

6. Антошкина Л.И. Оценка экологического риска при авариях с химически опасными веществами / Л.И. Антошкина, Н.Н. Беляев, Е.Ю. Гунько // Наука и образование, Днепропетровск, 2008. – 132 с.
7. Згуровский М. З. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К.: Наукова думка, 1997. – 368 с.
8. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1978. 735 с.
9. Самарский А. А. Теория разностных схем. - М.: Наука, 1983. 616 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Мещеряковим Л.І.  
Надійшла до редакції 11.11.13*

УДК 614.89

© В.І. Голінько, Т.І. Долгова, С.І. Чеберячко

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОТИПИЛОВИХ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ**

В статті проаналізовано як помилки при випробуваннях протипилових респіраторів призводять до неточності у виборі засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД). Запропоновано схему визначення кількості неякісних протипилових півмасок, які можуть потрапити до користувачів через похибку вимірювань. Досліджено вплив невизначеності вимірювань методів випробувань та лабораторного обладнання на кількість неякісних респіраторів, які можуть пройти випробування.

В статті проаналізовано влияние качества испытаний респираторов на ошибки при выборе средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). Предложена модель для определения количества некачественных противопылевых полумасок, которые могут попасть к пользователям из-за величины неопределенности измерений. Исследовано влияние погрешности измерений методов испытаний и лабораторного оборудования на количество некачественных фильтрующих респираторов, которые могут пройти испытание.

Tests in laboratory quality impact on respirators error in their selection analyzed in the article. We propose a model of low-quality respirators to determine the amount that can go to production because of the magnitude of measurement uncertainty. The effect of measurement error test methods and laboratory equipment to the number of low-quality respirators.

**Актуальність.** Проблема професійної захворюваності гірників на пневмоконіоз стоїть дуже гостро. Не зважаючи, на наявний арсенал засобів знепилення концентрація пилу у гірничих виробках інколи сягає 300–400 мг/м<sup>3</sup>. В такому випадку основним захисним пристроєм є протипиловий респіратор. Його використання нормується низкою нормативних актів з охорони праці [1–3]. Крім того, відповідно до Закону України з охорони праці роботодавець повинен забезпечити працівника засобами індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД). Проте, кількість захворювань на пилову етіологію не зменшується. Тому, встановлення основних причин погіршення протипилового захисту працівників і пошук шляхів підвищення ефективності використання ЗІЗОД є актуальним питанням.

Відомо, що вибір респіратор є важливою ланкою у системі збереження здоров'я працівників на виробництві. Допущені помилки можуть призвести до використання респіраторів, який не відповідає умовам експлуатації. Тому необхідно дуже зважено в цьому процесі оцінювати всі впливові фактори, особливо при обмеженій інформації. Важливою ланкою в забезпеченні якісними респіраторами працівників є перевірка їх ефективності у випробувальних лабораторіях. Однак, навіть при ретельній перевірці існує деяка похибка вимірювань, яка може призвести до потрапляння на підприємства неякісних фільтрувальних півмасок. Зі збільшенням похибки вимірювань ймовірність помилок при виборі ЗІЗОД зростає, і навпаки, зі зменшенням — знижується.

Відомо, що надійність захисту фільтрувальних респіраторів залежить від декількох складових на які слід звернути увагу – це вміння користуватись захисним пристроєм і якість складових конструкції півмаски [4]. Першу складову ми розглянемо в наступних публікаціях. Для визначення другої складової проводяться чисельні лабораторні і виробничі дослідження протипилових півмасок, які показують, що все ж таки основною причиною погіршення захисних властивостей респіраторів є нещільності за смугою обтюрації [5].

В багатьох публікаціях вказується про високу ймовірність помилок при виборі ЗІЗОД базуючись тільки на результатах лабораторних досліджень [6–9]. В той же час майже всі рекомендації вітчизняних авторів ґрунтуються на величині захисної ефективності респіраторів отриманих в лабораторних умовах [10]. Виходячи з чисельних виробничих випробувань в деяких зарубіжних країнах були переглянуті нормативи стосовно ступенів захисту ЗІЗОД та введені додаткові параметри для їх характеристики [11].

**Метою публікації** є встановлення взаємозв'язку між невизначеністю вимірювань і можливою кількістю потрапляння неякісних ЗІЗОД до користувачів та розробка рекомендацій щодо покращення процедури лабораторних випробувань.

**Матеріали та методи досліджень.** Однією із основних процедур з перевірки якості ЗІЗОД в лабораторних умовах є визначення захисних властивостей півмасок на добровольцях. Вважається, що одержаний результат можна використовувати для вибору респіраторів у виробничих умовах. Оскільки оцінка коефіцієнта захисту ЗІЗОД одночасно враховує і коефіцієнт проникнення через фільтр, і коефіцієнти підсмоктування за смугою обтюрації та клапанів видихання. Крім того, виконання спеціальних вправ випробувачами, які імітують роботу та розмову, сприяють підвищенню достовірності випробувань.

Представимо вибір ЗІЗОД наступною блок-схемою рис. 1. Для визначення кількості працівників, які будуть працювати у якісних ЗІЗОД, передбачений спеціальний коефіцієнт  $h$ , який показує долю респіраторів, які при лабораторних випробуваннях на людях показали відповідний результат із загальної їх кількості

$$N_1 = Nh,$$

де  $N$  – загальна кількість працівників, які використовують ЗІЗОД.

Відповідно, число працівників, які будуть використовувати неякісні ЗІЗОД складає

$$N_2=N(1-h).$$

Передбачимо можливість, що працівники першої групи  $N_1$ , можуть використовувати неякісні респіратори, які через помилку оператора отримали задовільні показники, їх кількість визначимо як

$$N_{12}=N_1b$$

де  $b$  – величина невизначеності вимірювань, яка показує долю неякісних ЗІЗОД, що пройшли випробування через помилку оператора.

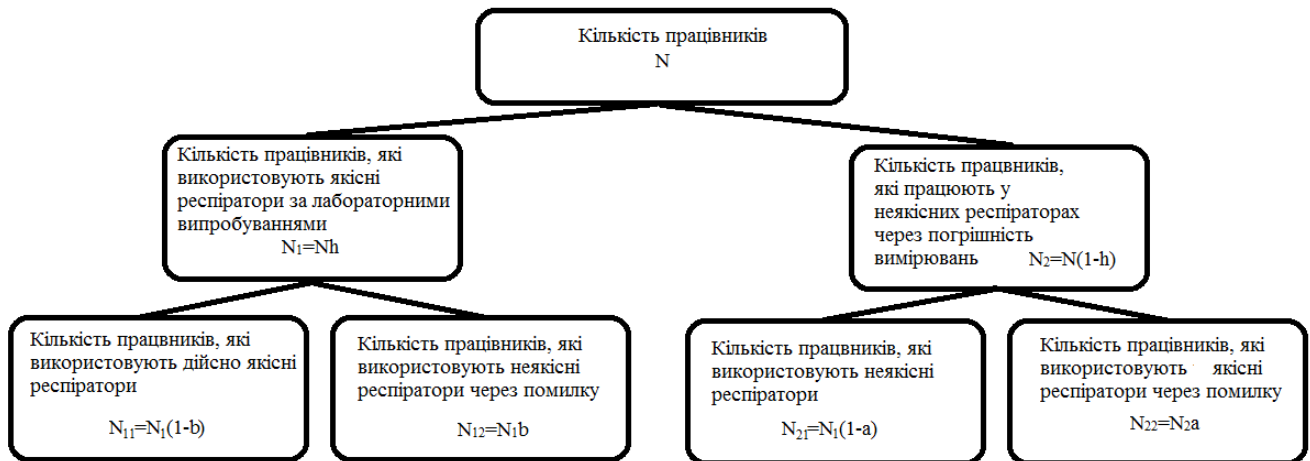


Рис. 1. Блок-схема для розрахунку кількості неякісних протипилових респіраторів, які потрапляють на виробництво через погрішність випробувань

Також мають місце випадки, коли якісний респіратор може не відповідати вимогам стандарту через помилку оператора. Кількість працівників, що користуються такими респіраторами дорівнює

$$N_{22}=N_2a,$$

де  $a$  – величина невизначеності вимірювань, яка характеризує точність методу випробувань.

Кількість працівників, що користуються неякісними респіраторами дорівнює

$$N_{21}=N_2(1-a).$$

За допомогою цієї блок-схеми можна вирішити декілька задач без проведення лабораторних досліджень ЗІЗОД, за умови відомих величин  $h$ ,  $a$  і  $b$ , а також оцінити вплив різних факторів, на достовірність методу випробувань. Так, можна визначити кількість працівників, які будуть працювати в неякісних півмасках, а отже у них збільшується ризик виникнення захворювань

$$N_{н.р.}=N_{12}+N_{21}.$$

Крім того, можна розрахувати величину помилки при виборі ЗІЗОД

$$d = \frac{N_{12}}{N_1}.$$

Модель дозволяє визначити точність методики перевірки якості ЗІЗОД, яка забезпечить мінімальну кількість неякісних респіраторів, що можуть потрапити на виробництво.

**Результати досліджень.** Коефіцієнт  $h$  розраховується за результатами перевірки фільтрувальних респіраторів на добровольцях і характеризує якість ізолювальних властивостей півмаски за смугою обтюрації. Для його визначення необхідно знати кількість випробувачів, у яких було зафіксовано коефіцієнт захисту респіратора не менший від наведеного у відповідних нормативних документах.

Відповідно до ДСТУ EN 149-2002 у випробуванні приймає участь 10 чоловік, які мають відповідні розміри обличчя, вміють користуватись респіраторами і знають процедуру випробувань. Так, для одітих відповідно до інструкцій виробника протиаерозольних фільтрувальних півмасок коефіцієнт підсмоктування повинен скласти: 25 % - FFP1; 11 % - FFP2; 5 % - FFP3 не менше ніж у 46 із 50 результатів окремих прав; і додатково не менше у 8 випробувачів середні арифметичні значення коефіцієнту підсмоктування не повинні перевищувати: 22 % - FFP1; 8 % - FFP2; 2 % - FFP3, відповідно. Тобто в першому випадку коефіцієнт  $h = 46/50=0,92$ , а в другому випадку 0,8. Щодо міждержавних стандартів, то величина складає  $h = 0,95$ , оскільки вони вимагають забезпечення необхідної ступені захисту для 95 % випробувачів.

Величини  $a$  і  $b$  залежать від роботи системи якості у випробувальній лабораторії: компетенції персоналу лабораторії, використання якісного обладнання з мінімальною невизначеністю вимірювань, умов проведення випробувань та ін.

Для визначення коефіцієнта  $h$  також можна скористатись публікаціями з результатами перевірки захисних властивостей різних типів сучасних фільтрувальних ЗІЗОД. Головне щоб в них містилась інформація про загальну кількість респіраторів, що випробовувались та долю тих, що забезпечили надійний захист. Наприклад, в роботі автори проаналізували захисну ефективність двадцяти фільтрувальних ЗІЗОД провідних світових виробників. Величина  $h$  встановлювалась, відповідно до очікуваного коефіцієнта захисту (ОКЗ), який дорівнює 10 або 5 (тобто любі фільтрувальні півмаски відповідно до американського стандарту “Стандарт США 29 CFR 1910.134 Respiratory protection” можна використовувати до 10 ПДК, а четвертьмаски до 5 ПДК). Наведені значення ОКЗ приблизно відповідають вітчизняним (європейським) вимогам до використання фільтрувальних півмасок першого (не більше 4 ПДК) і другого (не більше 12 ПДК) класів захисту ЗІЗОД.

Було проведено 100 випробувань, при імітуванні роботи двадцяти п'ятьма дослідниками, розподіл розмірів обличчя яких відповідає розмірам обличчя основної маси працівників, які підбираються за відповідними таблицями. Вважається, що це значно зменшує ймовірність потрапляння ЗІЗОД з неякісними ізолювальними властивостями до користувачів. Це ще одна відмінність американського і європейського підходів до перевірки якості ЗІЗОД. Результати показали, що у кращій моделі коефіцієнт захисту (КЗ) був у 99 випадках більший за очікуваний (ОКЗ=10), тобто  $h = 0,99$  тоді, як у гіршій КЗ > 10 було тільки у 44 випадках із 100 ( $h = 0,44$ ). При зменшенні величини ОКЗ до 5 суттєво покращились і показники коефіцієнта  $h$ , які знаходились в межах від 1 до 0,71. Отже, коефіцієнт  $h$  залежить від коефіцієнта захисту півмасок.

Результати обробки подібних випробовувань вітчизняних ЗІЗОД наведені в табл. 1. Вони показують що, перевірені ЗІЗОД, задовольняють вимогам стандарту ДСТУ EN 149-2002 за коефіцієнтом проникнення тест-аерозолі, який передбачає можливість відхилення незначної кількості показників захисної ефективності від затверджених вимог.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта  $h$ , які розраховані при дослідженнях півмасок класу FFP2

| Виробник / модель        | Коефіцієнт $h$ |
|--------------------------|----------------|
| Спецснаб / РПА-ТД        | 0,98           |
| Укрфільтерсервіс / Пульс | 0,98           |
| Moldex / 2002            | 0,97           |
| ФІХІЗНС і Л / Одісей     | 0,95           |

Однак, наскільки можна довіряти цим випробуванням. Деякі фахівці стверджують, що такий результат можна розповсюджувати тільки на працівників з параметрами обличчя, відповідної форми, що приймали участь у випробуваннях. У людей іншими відмінними параметрами – результат буде дещо інший. Існують дослідження, які підтверджують цей висновок [4-11]. Так, в роботі [8] було перевірено захисні властивості респіраторів на групі добровольців (без бороди і бакенбардів), яка охоплює набір характеристик обличчя типових споживачів. У результаті експерименту було отримано, що максимальне проникнення тест-аерозолі спостерігається або у випробувачів з малим або великим розміром обличчя. Тоді, як найкращий результат у випробувачів з середнім розміром.

В першому наближенні параметр  $a$  можна оцінити виходячи з розрахунку невизначеності вимірювань типу А, тоді як параметр  $b$  можна визначити — за невизначеністю вимірювань типу В.

Вважається, що значення параметру  $b$  знаходиться в діапазоні 0,01 — 0,05, тоді як величина коефіцієнта  $a$  може знаходитися в діапазоні від 0,01 % до 20 % (0 - 0,2). Використання методів дослідження з більшою погрішністю вимірювань є недоцільним, тому ці величини і використовувались в подальших дослідженнях. В таблицях 2 і 3 наведена відносну кількість працівників, які виберуть неякісний респіратор, виходячи із величини  $h$ , що задається ДСТУ EN 149 – 2003 та різних поєднань параметрів  $a$  і  $b$ .

В табл. 2 і 3 наведені результати розрахунку відносної кількості неякісних респіраторів, які потраплять на виробництво через погрішність випробувань. Бачимо, що кількість неякісних респіраторів, які можуть потрапити на виробництво, зі збільшенням погрішності методів перевірки різко зростає, тоді як погрішність вимірювань має значно менший вплив. Наприклад, на підприємстві працює 100 робітників, які користуються протипиловими респіраторами. Виходячи із нормативних показників, якщо величина  $h$  складає 0,92, а погрішність методу перевірки 10 % то 16 робітників можуть використовувати неякісний респіратор, при  $h=0,8$  їх кількість збільшиться до 27, а майже третина персоналу, у яких ризик виникнення захворювань різко

збільшиться. Тобто в цілому для підвищення кількості якісних респіраторів на виробництві необхідно мати респіратор з надійними ізолювальними властивостями і випробувальна лабораторія користувалась точними методами діагностики.

Таблиця 2

Результати розрахунку можливої частки неякісних респіраторів, які потраплять на підприємства при  $b = 0,05$  та різних значення параметру  $a$

| Значення параметру $a$ | Частка неякісних респіраторів при значенні $h$ |      |      |      |      |
|------------------------|--|------|------|------|------|
|                        | 0,95   | 0,92 | 0,9  | 0,85 | 0,8  |
| 0,05                   | 0,09   | 0,12 | 0,14 | 0,18 | 0,23 |
| 0,1                    | 0,14   | 0,16 | 0,18 | 0,22 | 0,27 |
| 0,2                    | 0,23   | 0,26 | 0,27 | 0,31 | 0,35 |

Таблиця 3

Результати розрахунку можливої кількості неякісних респіраторів, які потраплять на підприємства при  $a = 0,05$  та різних значення параметру  $b$

| Значення параметру $b$ | Частка неякісних респіраторів при значенні $h$ |      |      |      |      |
|------------------------|--|------|------|------|------|
|                        | 0,95   | 0,92 | 0,9  | 0,85 | 0,8  |
| 0,05                   | 0,09   | 0,12 | 0,14 | 0,18 | 0,23 |
| 0,1                    | 0,09   | 0,12 | 0,14 | 0,18 | 0,23 |
| 0,2                    | 0,09   | 0,12 | 0,14 | 0,18 | 0,23 |

В той же час на захисну ефективність респіраторів впливає багато різних факторів: температура повітря, вологість, режим праці, час експлуатації та інші, які суттєво можуть її зменшити. На жаль перевірок ЗІЗОД у виробничих досліджень фільтрувальних респіраторів, де можна оцінити вплив вище згаданих факторів майже не проводяться. Тоді як при лабораторних випробуваннях відтворити їх вплив не можна. Виникає задача у визначенні параметрів ЗІЗОД у виробничих умовах, які можна використовувати для реальної оцінки захисту працівників.

**Висновки.** За допомогою побудованої моделі можна визначити кількість респіраторів, які можуть потрапити на виробництво, через помилки при визначенні фільтрувальних властивостей ЗІЗОД у лабораторії. Зрозуміло, що збільшення невизначеності випробування веде до зростання кількості таких респіраторів. Отже, важливим елементом з підвищення індивідуального протипилового захисту працівників є проведення якісних випробувань респіраторів. Доцільно, постійне оновлення в лабораторіях, методів діагностики для зменшення похибок вимірювань. Крім того, покращення результатів досліджень можливе за рахунок автоматизації процедур визначення коефіцієнтів захисту, проникнення та підсмоктування ЗІЗОД. Важлива роль в цьому процесі відведена і системі якості лабораторії. Її впровадження дозволяє зменшити вплив на випробування людського чинника, несправного обладнання, умов навколишнього середовища, зовнішнього впливу та інших факторів. Вона вимагає

від керівництва лабораторії постійного контролю за своєю діяльністю через проведення внутрішніх аудитів, періодичного аналізу прийнятих рішень, роботою над невідповідностями та рекламаціями. Виникає потреба у модернізації обладнання, підбору, атестації та забезпеченні професійного зростання персоналу, заохоченні до сумлінного виконання своїх обов'язків.

#### Список літератури

1. НПАОП 0.00-4.01-08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Затверджено Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. Наказ №53 від 24.03.2008. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [p.http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0446-08](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0446-08).
2. НПАОП 0.00-1.04-07 Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання. Затверджено Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. Наказ №331 від 28.12.2007. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0285-08>
3. Тарасов В.И. Просто о непростом в использовании средств индивидуальной защиты / В.И. Тарасов, В.Е. Кошелев // Пермь: Стиль-МГ, 2007. - 280 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.  
Надійшла до редакції 19.11.13*

УДК 622.001.57

© В.Ф. Стоєцький, Л.В. Дранишников

## **ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТАХ**

Виконано аналіз методик оцінки наслідків аварії на промисловому об'єкті з викидом шкідливих та небезпечних речовин в атмосферу і оцінки наслідків вибухів на потенційно небезпечних об'єктах. Показано, що наявні методики, істотно розрізняються за точністю, складністю та глибиною опрацювання процесів формування вражаючих чинників. Надано рекомендації щодо їх практичного використання при декларуванні промислової безпеки небезпечних виробничих об'єктів.

Выполнен анализ методик оценки последствий аварии на промышленном объекте с выбросами вредных и опасных веществ в атмосферу и оценки последствий взрывов на потенциально опасных объектах. Показано, что имеющиеся методики, существенно различаются за точностью, сложностью и глубиной исследования процессов формирования поражающих факторов. Приведены рекомендации относительно их практического использования при декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов.

The analysis of methods of estimation of consequences of failure is executed on an industrial object with the troop landings of harmful and dangerous matters in an atmosphere and estimations of consequences of explosions on potentially dangerous objects. It is shown that methods are, substantially differentiate after exactness, by complication and in depth working of processes of forming of striking factors. Recommendations are given in relation to their practical using for declaration of industrial safety of dangerous production objects.