуванням темпу і ритму виконуваної роботи.

7. Розроблено устаткування та методики визначення коефіцієнта проникнення за тест-аерозолями «хлорид натрію», «парафінова олива» та «доломітовий пил».

Основні положення і результати дисертації опубліковані у роботах

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

2. Наумов Н.Н. Анализ методов оценки эффективности противопылевых респираторов и фильтрующих материалов / С.И. Чеберячко, Н.Н. Наумов // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2010. – № 35, т. 2. – С. 167–172.

3. Наумов М.М. Дослідження захисної ефективності вітчизняних одноразових протипилових респираторів за європейськими стандартами / В.І. Голінько, М.М. Наумов, С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2011. – № 5. – С. 118–121.

4. Наумов М.М. До питання визначення захисної ефективності протипилових респираторів за тест-аерозолем «парафінова олива» / С.І. Чеберячко, М.М. Наумов, Д.І. Радчук // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 3. – С. 102–106.

5. Наумов М.М. Розробка установки для випробувань протипилових засобів індивідуального захисту органів дихання у відповідності до гармонізованих стандартів / Наумов М.М. // *Геотехническая механика*. – 2012. – № 104. – С. 254–258.

6. Наумов М.М. Особливості вибору протипилових респираторів за європейськими стандартами/ С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко, М.М. Наумов // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2013. – № 1. – С. 108 – 112.

7. Наумов Н.Н. Применение противопылевых респираторов на угольных предприятиях / С.И. Чеберячко, Ю.И. Чеберячко, Д.И. Радчук, Н.Н. Наумов // *Проблеми гірничої технології: матеріали регіональної наук.-практ. конф.* – Красноармійськ: КІП ДонНТУ, 2010. – С. 168–174.

8. Наумов М.М. Аналіз професійної захворюваності працівників вугільної промисловості / М.М. Наумов, Д.І. Радчук // *Здоровий спосіб життя: проблеми та досвід: матеріали наук.-практ. конф.* – 2011. – С. 69–70.

9. Naumov M. Use of dust masks at coal enterprises / S. Cheberyachko, Y. Cheberyachko, M. Naumov // *Technical and geoinformational systems in mining proceedings of international conference* – 2011. – P. 231–235.

10. Наумов М.М. Розробка автоматизованого комплексу з визначення захисної ефективності протипилових респираторів / В.І. Голінько, С.І. Чеберячко, М.М. Наумов // *Стратегия качества в промышленности и образовании: материалы VII междунар. конф.* – Варна: Болгария, 2011. – Т. 2. – С. 606–608.

11. Наумов М.М. Аналіз факторів, які впливають на захисну ефективність ЗІЗОД / С.І. Чеберячко, Г.П. Кривцун, М.М. Наумов // *Форум гірників*. – 2012: матеріали міжнар. конф. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – Т. 4. – С. 86–94.

Особистий внесок дисертанта в роботах, опублікованих у співавторстві, полягає в постановці й проведенні досліджень [1, 3]; досліджені показників захисної ефективності респіраторів у результаті лабораторних і промислових дослідів [2]; розробці рекомендацій покращення роботи випробувальних лабораторій [4]; проведенні виробничих досліджень респіраторів [6]; розробці рекомендацій щодо вибору протипилових респіраторів на вугільних підприємств [9, 10]; розробці алгоритму і програми випробувань ЗІЗОД за тест-аерозолем «хлорид натрію» [7, 11]; дослідженні захворюваності гірників на пневмококіоз з літературних джерел [8].

АНОТАЦІЯ

Наумов М.М. Методи контролю захисних властивостей і процедура вибору протипилових респіраторів для працівників гірничих підприємств. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.026.01 – «Охорона праці» - Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2013.

У дисертаційній роботі виконаний аналіз факторів, які впливають на захисну ефективність ЗІЗОД. Встановлено, що коефіцієнт захисту ЗІЗОД, який визначений за вимогами нормативної бази у спеціалізованих лабораторіях, відрізняється від коефіцієнта захисту, встановленого на робочому місці працівника через різницю у концентрації аерозолі при випробуваннях і реальної на виробництві. Обґрунтовано методики з визначення коефіцієнта проникнення респіраторів за тест-аерозолями з урахуванням факторів, що можуть погіршити захисні властивості ЗІЗОД. Досліджено вплив характеристик основних складових стендів для випробування ЗІЗОД на забезпечення різної дисперсності тест-аерозолів, концентрацій та витрати повітря. Досліджено захисну ефективність респіраторів з моделюванням виробничих умов вугільних шахт.

Розроблено алгоритм та програму з вибору ЗІЗОД, яка дозволяє визначити необхідний клас захисту респіраторів, виходячи з умов експлуатації та враховуючи можливість виникнення аварійної ситуації, пожежі, появи високої концентрації шкідливої речовини та умови праці. Розроблені рекомендації для збільшення достовірності випробувань ЗІЗОД в лабораторних умовах.

Ключові слова: захисна ефективність, коефіцієнт захисту, респіратор, тест-аерозоль, коефіцієнт проникнення, концентрація аерозолі.

АННОТАЦИЯ

Наумов Н.Н. Методы контроля защитных свойств и процедура выбора противопылевых респираторов для рабочих горных предприятий. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 – «Охрана труда» – Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2013.

В диссертационной работе решена актуальная научная задача контроля защитных свойств и процедуры выбора противопылевых респираторов для работников горных предприятий, которая заключается в установлении факторов производственной среды, ухудшающих защитную эффективность респираторов, и моделирования их влияния при лабораторных испытаниях. Это позволило обосновать процедуры выбора противопылевых средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) по европейским стандартам и разработать методы испытания СИЗОД с учетом влияния производственных факторов.

Установлено, что коэффициент защиты СИЗОД, который определен согласно действующим нормативным актам в специализированных лабораториях, отличается от коэффициента защиты, полученного на рабочем месте, по следующим причинам: разница концентраций тест-аэрозоля в испытательной камере и вредного вещества на реальном производстве, наличие неплотности по полосе обтюрации, необходимость разговаривать, влияние темпа и ритма работы. Кроме того, на достоверность полученного коэффициента проникания СИЗОД в лабораторных условиях влияет количество ошибок при испытаниях, возникающих из-за некомпетентности или неподготовленности персонала испытательной лаборатории. Установлено, что при автоматизации процесса испытаний, использовании микропроцессорной техники и при программном обеспечении достоверность полученных результатов увеличивается на 80 %.

Разработан алгоритм программы выбора СИЗОД, в которой учитываются: концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны и их физические и химические свойства, условия выполняемой работы, продолжительность, частота, место выполнения, нагрузка на рабочего, технологический процесс, удобство респиратора и др.

Разработаны конструкции испытательных стендов и методы определения качества СИЗОД по трем основным тест-аэрозолям: «парафиновое масло», «хлорид натрия», «доломитовая пыль» с учетом необходимости обеспечения различных концентраций и дисперсного состава в испытательной камере. Проведенные экспериментальные исследования защитной эффективности респираторов с моделированием производственных условий угольных шахт показали невозможность обеспечения надежного прилегания полумаски к лицу у некоторой категории людей. Определено время стабильного защитного действия респираторов с учетом влияния температуры окружающей среды, ритма и темпа работы.

Выполненные в диссертационной работе теоретические и экспериментальные исследования могут быть использованы для определения защитных свойств СИЗОД в лабораторных условиях с учетом условий их эксплуатации на конкретных предприятиях. Это позволит повысить

эффективность защиты рабочих от заболевания пневмокониозом и пылевым бронхитом.

Ключевые слова: защитная эффективность, респиратор, тест-аэрозоль, концентрация вредного вещества, коэффициент защиты, коэффициент проникания.

ABSTRACT

Naumov N.N. Control methods of protective properties and procedure of choice of dust respirators for employees of mining enterprises. – Manuscript.

The dissertation on the scientific degree of the candidate of engineering science in speciality 05.26.01 – «Protection of labour» – National higher education institution “National mining university”, Dnipropetrovsk, 2013.

In dissertation work was executed the analysis of factors, which influence on protective efficiency personal respiratory protection (PRP). Was set that coefficient of protection PRP, which determined by the regulatory framework in specialized laboratories, is different from the coefficient of protection on the workers working place because of difference in spray concentration during testing and reality on the manufacture.

Founded the technique with determination coefficient of permeation of respirators by the test-sprays, taking into account factors that may affect safety of PRP. Investigated the influence of the characteristics of the main components of stands for testing PRP to provide different dispersion of test-sprays, concentration and air flow. Investigated the protective effectiveness of respirators by modeling production conditions of coal mines.

Developed the algorithm and program for choosing PRP, which allows to determine the require protection class of respirators, based on conditions and taking into account the potential to emergency, fire, appearance of high concentration of harmful substances, working conditions. Developed the recommendations to increase the reliability of the tests PRP in laboratories.

Key words: protective efficiency, protection coefficient, respirator, test-spray, coefficient of permeation, spray concentration.