

УДК
 614.89

ЛАРИСА ТРЕТЯКОВА, НАТАЛІЯ КАЧИНСЬКА
 НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря
 Сікорського», Україна

СПОСІБ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ РЕСПІРАТОРІВ

Мета. Вибір конструкції та розмірів наголів'я фільтрувального респіратора, які дають можливість надійно захистити органи дихання працівників впродовж всього періоду використання.

Ключові слова: фільтрувальний респіратор, наголів'я, еластична стрічка, подовження.

Постановка завдання. Важливою умовою захисту органів дихання користувачів протипилових фільтрувальних респіраторів (ФР) є щільне прилягання півмаски до обличчя користувача. Часта процедура «знімання/одягання» ФР упродовж робочої зміни під час виконання професійних завдань призводить до погіршення їх захисних властивостей через розтягування та появу залишкової деформації еластичних стрічок наголів'я. Основне завдання – встановлення аналітичної залежності між зміною площі стрічок наголів'я, зусиллям натягу лицьової півмаски та величиною підсмоктування повітря за смугою обтюрації.

Методи дослідження. Метод планування експерименту застосовано для визначення математичної моделі процесу, яка дає змогу вибрати геометричні розміри еластичних стрічок наголів'я і забезпечити нормований коефіцієнт захисту.

Результати досліджень. Надійність захисту органів дихання користувачів ФР залежить від властивостей фільтрувальних матеріалів і щільності прилягання лицьової півмаски, яка може змінюватися в ході використання. Застосування фільтрувального респіратора є доцільним та ефективним у разі, якщо коефіцієнт захисту відповідає нормованим значенням. Коефіцієнт захисту K_3 ФР визначають за формулою:

$$K_3 = \frac{Q_0}{Q_n}, \quad (1)$$

де Q_0 – загальна витрата повітря під час дихання; Q_n – об'єм підсмоктування повітря на смузї обтюрації. Як випливає з ф (1), захисні властивості ФР упродовж гарантовано терміну використання визначаються величиною

об'ємом підсмоктування на смузі обтюрації, який не повинен перевищувати 2 % забрудненого зовнішнього повітря.

На просочування часток пилу через смугу обтюрації впливають процеси «одягання-знімання», зсування маски через змінення робочих положень та рухів голови, унаслідок чого змінюються зусилля притискання лицевої півмаски. Зменшення зусилля натягу наголів'я призводить до появи щілин, через які в підмасковий простір проникає забруднене повітря, знижуючи захисні властивості ФР.

Вибір параметрів стрічок у наголів'я передбачає встановлення аналітичних залежностей між основними чинниками, які впливають на захисні властивості та надійність ФР [1]. У статті завдання вирішено з використанням методів теорії планування експериментів Метод планування експерименту застосовано до визначення інтерполяційних (регресійних) залежностей між об'ємом підсмоктування повітря на смузі обтюрації, змінення площі стрічки наголів'я та зусиллям натягу лицевої маски. Схема об'єкта дослідження (елементів наголів'я ФР) представлена як трифакторна з двома вхідними та одним вихідним параметрами (рис. 1).

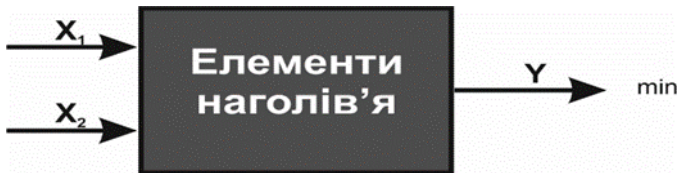


Рис. 1. Розрахункова схема елементів ФР

Встановлено, що під час багаторазової процедури «одягання- знімання» стрічка наголів'я розтягається за довжиною і відповідно відбувається приріст загальної площі стрічки. За результатами експериментальних випробувань відібрано групу факторів і визначено керовані змінні: об'єм підсмоктування повітря в підмасковий простір – $X_1 \rightarrow Q_{\text{п}} \text{ (см}^3 \text{) / хв}$); розрахунковий приріст площі стрічки наголів'я – $X_2 \rightarrow \Delta S \text{ (мм}^2 \text{)}$; зусилля натягу наголів'я – $Y \rightarrow F \text{ (Н)}$. Розрахунок додаткової площі стрічки у ході багаторазової процедури «одягання- знімання» визначено за формулою:

$$\Delta S = A \cdot \Delta L, \quad (2)$$

де ΔS – приріст площі еластичної стрічки, мм^2 ; A – ширина стрічки, мм ; ΔL – подовження стрічки у ході експериментів, мм .

Метод планування експерименту дає можливість аналітично визначити параметри математичної моделі та їх подальшого коригування за результатами натурних випробувань. Послідовність алгоритму передбачає

цілеспрямоване змінення значень вхідних параметрів за одночасного експериментального визначення вихідного параметру. Модель побудована за таких припущень:

- вхідні параметри змінюються на двох рівнях – верхньої та нижньої межі встановленого інтервалу. Кодові позначення такі: $X_{\max} \leftrightarrow (+1)$; $X_{\min} \leftrightarrow (-1)$;
- дискретні кроки змінення є цілочисловими значеннями, які охоплюють увесь діапазон вхідних параметрів;
- ступінь полінома обмежена першим порядком, виходячи з характеру перетину поверхонь експериментальних значень відгуку та похибки апроксимації математичної моделі.

Натурні випробування ФР з трьома видами еластичних стрічок здійснено на спеціальній лабораторній установці з манекенами за методами, наведеними у стандарті [2].

Таблиця 1 – Результати вимірів

Номер / ширина стрічки, мм	Подовження стрічки, мм / залишкове зусилля натягу стрічок, Н для п'яти циклів «одягання-знімання»					Об'єм підсмоктаного повітря, min/max (см ³) / хв);
	1 цикл	3	5	8	10	
1/ 5	1,2/7,1	1,5/7,2	1,9/7,1	2,1/7,2	2,2/7,2	95/ 165
2/ 6	1,1/6,7	1,4/6,8	1,6/6,7	1,8/6,5	1,8/6,6	95/ 118
3/ 7	0,8/6,2	1,1/6,1	1,3/6,2	1,5/6,6	1,5/6,4	95/ 104

Рівняння функції відгуку будемо шукати у вигляді лінійної функції двох змінних

$$Y = B_0 X_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2. \quad (4)$$

У такій моделі кількість експериментів становить 4, кількість вхідних параметрів – 2, кількість невідомих коефіцієнтів – 3. Коефіцієнти B_i визначено за методом найменших квадратів [3]. Загальний вид системи рівнянь для визначення невідомих коефіцієнтів математичної моделі має вигляд:

$$b_0 \sum_{i=1}^n X_0 Y_{ji} + b_1 \sum_{i=1}^n X_{1i} Y_{ji} + b_2 \sum_{i=1}^n X_{2i} Y_{ji} = \sum_{i=1}^n X_{ij} Y_{ji}; \quad (5)$$

де X_{ji} – значення j -го фактору в i -му досліді; Y_{ji} – значення j -го відгуку в i -му досліді; Y_i – значення відгуку в i -му досліді; X_0 – умовний фактор $X_0 = 1$; $j = 0,1,2$; $i = 4$.

Рівняння функції відгуку Y_p за результатами моделювання набувають вигляду (табл. 2)

Таблиця 2 – Регресійні залежності об'єму підсмоктування повітря

Номер стрічки	Коефіцієнти функції відгука			Вид регресійної залежності
	B_0	B_1	B_2	
1	218,5	3,14	-27, 3	$Q_{п} = 218,5 + 3,14\Delta S - 27,25F$
2	165,3	1,25	-15, 5	$Q_{п} = 165,3 + 1,25\Delta S - 15,5F$
3	231,8	0,36	- 6,5	$Q_{п} = 131,8 + 0,36\Delta S - 6,5F$

Наявність аналітично виражених залежностей між основними параметрами наголів'я, які визначають ефективність і надійність захисту дихання (конструкція наголів'я, притискна сила півмаски до обличчя користувача, об'єм підсмоктування повітря на смузі обтюрації) дають змогу вибрати оптимальні розміри ФР у ході конструювання.

Висновок. Запропоновано підхід для вибору геометричних розмірів еластичних стрічок наголів'я ФР за критерієм залежності їх геометричної форми і зусилля натягу, який забезпечить допустимий рівень просочення забрудненого повітря у підмасковий простір у ході багаторазового процесу «знімання/одягання» ФР. Побудована математична модель, яка описує процес впливу подовження параметрів еластичних стрічок наголів'я на захисні властивості респіратора.

Література

1. Третьякова Л.Д. Метод оцінки надійності складних засобів захисту. *Інформаційний бюлетень з охорони праці*. 2010. №3 (57). 29–31.
2. ДСТУ EN 529:2006. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Рекомендації щодо вибору, використання, догляду і обслуговування. Настанова (EN 529:2005, IDT) [Чинний від 207-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2006. 16 с.
3. Гришук Ю.С. Основи наукових досліджень: нав. посіб. Харків, Видавничий центр НТУ «ХП», 2008. 242 с. Режим доступу: <http://web.kpi.kharkov.ua/ea/wp-content/uploads/sites/25/2017/02/OND-Ukr.pdf>