

WENTYLACJA	NORMA BRANŻOWA	BN-78
	Wentylacja i klimatyzacja	8962-04
	Filtry powietrza	
	Grawimetryczne metody badań z zastosowaniem pyłu kwarcowego	Grupa katalogowa 0724

## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są grawimetryczne metody badań oporu przepływu, skuteczności filtracji i pojemności pyłowej filtrów powietrza stosowanych w urządzeniach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Norma obejmuje metody badań materiałów filtracyjnych, wymiennych elementów i urządzeń filtracyjnych o nominalnych natężeniach przepływu mieszczących się w przedziale (500, 5000) m<sup>3</sup>/h, których skuteczność filtracji wzorcowego pyłu kwarcowego nie przekracza 98%.

### 1.3. Określenia

**1.3.1. filtry bez mechanizmu wymiany i regeneracji** — urządzenia filtracyjne, które po osiągnięciu stanu końcowego podlegają wymianie lub ręcznej regeneracji.

Przykład stanowią filtry działkowe i filtry kieszeniowe.

**1.3.2. filtry z mechanizmem wymiany** — urządzenia filtracyjne, w których utrzymują się ustalone warunki pracy dzięki mechanizmowi powodującemu okresową wymianę materiału filtracyjnego.

Przykład stanowią filtry taśmowe, w których po wzroście oporu do górnej wartości granicznej, zostaje włączony mechanizm przesuwający materiał filtracyjny, aż do spadku oporu do dolnej wartości granicznej. Następuje wówczas wyłączenie mechanizmu i powtórzenie cyklu pracy.

**1.3.3. filtry z mechanizmem regeneracji** — urządzenia filtracyjne, w których utrzymują się ustalone warunki pracy dzięki mechanizmowi regeneracji, który usuwa nadmiar pyłu z elementu filtracyjnego i powoduje przywrócenie urządzenia do stanu wyjściowego.

Przykład stanowią filtry obiegowe olejowe.

**1.3.4. filtr pomiarowy** — filtr służący do wychwytywania pyłu przechodzącego przez filtr badany.

**1.3.5. stan końcowy filtru** — stan, w którym opór filtru osiągnął założoną górną wartość graniczną lub w którym skuteczność filtracji spadła do wartości określonej w 2.4.1b) i c).

**1.3.6. ustalone warunki pracy** — warunki, w których utrzymuje się opór filtru i skuteczność filtracji w ustalonym zakresie w wyniku cyklicznego działania mechanizmu wymiany lub regeneracji.

**1.3.7. górna wartość graniczna oporu** — ustalona przez producenta filtrów górna wartość oporu, po której osiągnięciu materiał filtracyjny powinien być regenerowany lub wymieniony.

**1.3.8. dolna wartość graniczna oporu** — dolna wartość oporu, która utrzymuje się w ustalonych warunkach pracy w urządzeniach z mechanizmami wymiany lub regeneracji.

**1.3.9. opór początkowy** — opór filtru czystego, nie obłożonego pyłem.

**1.3.10. pojemność pyłowa filtru** — masa pyłu zatrzymanego przez filtr, przy której został osiągnięty stan końcowy, na jednostkę powierzchni filtracyjnej.

**1.3.11. dynamiczna pojemność pyłowa** — w urządzeniach z mechanizmem wymiany lub regeneracji — masa pyłu zatrzymanego przez filtr badany w ustalonych warunkach pracy, przypadająca na jednostkę powierzchni wymienionego materiału lub na 1 cykl regeneracji.

**1.3.12. pozostałe określenia** — wg PN-74/Z-01001/01.

## 2. METODY BADAŃ

**2.1. Program badań.** Badania filtrów przeprowadza się na stanowisku pomiarowym, przepuszczając przez filtr pył kwarcowy w aerozolu o stałym składzie ziarnowym, stałym stężeniu i stałym natężeniu przepływu. Program badań obejmuje pomiary oporu początkowego filtrów w funkcji natężenia przepływu, skuteczności filtracji metodą grawimetryczną i pojemności pyłowej filtrów. Skuteczność filtracji i pojemność pyłową określa się badając zależność między masą pyłu dostarczonego do badanego filtru a masą pyłu zatrzymanego przez filtr pomiarowy.

Norma obejmuje badanie trzech grup filtrów:

- bez mechanizmu wymiany i regeneracji,
- z mechanizmem wymiany,
- z mechanizmem regeneracji.

Dla każdej z tych grup stosuje się odmienne sposoby pomiaru i odmienne sposoby określania cech charakterystycznych, opisane w 2.4, 2.5 i 2.6.

Poprzeczne wymiary stanowiska w miejscu przyłączenia filtru badanego wynoszą 610 × 610 mm. W przypadku badań filtrów o innych wymiarach poprzecznych mogą być stosowane dyfuzory i konfuzory o kątach wierzchołkowych nie przekraczających 14°.

Zgłoszona przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL  
Ustanowiona przez Zjednoczenie Przedsiębiorstw Instalacji Przemysłowych dnia 20 maja 1978 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1979 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 13/1978, poz. 5)

Badania należy przeprowadzać przy wilgotnościach względnych powietrza wprowadzonego do układu pomiarowego w granicach od 50 do 85%.

## 2.2. Stanowisko pomiarowe i materiały

2.2.1. Stanowisko pomiarowe (rysunek) powinno spełniać następujące warunki:

a) stanowisko powinno być szczelne i powinno umożliwiać łatwe zdejmowanie i zakładanie w sposób szczelny filtru badanego i filtru pomiarowego,

b) dysza pomiarowa, otworki impulsowe i manometr różnicowy ciśnień powinny zapewnić pomiar natężenia przepływu z błędem nie przekraczającym 2%,

c) sposób wykonania otworków impulsowych i dobór manometru różnicy ciśnień statycznych przed i za badanym filtrem powinien zapewnić możliwość pomiaru różnicy ciśnień z błędem nie przekraczającym 2%,

d) dozownik pyłu powinien zapewnić możliwość regulacji i utrzymywania stałego stężenia pyłu w powietrzu doprowadzonym do filtru w zakresie od 10 do 80 mg/m<sup>3</sup> z dokładnością utrzymywania żadanego stężenia ±10%.

BN-88/8962-05. Przyrost lub ubytek masy filtru skutkiem zmian wilgotności przepływającego powietrza nie powinien przekraczać 1 g w ciągu jednego cyklu pomiarowego. Filtr powinien mieścić się wraz z ramką w przewodzie pomiarowym o wymiarach poprzecznych 610 × 610 mm. Długość filtru nie powinna przekraczać 1000 mm.

2.3. Badanie oporu początkowego. Opór początkowy mierzy się w stanowisku pomiarowym z błędem nie przekraczającym 2% co najmniej przy 0,25, 0,5, 0,75, 1,0 i 1,25 nominalnego natężenia przepływu podanego przez producenta.

2.4. Badanie filtrów bez mechanizmu wymiany i regeneracji

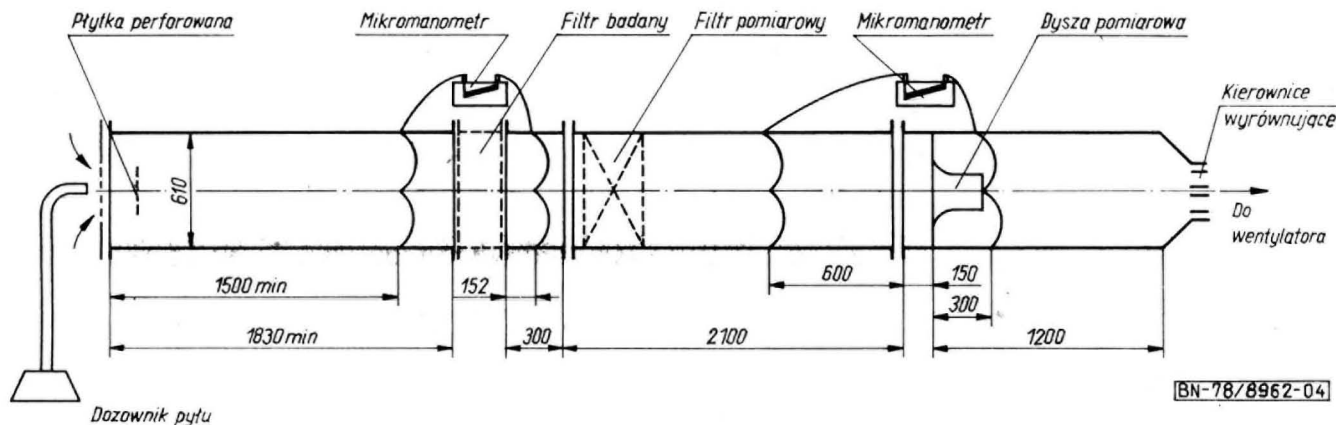
2.4.1. Badanie skuteczności filtracji. Skuteczność filtracji  $\eta$  w dowolnym czasie pomiaru określa się z zależności

$$\eta = 1 - \frac{m_2}{m_1}$$

w której:

$m_1$  — masa pyłu wprowadzonego wraz z powietrzem do filtru badanego, g,

$m_2$  — masa pyłu zatrzymanego w filtrze pomiarowym, g.



Stanowiska pomiarowe (schemat)

2.2.2. Wzorcowy pył kwarcowy zmielony i klasyfikowany piasek szklarski, o gęstości 2,65 g/cm<sup>3</sup>, zawierający ponad 99% SiO<sub>2</sub>, o następującym składzie ziarnowym, mierzonym metodą sedymentacyjną wg PN-75/Z-04097/08 podano w tablicy.

Przedział wymiarowy wyrażony średnimi zastępczymi $\mu\text{m}$	Procentowy udział w przedziale %
0 ÷ 4	48
5 ÷ 6	26
7 ÷ 8	12
9 ÷ 10	7
11 ÷ 15	5
16 ÷ 20	2
Razem 100%	

Tolerancja procentowego udziału w każdym przedziale wymiarowym wynosi ±5%.

2.2.3. Filtr pomiarowy powinien być wykonany z suchego materiału filtracyjnego, co najmniej klasy R wg

Badanie skuteczności filtracji odbywa się w powtarzających się cyklach w możliwie równych okresach. Program badań powinien obejmować co najmniej 6 cykli pomiarowych.

Procedura jednego cyklu pomiarowego:

— zważyć z dokładnością do 1 g filtr pomiarowy, zamocować szczelnie filtr badany i filtr pomiarowy,

— włączyć wentylator i wyregulować natężenie przepływu,

— zmierzyć opór filtru,

— zważyć z dokładnością do 0,1 g porcję pyłu potrzebną na 1 cykl pomiarowy, ale w ilości nie mniejszej niż 30 g, i wsypać pył do dozownika,

— włączyć urządzenie dozujące pył i wyregulować stężenie pyłu w powietrzu do wartości 40 mg/m<sup>3</sup> z dokładnością ±10%,

— po całkowitym opróżnieniu zbiornika dozownika z pyłu wyłączyć dozownik, zmierzyć opór filtru i wyłączyć wentylator,

— wyjąć i zważyć filtr mierniczy, pył osiadły w przewodzie pomiarowym między dyszą dozownika a filtrem badanym zebrać dokładnie miękką szczotką i zważyć; masę pyłu zebranego odjąć od masy pyłu dostarczonego do dozownika, pył osiadły w części przewodu między filtrem badanym a filtrem pomiarowym zebrać dokładnie miękką szczotką i zważyć, masę pyłu dodać do przyrostu masy filtru pomiarowego,

— obliczyć skuteczność filtracji,

— nanieść znalezione wartości na wykres oporu w funkcji masy pyłu dostarczonego i skuteczności filtracji w funkcji masy pyłu dostarczonego do filtru badanego; wartości skuteczności filtracji powinny być odniesione na wykresie do środków długości odcinków przyrostu masy w danym cyklu pomiarowym.

Cykle pomiarowe należy powtarzać aż do chwili, gdy zaistnieje jeden z następujących warunków:

a) opór filtru osiągnie górną wartość graniczną,

b) gdy 2 kolejne wartości skuteczności filtracji spadną poniżej 85% najwyższej zmierzonej wartości skuteczności filtracji,

c) gdy wartość skuteczności filtracji spadnie poniżej 75% najwyższej zmierzonej wartości skuteczności filtracji.

#### 2.4.2. Wyznaczenie średniej skuteczności filtracji.

Średnią skuteczność filtracji  $\eta_s$  oblicza się z zależności

$$\eta_s = \frac{1}{M} (m_1 \eta_1 + m_2 \eta_2, \dots, + m_k \eta_{k00})$$

w której:

$M$  — całkowita masa pyłu dostarczonego do filtru,

$M = m_1 + m_2 + \dots, m_k, g,$

$m_1, m_2 \dots$  — masy pyłu dostarczonego do filtru w kolejnych cyklach pomiarowych, g,

$m_k$  — masa pyłu dostarczonego do badanego filtru w końcowym cyklu pomiarowym, g,

$\eta_1, \eta_2 \dots$  — skuteczność filtracji w kolejnych cyklach pomiarowych,

$\eta_k$  — skuteczność filtracji w ostatnim cyklu pomiarowym.

Jeżeli w trakcie ostatniego cyklu pomiarowego został przekroczony jeden z warunków wg 2.4.1a), b) lub c), to do obliczeń średniej skuteczności filtracji należy przyjąć tylko tę część masy  $m_k^1$ , po której doprowadzeniu filtr osiągnął jeden z warunków wg 2.4.1a), b) lub c). Masę  $m_k^1$  należy wyznaczyć z wykresów zależności oporów od masy pyłu zatrzymanego [ $\Delta_p = f(m)$ ] (skuteczność filtracji w funkcji masy [ $\eta = f(m)$ ]).

Skuteczność filtracji w ostatnim cyklu pomiarowym należy wówczas skorygować, przyjmując do obliczenia  $\eta_k$  masę  $m_k^1$ .

#### 2.4.3. Określenie początkowej skuteczności filtracji.

Początkową skutecznością filtracji jest skuteczność filtracji zmierzona w pierwszym cyklu pomiarowym (pierwsza wartość skuteczności filtracji zmierzona od chwili rozpoczęcia napylenia czystego filtru).

**2.4.4. Wyznaczenie pojemności pyłowej.** Pojemność pyłowa jest iloczynem średniej skuteczności filtracji i całkowitej masy pyłu dostarczonej do filtru na jednostkę powierzchni filtracyjnej, do chwili osiągnięcia jednego z warunków wg 2.4.1a), b) lub c).

#### 2.5. Badanie filtrów z mechanizmem wymiany

**2.5.1. Badanie skuteczności filtracji.** Skuteczność filtracji bada się na stanowisku pomiarowym przy nominalnych natężeniach przepływu wg danych producenta i przy stałym stężeniu pyłu równym  $40 \text{ mg/m}^3$  z dokładnością  $\pm 10\%$ .

W pracy urządzenia wyróżnia się 2 fazy:

a) faza, w której opór filtru wzrasta od oporu początkowego do górnej wartości granicznej,

b) faza, w której utrzymują się ustalone warunki pracy, to znaczy gdy opór oscyluje między dolną i górną wartością graniczną.

Skuteczność filtracji w fazie a) bada się wg 2.4.1. Należy zbadać, czy skuteczność filtracji nie spada poniżej 85% najwyższej zmierzonej skuteczności filtracji. Jeżeli to zachodzi, należy obniżyć górną wartość graniczną oporu do wartości, przy której skuteczność filtracji spada do 85% najwyższej zmierzonej wartości skuteczności filtracji.

Skuteczność filtracji w fazie wg b) bada się w 3 stanach pracy urządzenia:

c) gdy opór filtru osiąga górną wartość graniczną,

d) gdy opór filtru osiągnął dolną wartość graniczną,

e) gdy opór przyjmuje wartość średnią między górną a dolną wartością graniczną.

#### 2.5.2. Wyznaczenie średniej skuteczności filtracji.

W ustalonych warunkach pracy średnia skuteczność filtracji jest średnią arytmetyczną 3 wartości skuteczności filtracji zmierzonych w 3 stanach pracy urządzenia wg 2.5.1c), d) i e).

**2.5.3. Wyznaczenie dynamicznej pojemności pyłowej filtru w ustalonych warunkach pracy.** Dynamiczna pojemność pyłowa jest iloczynem średniej skuteczności filtracji i masy pyłu, po którego doprowadzeniu nastąpiła całkowita wymiana materiału.

Pomiary ilości wymienianego materiału w zależności od masy dostarczonego pyłu należy przeprowadzać kilkakrotnie, aż do całkowitej wymiany materiału w przestrzeni pomiarowej. Znalezione wartości należy nanieść na wykres powierzchni wymienionego materiału w funkcji masy pyłu dostarczonego na jednostkę powierzchni filtracyjnej. Przez otrzymane punkty należy przeprowadzić prostą uśredniającą wyniki pomiarów. Pojemność pyłową należy wyznaczać z iloczynu cotangensa kąta nachylenia prostej i średniej skuteczności filtracji wg 2.5.2.

#### 2.6. Badania filtrów z mechanizmem regeneracji

**2.6.1. Badanie skuteczności filtracji.** Skuteczność filtracji bada się przy nominalnym natężeniu przepływu według danych producenta i przy stężeniu pyłu kwarcowego równym  $40 \text{ mg/m}^3$  z dokładnością  $\pm 10\%$ .

W pracy urządzenia wyróżnia się 2 fazy wg 2.5.1a) i b).

Skuteczność filtracji w fazie a) bada się wg 2.4.1.

Skuteczność filtracji w fazie b) w ustalonych warunkach pracy bada się w 3 stanach pracy urządzenia:

- a) bezpośrednio przed regeneracją,
- b) bezpośrednio po regeneracji,
- c) w połowie okresu między cyklami regeneracji.

#### 2.6.2. Wyznaczenie średniej skuteczności filtracji.

W ustalonych warunkach pracy średnia skuteczność filtracji jest średnią arytmetyczną 3 wartości skuteczności filtracji zmierzonych w stanie wg 2.6.1a), b) i c).

#### 2.6.3. Wyznaczenie dynamicznej pojemności pyłowej.

Dynamiczna pojemność pyłowa równa się iloczynowi średniej skuteczności filtracji wg 2.6.2 i masy pyłu, doprowadzonej do filtru w ustalonych warunkach pracy na jednostkę powierzchni filtracyjnej, przypadającej na 1 cykl regeneracji.

Do sprawozdania z badań powinien być dołączony opis cyklu regeneracji z danymi liczbowymi i opis przeprowadzonych badań.

2.7. **Protokół badań** filtrów powietrza powinien zawierać:

- a) nazwę urządzenia i jego przeznaczenie,
- b) nazwę producenta,
- c) opis urządzenia wyszczególniający:
  - rodzaj medium filtracyjnego,
  - wielkość efektywnej powierzchni filtracyjnej,
  - wymiary poprzeczne,

- długość,
- rodzaj uszczelnień,
- inne dane charakterystyczne,
- d) dane eksploatacyjne:
  - nominalne natężenie przepływu,
  - opór początkowy,
  - dolną i górną wartość graniczną oporu,
  - inne dane charakterystyczne,
- e) wielkości charakteryzujące warunki badań:
  - temperatura powietrza,
  - wilgotność powietrza,
  - ciśnienie barometryczne,
  - stężenie pyłu przed filtrem badanym,
- f) wyniki badań:
  - opór początkowy,
  - początkowa skuteczność filtracji,
  - średnia skuteczność filtracji,
  - dolna i górna wartość graniczna oporu,
  - pojemność pyłowa,
- g) wykres charakterystyk:
  - wykres oporu początkowego w funkcji natężenia przepływu,
  - wykres oporu w funkcji masy pyłu wprowadzonego do filtru,
  - skuteczność filtracji w funkcji masy pyłu wprowadzonego do filtru,
- h) uwagi.

KONIEC

### INFORMACJE DODATKOWE

1. **Instytucja opracowująca normę** — Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL.

#### 2. Normy związane

PN-74/Z-01001/01 Ochrona czystości powietrza. Nazwy, określenia i jednostki. Nazwy, określenia i jednostki związane z aerozolem i pyłem

PN-75/Z-04097/08 Ochrona czystości powietrza. Badania składu ziarnowego pyłów. Oznaczanie liczbowego składu ziarnowego pyłu za pomocą pipety sedymentacyjnej

BN-88/8962-05 Wentylacja i klimatyzacja. Filtry powietrza. Klasy jakości

#### 3. Normy i zalecenia zagraniczne

Francja NF X 44-012 Separateurs aerauliques. Méthode d'essai des filtres à air utilisés en ventilation générale

Stany Zjednoczone ASHRAE Standard 52-68 Methods of testing air filters used in air conditioning and general ventilation for removing particulate matter

4. **Autorzy projektu normy** — inż. Bohdan Stankiewicz, mgr inż. Teresa Gutowska — Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL.

#### 5. Wykaz literatury

BN-74/7590-06 Metody badań wyrobów włókienniczych. Włókniny filtracyjne. Wyznaczanie skuteczności odpylania

W. Brytania BS 2831 1971 Methods of test for air filters used in air conditioning and general ventilation

Niemcy SFI Richtlinien zur Prüfung von Luftfiltern für die Luftgesund Klimotechnik. Staub Nr 5, 1961

Szwajcaria SWKI Richtlinien 68-3. Klassifizierung, Testmethoden und Anwendung von Luftfiltern

6. **Wydanie 2** — stan aktualny: luty 1992 r.; poprawiono błędy i uaktualniono normy związane.