

УДК 614.89



С. І. ЧЕБЕРЯЧКО,
канд. техн. наук
(Національний гірничий
університет)



О. О. ЯВОРСЬКА,
канд. техн. наук
(Національний гірничий
університет)



Ю. І. ЧЕБЕРЯЧКО,
канд. техн. наук
(Національний гірничий
університет)

На більшості промислових підприємств фіксують перевищення нормативних показників за пиловим чинником. Це зумовлює відповідні заходи боротьби збереження здоров'я працівників.

Цілковитим усунути пил майже неможливо, крім того, процес обезпилювання потребує значних матеріальних витрат, тому згідно з чинними нормативними документами з охорони праці встановлюють санітарно-гігієнічні норми. Якщо

До питання про підвищення захисної ефективності протипилових респіраторів на виробництві

Проаналізовано заходи щодо підвищення захисту працівників під час використання протипилових респіраторів від виникнення захворювань на пилову етіологію. Наведено оцінку ефективного коефіцієнта захисту респіраторів, виходячи з фактичного часу їх експлуатації. Показано, що час використання фільтрувальних півмасок – головний елемент у системі респіраторного захисту працівників.

Ключові слова: коефіцієнт захисту, респіратор, пилове навантаження.

Контактна інформація: lenayavorskay@mail.ru

неможливо їх забезпечити, наприклад, на вугільних шахтах, визначають технічно досяжні рівні вмісту пилу в повітрі, забезпечують контроль пилового навантаження працюючих. Для захисту працівників видають засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД). Правильно вибраний фільтрувальний респіратор надійно захищає органи дихання людини. Незважаючи на те що на багатьох виробництвах використання фільтрувальних апаратів обов'язкове, кількість хворих на пневмокозюзи не зменшується.

Варто встановити чинники, що погіршують ефективність використання протипилових респіраторів у виробничих умовах. Надійність їхнього захисту залежить від декількох складових, на які треба звертати увагу, – це вміння користуватися захисним пристроєм і визначити якість складових конструкції півмаски.

Стосовно першої складової є безліч довідників, навчальних посібників та методичних рекомендацій, в яких детально описано технічні характеристики, конструкцію, принцип дії та прийоми користування поширеними вітчизняними та зарубіжними засобами індивідуального захисту органів дихання [1, 2].

Щодо визначення другої складової проводять лабораторні та виробничі до-

слідження протипилових півмасок, які показують, що основною причиною погіршення захисних властивостей респіратора є нещільності за смугою обтюратору [3].

Міра захисту протипилового респіратора залежить від чотирьох основних елементів, три з яких є загальнознаменними [1]:

- захисна ефективність фільтрів (коефіцієнт захисту, коефіцієнт проникнення, опір дихання);
- щільність прилягання півмаски до обличчя (ізолювальні властивості респіраторів, коефіцієнт підсмоктування);
- якість обслуговування;
- час використання.

Останній елемент часто ігнорують, але непостійне носіння протипилових півмасок під час виконання трудових зобов'язань погіршує захисні властивості навіть якісних засобів індивідуального захисту органів дихання [4 – 6].

З метою підтвердження останнього розглянемо вплив кожного чинника на захищеність працівників від потрапляння пилового аерозолю до легенів при використанні протипилових респіраторів. Захисна ефективність фільтрів залежить від властивостей фільтрувальних матеріалів, з яких вони виготовлені, та їх конфігурації. Вона визначається через коефіцієнт проникнення за спеці-

альними тест-аерозолями в лабораторних або виробничих умовах.

Сучасні фільтрувальні матеріали для виготовлення ЗІЗОД мають низький коефіцієнт проникнення. Насамперед внаслідок наявності електростатичного заряду на волокнах, який в десятки разів поліпшує уловлювання аерозольних частинок. А конфігурація фільтрів дає змогу забезпечити потрібну площу фільтрування в обмежених розмірах фільтрувальних коробок для збільшення захисної дії респіраторів. Для фільтрів ЗІЗОД характерні високі захисні властивості і такі показники:

- коефіцієнт проникнення за тест-аерозолями для фільтрів еластомерних півмасок становить не більш ніж 0,05 % для першого класу захисту; не більш ніж 8 % – для другого; 20 % – для третього;
- початковий опір у нормальних умовах з витратою повітря 30 л/хв не повинен перевищувати 70 Па для першого класу захисту; не більш ніж 50 Па – для другого; 40 Па – для третього.

Якщо протипиловий респіратор вибирати відповідно до умов експлуатації та вчасно міняти відпрацьовані фільтри, то його захисна ефективність становитиме 99,99 %.

Іншою важливою характеристикою ЗІЗОД є їх ізолювальні властивості. Наявність підсмоктувань нефільтрованого повітря через нещільності між півмаскою і обличчям погіршує захист. Складність забезпечення високих ізолювальних властивостей полягає у різноманітті антропометричних особливостей облич людей, тому в нормативних документах вказують, що коефіцієнт підсмоктування півмасок за смугою обтюрації має бути не більш ніж 2 %. Однак навіть у якісних респіраторах з'являються витіки при невідповідному виборі, неналежному розміщенні півмаски на обличчі, неправильній фіксації оголів'я (призводить до нерівномірного розподілу притискових зусиль за смугою обтюрації). Крім того, через невміння користуватися ЗІЗОД під час виконання робіт, особливо з нахилом тулуба, можливе сповзання півмаски та поява додаткових зазорів у просторі під маскою.

Рекомендують кожному працівнику перевіряти вибраний респіратор на герметичність для зменшення потрапляння шкідливих аерозолів у підмасковий простір за смугою обтюрації. Наприклад, для еластомерних півмасок – це перевірка надлишковим тиском або розрідженням; для фільтрувальних – слід закрити всю поверхню руками і зробити декілька вдихів-видихів, якщо відчувається рух повітря біля обтюра – півмаска не підходить. Є і точніші методи визначення нещільностей з використанням різних безпечних для людини аерозолів (сахарин, бітрекс), які розпилюють навколо респіратора. Головне, щоб їх використовували під час вибору ЗІЗОД на виробництві. Якщо результат задовільний, то кількість шкідливої речовини, яка може потрапити до легенів людини оминаючи фільтри, буде мінімальною.

Якісне обслуговування респіраторів – запорука їх високих захисних властивостей. Щоб респіратор тривалий час функціонував, треба виконувати інструкції виробника, в яких наведено інформацію про перевірку респіраторів на наявність

несправностей і пошкоджень, очищення та дезінфекцію, ремонт та особливості їх зберігання.

Перевірка фільтрувальних респіраторів у виробничих умовах потребує від працівників перед їх використанням переконатись у відсутності бруду, тріщин, зношеності або викривлення при неправильному зберіганні. Треба звернути увагу на працездатність клапанів видиху, щоб уникнути перебоїв у їх роботі (прилипання до сідловини, неможливість закривання). Навіть незначне їх засмічення призведе до погіршення герметичності та появи додаткових підсмоктувань. Важливо переконатись у правильності розташування фільтра у фільтрувальній коробці, відсутності в нього пошкоджень, правильному приєднанні його до півмаски. Також оглядають оголів'я, щоб переконатись у відсутності пошкодження стрічок та у забезпеченні потрібних притискових зусиль.

Працівники протягом виробничого процесу часто знімають респіратори з метою зменшення небезпеки, очищення або зміни фільтрів тощо. Дослідження з визначення ефективності використання протипилових респіраторів у виробках вугільних шахт показали, що навіть добровольці, яких попередили про заборону знімати півмаски під час експерименту, їх знімали [7].

Так, хронометричні заміри часу перебування гірників у респіраторах під час виконання виробничих завдань свідчать про їх використання близько 80 – 85 % загального часу робочої зміни [8]. Це призводить до значного погіршення захисного ефекту ЗІЗОД. Доведемо це, виходячи з розрахунку пилового навантаження працівників:

$$P = CQt/K_3, \quad (1)$$

де P – пилове навантаження, мг;
 C – концентрація пилу, мг/м³;
 Q – об'єм легеневої вентиляції, м³/хв;
 t – тривалість робочої зміни, хв;
 K_3 – коефіцієнт захисту.

Наприклад, припустимо, що протипиловим респіратором РПА ($K_3 = 100$) протягом однієї години користувалися 80 % часу при концентрації пилу 10 мг/м³ та витраті повітря при диханні 0,03 м³/хв. Таку незначну концентрацію пилу для проведення розрахунків взяли навмисно, оскільки працівники часто не одягають респіратори при незначній запиленості повітря. Кількість пилу, який би потрапив у легені, становить 3,74 мг (у першій частині формули визначається пилове навантаження гірника під час використання респіратора 48 хв з урахуванням $K_3 = 100$, а у другій частині формули розраховується пилове навантаження гірника за час без респіратора – 12 хв):

$$P = (10 \cdot 0,03 \cdot 48) / 100 + 10 \cdot 0,03 \cdot 12 = 3,74 \text{ мг.}$$

Якщо час користування респіратором збільшити до 95 % протягом години, то пилове навантаження зменшиться до 1,07 мг:

$$P = (10 \cdot 0,03 \cdot 57) / 100 + 10 \cdot 0,03 \cdot 3 = 1,07 \text{ мг.}$$

Оцінимо, наскільки погіршиться коефіцієнт захисту респіратора з урахуванням проміжку часу, коли його не вико-

Коефіцієнт захисту респіра- тора, визначений у ла- бораторних умовах, $K_3^{лаб}$	Час використання ЗІЗОД за зміну, %			
	80	90	95	100
15	3,95	6,25	8,82	15
25	4,31	7,35	11,36	25
50	4,63	8,47	14,49	50
100	4,81	9,17	16,81	100
500	4,96	9,82	19,27	500
1000	4,98	9,91	19,63	1000

ристовували. Так, коефіцієнт захисту респіратора характеризує кратність зниження концентрації шкідливої речовини і визначає умови, за яких гарантується надійний захист людини. Його встановлюють за лабораторними випробуваннями фільтрів і півмасок і розраховують за формулою

$$K_3^{лаб} = 100 / (K_{п} + K_{пдс}), \quad (2)$$

де $K_{п}$ – коефіцієнт проникнення фільтрів;
 $K_{пдс}$ – коефіцієнт підсмоктування за смоугою обтюрації.

У виробничих умовах можна оцінити ефективний коефіцієнт захисту респіратора, виходячи з фактичного часу його експлуатації, за виразом

$$K_3^o = t_3 / [(t_1 / K_3^{лаб}) + t_2], \quad (3)$$

де K_3^o – ефективний коефіцієнт захисту респіратора на робочому місці;

t_3 – загальний час робочої зміни, хв;

t_1 – загальний час перебування працівника в респіраторі за робочу зміну, хв;

t_2 – загальний час перебування працівника без респіра-
тора за робочу зміну, хв.

Визначимо реальну захисну ефективність респіратора РПА з урахуванням фактичного часу його експлуатації.

У першому випадку при 80 % використання півмаски за одну годину ефективний коефіцієнт захисту респіратора становить

$$K_3^o = 60 / [(48/100) + 12] = 4,81.$$

У другому випадку при 95 %

$$K_3^o = 60 / [(57/100) + 3] = 16,81.$$

Міра захисту працівників значно знизилася порівняно з початковим показником коефіцієнта захисту. Така ситуація збільшує ймовірність виникнення захворювань на пилову етіологію, оскільки не враховує можливе зменшення захисних властивостей ЗІЗОД під час визначення пилового навантаження працівників. У таблиці наведено результати розрахунків ефективного коефіцієнта захисту за різної захисної ефективності респіраторів від фактичного часу перебування у ЗІЗОД.

З таблиці видно, що протипилові респіратори з високо-ефективними фільтрувальними елементами при щільному приляганні до обличчя не гарантують надійного захисту працівників без їх постійного використання, тобто немає сенсу

у виборі ЗІЗОД з низьким коефіцієнтом проникнення, яким незручно користуватись (важко дихати, говорити або виконувати певні трудові обов'язки), оскільки його періодично зніматимуть, тим самим погіршуючи ефективний коефіцієнт захисту. В той же час можна підібрати півмаску з невисокою мірою захисту, але вона буде зручною і фактичний час її експлуатації буде значно більшим, що дасть змогу отримати такий самий ефективний коефіцієнт захисту, як і у першому випадку.

Важливо, щоб працівники користувалися респіраторами протягом усєї робочої зміни. Для цього ЗІЗОД мають бути зручними, не спричиняти різкого збільшення додаткового навантаження і бути обладнаними переговорними мембранами. Також слід дати змогу робітнику обирати півмаску з декількох моделей. Головне, щоб користувачі ЗІЗОД зрозуміли потребу постійного їх носіння.

Висновки. До основних елементів, які забезпечують високу захисну ефективність респіратора, належать ефективність фільтрів, надійність смуги обтюрації і своєчасне обслуговування. Однак, якщо постійно протягом робочої зміни респіратор не використовувати, то ці чинники мало впливають на міру захисту працівників. Збільшення фактичного часу використання респіратора з 80 до 95 % дає змогу суттєво підвищити ефективний коефіцієнт захисту. Треба, аби кожен працівник міг вибрати найзручніший протипиловий респіратор для збільшення фактичного часу його експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кириллов В. Ф. О средствах индивидуальной защиты органов дыхания работающих (обзор литературы) / В. Ф. Кириллов, А. А. Бунчев, А. В. Чиркин // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 4. – С. 25 – 31.
2. Басманов П. И. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: справ. рук-во / П. И. Басманов, С. Л. Каминский, А. В. Коробейников, М. Е. Трубицына. – СПб.: Искусство России, 2002. – 399 с.
3. Тарасов В. И. Просто о непросом в использовании средств индивидуальной защиты / В. И. Тарасов, В. Е. Кошелев. – Пермь: Стиль-МГ, 2007. – 280 с.
4. Spear Terry M. An Effective Protection Factor Study of Respirators Used by Primary Lead Smelter Workers / Spear Terry M. James DuMond, Carrie Lloyd, James H. Vincent // Applied Occupational and Environmental Hygiene. – 2000. – Vol. 15. – P. 235 – 239.
5. Wu Ming-Tsang. Assessment of the Effectiveness of Respirator Usage in Coke Oven Workers / Wu Ming-Tsang // American Industrial Hygiene Association Journal. – 2002. – Vol. 63. – № 1. – P. 72 – 75.
6. Боллинджер Н., Шюц Р. Руководство по применению респираторов в промышленности NIOSH // Электронный ресурс <http://www.cdc.gov/niosh/docs/87-116/pdfs/87-116.pdf>
7. Пылевая обстановка и заболеваемость пневмокозиозом на шахтах Украины / Э. Н. Медведев, О. И. Кашуба, Б. М. Кривохижа, С. А. Крутенко. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 2005. – 205 с.
8. Голінько В. І. Порівняльні дослідження захисної ефективності фільтрувальних респіраторів у лабораторних і виробничих умовах / В. І. Голінько, С. І. Чеберячко, Ю. І. Чеберячко, М. М. Наумов // Науковий вісник НГУ. – 2014. – № 1. – С. 23 – 28.