

УДК 614.89

До питання про розрахунок багат шарових фільтрів респіраторів

Розглянуто процес формування пилового осаду на багат шаровому фільтрі. Запропоновано методику розрахунку багат шарових фільтрів, яка сприяє забезпеченню максимальної пиломісткості й мінімального перепаду тиску при варіюванні діаметрів волокон шарів та їх товщини. Згідно з результатами експериментальних досліджень запиленості виготовлених двох шарових зразків максимальна кількість пилу осідає на фільтрах, щільність упакування яких міститься в діапазоні 0,03–0,06. Розраховано параметри нової багат шарової фільтрувальної півмаски зі збільшеною пиломісткістю.

Ключові слова: респіратор, коефіцієнт захисту фільтра, СЗОД, професійні захворювання, аерозольний фільтр, пиломісткість.

Контактна інформація: lenayavorskay@mail.ru

Актуальність. Високоєфективний аерозольний фільтр – це пристрій, у якому вдихуване повітря просочується крізь фільтрувальний матеріал, який затримує аерозольні частинки за допомогою декількох механізмів уловлювання і поступово накопичує їх осад у своєму об'ємі. Водночас перепад тиску аерозольних частинок зростає і при високих концентраціях пилу в робочій зоні фільтра його ергономічні властивості погіршуються. Тож збільшення тривалості захисної дії протипилових респіраторів у складних умовах експлуатації гірничих підприємств є актуальним.

Проблема збільшення пиломісткості фільтрів, а отже, і тривалості їх захисної дії виникла вже з появою перших пристроїв для захисту органів дихання. Нині важливого значення набуває завдання збільшення ресурсу високоєфективних поліпропіленових фільтрів, що широко використовуються для виготовлення засобів індивідуального захисту органів дихання шахтарів.

Постановка проблеми. Загально визнаний шлях розв'язання цієї проблеми – виготовлення фільтрів з різною щільністю упакування волокон за товщиною. Це дає змогу мінімізувати зростання перепаду тиску під час уловлювання аерозолів. Якщо щільність упакування волокон однорідна за товщиною, то пиловий осад розподіляється нерівномірно. Найбільше пилу концентрується на зовнішньому шарі фільтра, унаслідок чого ресурс його використання зменшується. Змінюючи щільність упакування або радіус волокон, можна значно підвищити пиломісткість і строк експлуатації фільтра. Однак у методиках розрахунку багат шарових фільтрів умови їх експлуатації не враховуються [1–3]. Отже, постає завдання визначити основні характеристики поліпропіленових фільтрувальних шарів – радіус волокон, товщину фільтрувального шару, щільність упакування – для забезпечення рів-



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



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



Д. І. РАДЧУК,
канд. техн. наук
(Національний гірничий університет)



М. О. ЗІБОРОВА,
магістр
(Національний гірничий університет)

номірного розподілу пилового осаду на багатошарових фільтрах.

Більшість дослідників, розраховуючи параметри фільтрувальних матеріалів, виходили тільки із зазначеної ефективності захисту, яку має забезпечити фільтр. Наприклад, у праці [1] автори з формул для оцінки перепаду тиску зразка фільтрувального матеріалу й коефіцієнта проникнення виділили спільну частину, яку назвали сумарною поверхнею волокон фільтрувального матеріалу, і встановили зв'язок між двома величинами. Це й дало змогу отримати параметри фільтрувального шару. Інші вчені розраховували оптимальний радіус волокон двошарових фільтрів для встановлення механізму осідання пилових частинок на волокні, що дало змогу врахувати їх вплив на коефіцієнт проникнення та опір диханню [2, 3]. Також є праці, у яких розглядаються питання підвищення пиломісткості фільтрів за збереження необхідної ефективності фільтрації. Деякі науковці пропонують змінювати щільність упакування волокон за товщиною фільтра [4], проте розрахунки ґрунтуються тільки на концентрації пилу в робочій зоні.

Мета дослідження – розробка методу розрахунку основних параметрів багатошарових фільтрів залежно від умов експлуатації для мінімізації опору диханню.

Результати досліджень. Розглянемо метод розрахунку багатошарових фільтрів на прикладі двошарового (рис. 1). Сформулюємо завдання: знайти такі параметри фільтрувальних шарів, для яких кількість частинок, що осіли в системі, буде максимальною саме тоді, коли перепад тис-

ку досягне гранично допустимого значення (за умови, що задано коефіцієнт захисту фільтра).

Уважатимемо, що площі двох фільтрів і швидкості фільтрування є однаковими; для забезпечення максимальної тривалості захисної дії можна змінювати радіуси чистих волокон, щільність їх упакування і товщину фільтрувального шару.

Оскільки попередній фільтр характеризується більшою захисною ефективністю E_1 , ніж фінішний, то на його лобовій поверхні швидко зростає шар пилового осаду. За таких умов об'ємне фільтрування відсутнє. Це дає змогу визначити перепад тиску на фінішному фільтрі як суму початкового перепаду тиску Δp_2 і перепаду тиску на пиловому осаді, що формується на його поверхні $\Delta p_{2п}$. Тоді повний перепад тиску на двошаровому фільтрі можна визначити за формулою [5]

$$\Delta p_{\phi} = \begin{cases} \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_{2п}, & t < t'; \\ \Delta p_1 + \Delta p_{1п} + \Delta p_2 + \Delta p_{2п}, & t > t', \end{cases} \quad (1)$$

де Δp_1 і Δp_2 – перепади тиску на попередньому і фінішному фільтрах, Па;

$\Delta p_{1п}$ – перепад тиску шару пилового осаду, що утворюється на поверхні попереднього фільтра після закінчення об'ємного забивання пилом, Па;

t – загальний час заповнення, с;

t' – час, коли на поверхні попереднього фільтра починає формуватися пиловий осад, с.

Перепад тиску на фінішному фільтрі розраховується за формулою [6]

$$\Delta p_2 = 4\mu\beta H v / [a^2 k_0(\beta)], \quad (2)$$

де μ – динамічна в'язкість повітря, Па·с;

β – щільність упакування волокон;

H – товщина фільтрувального шару, м;

v – швидкість фільтрування, м/с;

a – середній радіус волокон у фільтрі, м;

$k_0(\beta)$ – коефіцієнт опору фільтрувального шару, який для поліпропіленових волокон розраховується за формулою [7]

$$k_0(\beta) = 4\pi / (-0,5 \ln \beta - 1,15).$$

Перепад тиску на пиловому осаді, що утворюється під час фільтрування, визначаємо за формулою [8]

$$\Delta p_{2п}(t) = 3\mu v H_{п}(t) k_0(\beta_1) / (2\pi r_{ч} a_r^2), \quad (3)$$

де $H_{п}(t)$ – товщина пилового шару, м, що визначається як волокнистий еквівалент, у якому довжина волокон відповідає кількості частинок, що осіли на їх поверхні,

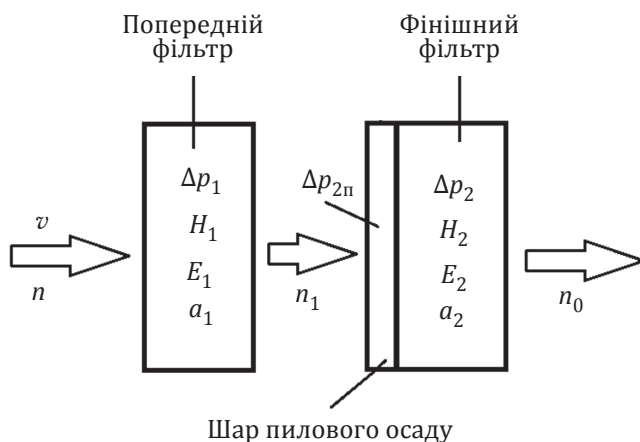


Рис. 1. Схема двошарового фільтра.

$$N_{\text{п}}(t) = 2\pi a_r^3 N(x, t) / \beta_1;$$

β_1 – щільність волокон з налиплим пилом,

$$\beta_1(x, t) = \beta + 8\pi a_r^3 N(x, t);$$

$\rho_ч$ – щільність аерозольної частинки, м³/кг;

$N(x, t)$ – кількість частинок, що осіли за час t на одиниці об'єму фільтра на глибині x ;

a_r – середній радіус частинок, що осіли, м.

Перепад тиску на попередньому фільтрі з урахуванням накопичення пилового осаду визначається за формулою [5]

$$\Delta p_1(x, t) = 4\mu v \beta / (\pi d^2) \int_0^H F[\beta_1(x, t), N(x, t)] dx, \quad (4)$$

де d – діаметр волокон фільтра, м;

F – сила, що діє на одиницю довжини волокна й залежить від часу t і товщини фільтрувального шару x , кількості частинок N , що осіли на поверхні волокна, і щільності упакування волокон β_1 .

Оскільки захисна ефективність усього фільтра визначається здебільшого внутрішнім шаром, то його радіус волокон можна визначити з рівняння [9]

$$\eta(a) / (\pi a_2) = - [\ln K_{\text{п}} / (2a_2 H)], \quad (5)$$

де η – сумарний коефіцієнт уловлювання аерозольних частинок;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт проникнення попереднього фільтра.

Параметри зовнішнього фільтра визначаються з урахуванням значення перепаду тиску й без урахування значення захисної ефективності.

Повний об'єм частинок пилу, що осіли на деякій площі фільтра, можна визначити за формулою [2]

$$V = V_p n v t = \pi \beta_1 a_r t. \quad (6)$$

де V_p – об'єм аерозольних частинок, м³;

n – концентрація аерозольних частинок, мг/м³.

Імовірну кількість пилу, що осідатиме на фільтрі респиратора за відомої запиленості повітря, розрахуємо за формулою [3]

$$P_{\text{ф}} = C Q t / S, \quad (7)$$

де $P_{\text{ф}}$ – пиломісткість, мг/м²;

C – загальна концентрація пилу, мг/м³;

Q – об'єм легеневої вентиляції, м³/хв;

t – тривалість робочої зміни, хв;

S – площа фільтра, м².

Використовуючи ці формули, можна визначити радіуси волокон фільтрувальних матеріалів, що забезпечать мінімальний перепад тиску до кінця робочої зміни.

На рис. 2 зображені криві $\Delta p(P_{\text{ф}})$, розраховані для умов фільтрування вугільного пилу із середнім розміром частинок 10 мкм при швидкості повітряного потоку $v = 1,5$ м/с зі щільністю упакування волокон $\beta = 0,05$ і товщиною $H = 6$ мм для різних діаметрів волокон ($d = 2; 3,5$ і 5 мкм). Горизонтальні лінії відповідають заданим перепадам тиску в системі. Ділянки кривих 1, 2, 3 до перетину їх з горизонтальними лініями характеризують об'ємний процес фільтрування першого шару. Якщо ці криві збільшимо на значення $\Delta p_{2\text{п}}$, отримаємо повний перепад тиску системи.

З рис. 2 випливає, що для заданого перепаду тиску існує таке значення радіуса волокон попереднього фільтра, за якого кількість пилу буде більшою, ніж в інших системах. Точки перетину кривих відповідають початку формування шару пилу, що осідає на поверхні фільтра. Отже, попередній фільтр працює тільки в режимі об'ємного фільтрування. Збільшення розміру волокон зовнішнього шару призведе до швидкого зростання опору повітряного потоку внутрішнього шару внаслідок швидкого забивання поверхні крупними частинками. І навпаки, зменшення радіуса волокон попереднього фільтра призведе до швидкого зростання його опору через утворення на поверхні пилового шару.

На рис. 3 показано взаємозв'язок між радіусом волокон і очікуваною пиломісткістю фільтрувального шару з урахуванням розміру аерозольних частинок, що осіли на поверхні фільтра. Знаючи потрібну пиломісткість і розміри частинок пилу, які вловлюються, можна вибрати волокна з оптимальним радіусом. Так, для одержання заданої кількості пилу, що осів на фільтрі, зі зростанням розмірів аерозолі треба збільшувати діаметр волокон. З іншого боку, радіус волокон

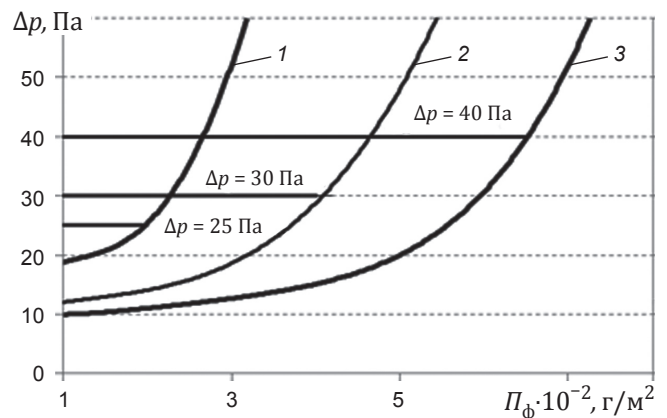


Рис. 2. Залежність перепаду тиску Δp від пиломісткості $P_{\text{ф}}$ фільтра за різних діаметрів волокон: 1 – $d = 2$ мкм; 2 – $d = 3,5$ мкм; 3 – $d = 5$ мкм.

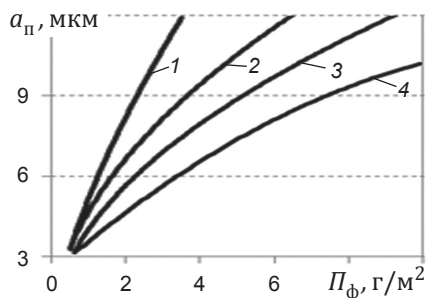


Рис. 3. Залежність радіуса волокон a_n попереднього фільтра від його пиломісткості P_ϕ з різним розміром аерозольних частинок, що осіли на його поверхні: 1 – $r_n = 5$ мкм; 2 – $r_n = 2$ мкм; 3 – $r_n = 1$ мкм; 4 – $r_n = 0,5$ мкм.

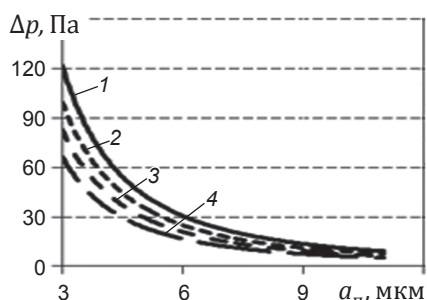


Рис. 4. Залежність перепаду тиску Δp попереднього фільтра від радіуса волокон a_n при осіданні аерозольних частинок різного радіуса: 1, 2, 3 і 4 – 5; 2; 1 і 0,5 мкм.

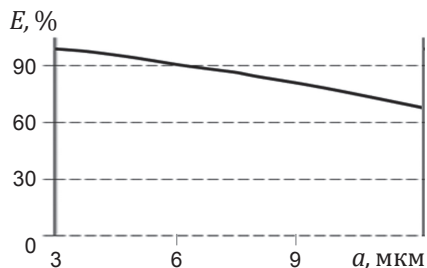


Рис. 5. Залежність ефективності фільтрації E шару фільтрувального матеріалу від радіуса волокон a .

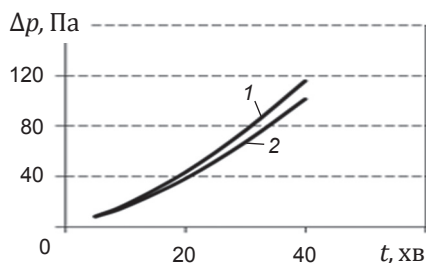


Рис. 6. Залежність перепаду тиску Δp від часу t у двошаровому фільтрі: 1 – попередньому фільтрі; 2 – фінішному фільтрі.

попереднього фільтра має бути не менш як 6 мкм. З рис. 4 видно, що в такому разі розміри аерозольних частинок на перепад тиску впливають неістотно.

Після встановлення оптимального радіуса волокон попереднього фільтра оцінюємо його коефіцієнт проникнення за формулою [11]

$$K_n = \exp[-2\beta H\eta/(\pi a)]. \quad (8)$$

Потім для розрахунку пиломісткості фінішного фільтра визначаємо концентрацію пилового аерозолю C_n після попереднього фільтра за формулою

$$C_n = K_{1n} C, \quad (9)$$

де K_{1n} – коефіцієнт проникнення аерозолю крізь попередній фільтр.

Зазначимо, що концентрація пилу значно впливає на діаметр волокон фільтрувального матеріалу. Тому виконані розрахунки орієнтовані на типовий розподіл дисперсного складу вугільного пилу. Завдання полягає в тому, щоб визначити оптимальний розмір волокон для вловлювання передусім вугільного пилу й забезпечення максимального строку експлуатації фільтра на гірничих підприємствах.

За концентрацією пилу в повітрі робочої зони визначаємо пиломісткість попереднього шару фільтра за час t . За рис. 3 і 4 встановлюємо радіус волокна, який забезпечить найбільшу пиломісткість. Потім, визначившись із щільністю упакування і товщиною фільтрувального шару (для поліпропіленових фільтрів $\beta = 0,05$; $H = 6$ мм), розраховуємо ефективність фільтрації за формулою (8) і концентрацію пилового аерозолю після попереднього шару за формулою (9). За формулою (4) встановлюємо зміну перепаду тиску на зовнішньому шарі за обраний час t .

Радіус волокон фінішного фільтра розраховуємо, урахувавши задану ефективність фільтрації респіратора, за формулою (8) або за рис. 5. Потім розраховуємо пиломісткість фінішного фільтра за такой самий час t за формулою (7). Уточнивши радіус його волокон за формулою (8), встановлюємо приріст перепаду тиску, що створить на фільтрі осілий шар пилу. Порівнявши отримані значення з перепадом тиску на попередньому фільтрі, зробимо висновок щодо правильності розрахунків. Радіуси волокон попереднього і фінішного фільтрів мають бути такими, щоб перепад тиску на обох фільтрах збільшився однаково (рис. 6).

Для розрахунку параметрів двошарових поліпропіленових фільтрів із загальною площею фільтрації 50 см^2 при концентрації вугільного пилу 100 мг/м^3 , для заданої ефективності фільтрації $E = 99,99 \%$ використано такі вихідні дані:

| | |
|--|---------------------|
| Діаметр аерозольних частинок d_p , мкм | 3,0 |
| Початкова щільність упакування волокон попереднього фільтрувального шару β | 0,05 |
| Початкова швидкість фільтрування v_0 , м/с | 0,015 |
| Товщина попереднього фільтрувального шару H , мм | 4 |
| Початкова концентрація аерозольних частинок n_0 , мг/м ³ | 100 |
| Сумарний коефіцієнт уловлювання аерозольних частинок η | $3,3 \cdot 10^{-2}$ |
| Коефіцієнт проникнення аерозолю K_n | 0,01 |
| Час запилення, с | 1800 |
| Константа b , м ⁻¹ | 42 |

Результати розрахунків двошарових фільтрів наведено в табл. 1.

Для заданих умов отримали оптимальні радіуси волокон попереднього ($a = 6,5$ мкм) і фінішного ($a = 2,5$ мкм) фільтрів, що забезпечить найкращі характеристики фільтра за пиломісткістю.

Пиломісткість фільтрів або зразків фільтрувальних матеріалів вимірювали за тест-аерозолями вугільного пилу [12]. Кількість пилу, що осів, визначали гравіметричним методом. Загальний вигляд і схему установки наведено на рис. 7 і 8, методику проведення досліджень – у ДСТУ EN 149.

Випробувальний стенд працює так. Повітря під тиском від компресора через фільтр попереднього очищення 1 потрапляє на стабілізатор 2 (див. рис. 8). Кількість повітря регулюють вентилем 4 і контролюють манометром 3, ураховуючи перепад тиску на каліброваній діафрагмі 6.

Для утворення пилового аерозолю із заданим дисперсним складом у вібраційний генератор 7 подається 2–10 $\text{дм}^3/\text{хв}$ пилу. Вібраційний гене-

ратор пилу – це сталевий стакан із впускним і випускним штуцерами, у який завантажують попередньо подрібнені куски вугілля загальною масою близько 100 г. Унаслідок вібрації камери відбувається інтенсивне їх самоподрібнення до пилового стану. Для прискорення подрібнення передбачено завантаження в камеру генератора пилу сталевих шарів діаметром 10–15 мм. Потім пилова суміш подається у випробувальну камеру 9, де розміщено фільтр 11. Повітря, яке відбирається під фільтром за допомогою аспіратора 14 з витратою 95, 30 або 15 $\text{дм}^3/\text{хв}$, що контролюється діафрагмою 6, відводиться через алонж з аналітичним фільтром АФА 13. Зміна перепаду тиску під час накопичення пилового осаду фіксується за показниками мікроманометра 12.

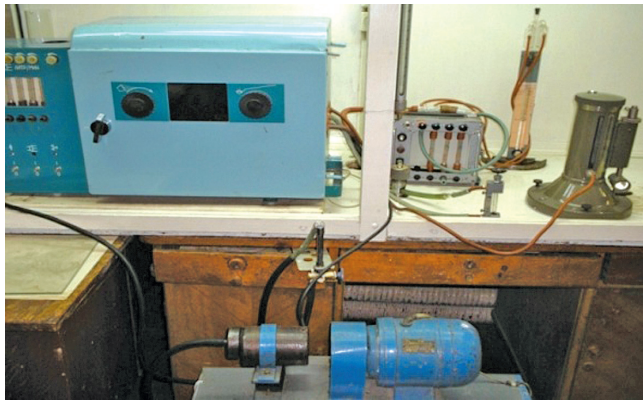
Концентрацію пилу в камері визначають за допомогою іншого аналітичного фільтра 10 і аспіратора 14 за формулою

$$C = 1000(M_1 - M_2)/(Qt), \quad (10)$$

де C – концентрація пилу в камері, $\text{мг}/\text{м}^3$;

Таблиця 1

| Час роботи фільтра t , хв | Попередній фільтр | | | Фінішний фільтр | | | Сумарна пиломісткість фільтра, $\text{г}/\text{м}^2$ | Сумарний перепад тиску на фільтрі, Па |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------|--|---------------------------------------|
| | Радіус волокон, мкм | Пиломісткість, $\text{г}/\text{м}^2$ | Перепад тиску, Па | Радіус волокон, мкм | Пиломісткість, $\text{г}/\text{м}^2$ | Перепад тиску, Па | | |
| 5 | 6 | 0,01 | 13,2 | 2,5 | 0,001 | 5,67 | 0,011 | 18,9 |
| 10 | | 0,03 | 30,9 | | 0,002 | 9,53 | 0,032 | 40,4 |
| 20 | | 0,06 | 81,0 | | 0,005 | 20,39 | 0,065 | 101,4 |
| 30 | | 0,09 | 145,8 | | 0,008 | 34,43 | 0,098 | 180,2 |
| 5 | 7,5 | 0,01 | 8,5 | 2,5 | 0,002 | 7,9 | 0,012 | 16,4 |
| 10 | | 0,03 | 17,5 | | 0,004 | 15,9 | 0,034 | 33,4 |
| 20 | | 0,06 | 43,2 | | 0,009 | 38,3 | 0,069 | 81,5 |
| 30 | | 0,09 | 76,4 | | 0,013 | 67,2 | 0,103 | 143,6 |
| 5 | 8 | 0,01 | 7,6 | 2,5 | 0,002 | 8,8 | 0,012 | 16,4 |
| 10 | | 0,03 | 15,0 | | 0,005 | 18,5 | 0,035 | 33,5 |
| 20 | | 0,06 | 36,1 | | 0,001 | 45,6 | 0,061 | 81,7 |
| 30 | | 0,09 | 63,5 | | 0,015 | 80,7 | 0,105 | 144,2 |
| 5 | 9 | 0,01 | 5,6 | 2,5 | 0,004 | 22,1 | 0,014 | 27,7 |
| 10 | | 0,03 | 9,4 | | 0,007 | 55,8 | 0,037 | 65,2 |
| 20 | | 0,06 | 20,2 | | 0,014 | 151,2 | 0,074 | 171,4 |
| 30 | | 0,09 | 34,2 | | 0,021 | 274,7 | 0,111 | 308,9 |



а



б

Рис. 7. Загальний вигляд установки для визначення пиломісткості фільтрів або зразків фільтрувальних матеріалів (а), вигляд розташування фільтрів у камері (б).

M_1 – маса запиленого аналітичного фільтра АФА, мг;
 M_2 – маса фільтра АФА до запилення, мг;
 Q – витрата повітря через фільтр, $\text{дм}^3/\text{хв}$;
 t – час запилення фільтра, хв.

Коли опір повітряному потоку досягне критичного значення, випробування припиняють шляхом вимкнення аспірації і пилового генератора. Запилений фільтр або зразок фільтрувального матеріалу та аналітичний фільтр, який містився після респірації, зважують для визначення маси накопиченого пилу. Коефіцієнт проникнення пилового аерозолу крізь фільтр визначають за формулою

$$K_{\text{п}} = (M_{1\text{ф}} - M_{2\text{ф}}) / (M_1 - M_2), \quad (11)$$

де $M_{1\text{ф}}$ і $M_{2\text{ф}}$ – маса запиленого і чистого фільтра АФА (відповідно) після зразків, що перевіряються, мг.

Для перевірки запропонованого способу розрахунку оптимальних діаметрів волокон двошарових фільтрувальних матеріалів виготовлено декілька експериментальних зразків з однаковою поверхневою щільністю – $45 \text{ мг}/\text{м}^2$. Фінішний фільтр усіх зразків мав однаковий середній радіус волокон $2,5 \text{ мкм}$, тоді як у попередніх фільтрах: у першому зразку середній радіус волокон становив 3 мкм , у другому – 9 мкм , у третьому – 4 мкм , у четвертому – 7 мкм . Під час експерименту спостерігалось зростання перепаду тиску у виготовлених зразках двошарових фільтрувальних матеріалів при однаковій концентрації пилу (рис. 9).

Аналіз результатів показав, що четвертий зразок має незначне збільшення опору повітряному потоку. Імовірно, на попередньому

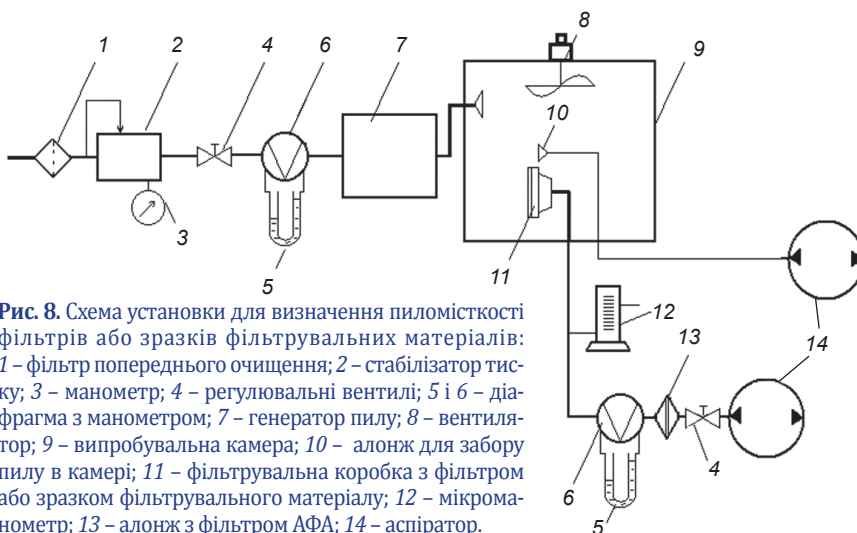


Рис. 8. Схема установки для визначення пиломісткості фільтрів або зразків фільтрувальних матеріалів: 1 – фільтр попереднього очищення; 2 – стабілізатор тиску; 3 – манометр; 4 – регулювальні вентилі; 5 і 6 – діафрагма з манометром; 7 – генератор пилу; 8 – вентилятор; 9 – випробувальна камера; 10 – алонж для забору пилу в камері; 11 – фільтрувальна коробка з фільтром або зразком фільтрувального матеріалу; 12 – мікроманометр; 13 – алонж з фільтром АФА; 14 – аспіратор.

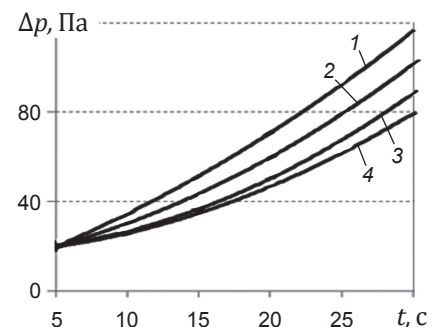


Рис. 9. Залежність перепаду тиску Δp на двошарових фільтрах з різними радіусами волокон попереднього фільтра: зразок 1 – 3 мкм ; 2 – 9 мкм ; 3 – 4 мкм ; 4 – 7 мкм від часу запилення t при концентрації пилу у випробувальній камері $300 \text{ мг}/\text{м}^3$.

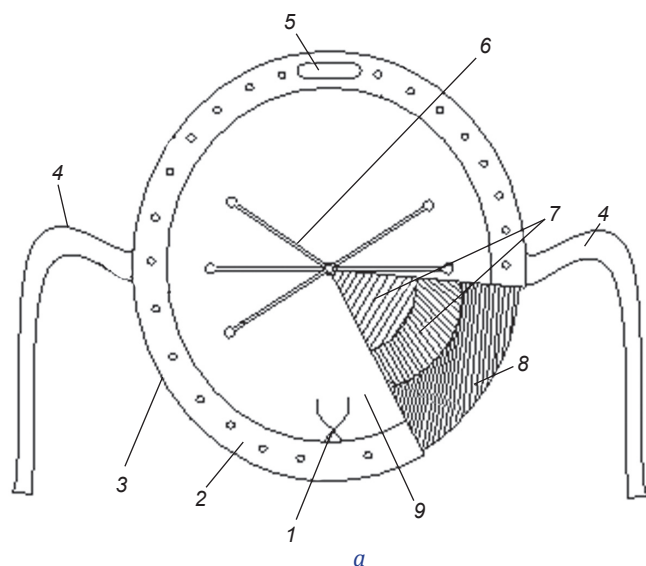


Рис. 10. Схема та загальний вигляд багат шарового одноразового фільтрувального респіратору: 1 – еластичний шнур; 2 – обтюратор; 3 – фільтрувальна півмаска; 4 – стрічки; 5 – пластина для обтискання носа; 6 – розпірка; 7 – фільтрувальні шари зі змінною за товщиною поверхневою щільністю; 8 – захисний шар зі спанбонду; 9 – підложка з гідрофільного матеріалу.

фільтри здебільшого затримувалася крупна фракція пилу, тоді як на фінішному – дрібнодисперсна. У першому зразку весь пил осів на зовнішньому фільтрувальному шарі, а в другому – майже вся крупна фракція потрапляла на внутрішній шар.

За даними проведених досліджень виготовлено одноразовий фільтрувальний респіратор (рис. 10), що складається з фільтрувальної півмаски 3, виконаної у вигляді кола, краї якого загнуті й утворюють обтюратор 2, усередині яко-

го розташовано еластичний шнур 1 і пластину для обтискання носа 5. Півмаска за допомогою стрічок 4 фіксується на обличчі. На внутрішній поверхні фільтрувальної півмаски розташовано розпірку 6. Кількість шарів фільтра розраховують відповідно до умов експлуатації. Вони характеризуються зміною за товщиною поверхневої щільності волокон.

Респіратор виготовляють на спеціальному обладнанні. Суть полягає в переривчастому скріпленні за контуром захисного та фільтрувально-

Таблиця 2

| Показники | За ДСТУ EN 149:2003 | Респіратор «Лепесток» | Запропонований респіратор |
|--|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Коефіцієнт проникнення за тест-аерозолем парафінового масла при витраті 95 л/хв, %, після: отримання зразка температурного впливу механічного впливу | Не більше 6 | 4,1±0,6 5,3±1,1 4,4±0,5 | 4,1±0,6 5,3±1,1 4,4±0,5 |
| Опір постійному повітряному потоку при витраті 30 л/хв (вдих), Па, після: отримання зразка температурного впливу механічного впливу | Не більше 70 | 18,3±1,1 16,2±1,3 17,6±1,1 | 15,3±1,1 14,2±1,3 15,6±1,1 |
| Пиломісткість при витраті повітря 95 л/хв, концентрації пилу 400 мг/м ³ до 400 Па, г | Вимога відсутня | 1,3 | 2,5 |

го шарів шляхом розплавлення й термопресування одночасно в усіх точках полімерних волокон нетканого матеріалу при заданій температурі й тиску. У табл. 2 наведено основні результати лабораторних випробувань фільтрувальних респіраторів, розроблених відповідно до вимог ДСТУ EN 149:2003, у порівнянні з традиційним респіратором «Лепесток».

Висновки. Аналіз сучасних підходів до збільшення пиломісткості й строку експлуатації фільтрів і фільтрувальних півмасок показав, що найперспективнішим є виготовлення багат шарових фільтрів зі змінною поверхневою щільністю. Запропоновано методику розрахунку багат шарових фільтрів, спрямовану на забезпечення максимальної пиломісткості й мінімального перепаду тиску при варіюванні діаметрів волокон шарів та їх товщини. Експериментальні дослідження із запилення виготовлених двошарових зразків засвідчили, що максимальна кількість пилу осідає на фільтрах, щільність упакування яких перебуває в діапазоні 0,03–0,06.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кальнин Ю. В. Разработка метода расчета иглопробивных фильтрующих материалов / Ю. В. Кальнин, Н. С. Канусин // Тр. ЦНИПП. – 1972. – Вып. 6. – С. 28–31.
2. Стечкина И. Б. Оптимизация параметров фильтров в многоступенчатой системе тонкой очистки газов / И. Б. Стечкина, В. А. Кириш // Теорет. основы хим. технологии. – 2003. – Т. 37, № 3. – С. 238–245.
3. Кириш В. А. Кинетика забивки и оптимизация префильтров в двухступенчатой системе очистки воздуха / В. А. Кириш, И. Б. Стечкина // Теорет. основы хим. технологии. – 2010. – Т. 44. – № 1. – С. 78–87.
4. Лебедев М. Н. Метод расчета срока службы высокоэффективного аэрозольного фильтра / М. Н. Лебедев // Коллоид. журн. – 1998. – Т. 60. – № 1. – С. 46–54.
5. Колесник В. Е. Дослідження опору повітря протипилових респіраторів при їх експлуатації на гірничорудних підприємствах / В. Е. Колесник, С. І. Чеберячко, Ю. І. Чеберячко // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2014. – № 4. – С. 118–123.
6. Кириш В. А. Метод расчета роста перепада давления в аэрозольном фильтре при забивке твердыми частицами / В. А. Кириш // Коллоид. журн. – 1998. – Т. 60. – № 4. – С. 480–484.
7. Чеберячко С. И. Исследование сопротивления воздушно-му потоку фильтрующих материалов с полипропиленовых волокон / С. И. Чеберячко // Вісн. ЖІТІ. – 2002. – № 18. – С. 183–185.
8. Двухименный В. А. Изменение эффективности и перепада давления аэрозольных фильтров при накоплении на волокнах осадка твердых частиц / В. А. Двухименный, А. А. Кириш, И. Б. Стечкина, Е. Н. Ушакова // Теорет. основы хим. технологии. – 1985. – Т. 19. – № 5. – С. 649–654.
9. Стечкина И. Б. К вопросу о выборе параметров фильтрующего материала для тонкой очистки газов / И. Б. Стечкина, А. А. Кириш // Теорет. основы хим. технологии. – 1981. – Т. 15. – № 1. – С. 79–83.
10. Колесник В. Е. Расчет параметров двухслойных полипропиленовых фильтров для условий угольных шахт / В. Е. Колесник, С. И. Чеберячко // Зб. наук. пр. НГУ. – 2004. – Т. 1. – № 19. – С. 253–261.
11. Басманов П. И. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: справ. руководство / П. И. Басманов, С. Л. Каминский, А. В. Коробейников, М. Е. Трубицына. – СПб.: ГИПП «Искусство России», 2002. – 399 с.
12. Голинько В. И. Разработка установки для испытаний средств пылезащиты и контроля запыленности / В. И. Голинько, В. Е. Колесник, А. С. Ищенко, С. И. Чеберячко // Наук. вісн. НГАУ. – 2001. – № 3. – С. 51–55.

ПО МАТЕРИАЛАМ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ УКРАИНЫ» ПРОШЛЫХ ЛЕТ

Год 1975

В журнале № 4 (рубрика «Краткие сообщения») сообщается, что в Польской Народной Республике сооружается самая крупная шахта «Пяст». После достижения проектной мощности она будет выдавать ежегодно 24 тыс. т энергетического угля. Благодаря полной механизации и высокой степени автоматизации производственных процессов сменная производительность труда работающего достигнет 6 т угля. Рядом с шахтой строится обогатительная фабрика производительностью 2200 т/ч, механические мастерские, склады, административно-бытовой комбинат. Первый уголь шахта должна выдать в декабре 1976 г.