



Ochrona przed skażeniami w mobilnych środkach ochrony zbiorowej. Filtrpochłaniacze

WŁADYSŁAW HARMATA

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Nowych Technologii i Chemii,
ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, wladyslaw.harmata@wat.edu.pl

Streszczenie. W pracy scharakteryzowano wymagania stawiane elementom oczyszczającym do mobilnych środków ochrony przed skażeniami. Przedstawiono metodykę oraz wyniki badań penetracji wzorcowego aerozolu estru bis (2-etyloheksylu) kwasu sebacynowego (DEHS) przez materiał i pakiet filtracyjny oraz filtrpochłaniacz stosowany w mobilnych środkach ochrony przed skażeniami.

Słowa kluczowe: urządzenie filtrowentylacyjne, szczelność ruchomych środków ochrony, filtry klasy HEPA i ULPA

DOI: 10.5604/01.3001.0014.8875

Wstęp

Analiza współczesnych zagrożeń wskazuje na konieczność ochrony układu oddechowego — głównie przed oddziaływaniem aerozoli atmosferycznych. Mogą one zawierać w swoim składzie wysokotoksyczne substancje chemiczne i biologiczne. Mogą to być substancje organiczne z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) i dioksyn o potwierdzonym oddziaływaniu mutagennym i kancerogennym [1] oraz pochodzenia roślinnego, zwierzęcego i mikrobiologicznego. Ze względu na działanie chorobotwórcze aerozole biologiczne można podzielić na:

- 1) czynniki wywołujące choroby zakaźne (priony, wirusy, bakterie, grzyby, pasożyty wewnętrzne — pierwotniaki i robaki);
- 2) czynniki alergizujące (bakterie, grzyby, cząstki roślinne i zwierzęce);
- 3) czynniki immunotoksyczne (endotoksyna bakteryjna, peptydoglikany, mikotoksyny, toksyny roślinne);
- 4) czynniki rakotwórcze (aflatoksyny, pył drzewny) [1].

Z powyższych rozważań wynika, że człowiek powinien być wyposażony w efektywne indywidualne środki ochrony dróg oddechowych — najczęściej w postaci półmasek przeciwpyłowych (antysmogowych). Siły zbrojne, oprócz wysoko efektywnych indywidualnych środków ochrony przed skażeniami w postaci masek filtracyjnych, powinny dysponować mobilnymi (ruchomymi) środkami ochrony zbiorowej chroniącymi załogi przed oddziaływaniem skażeń, ale również przed smogiem (pyłami).

O skuteczności tej ochrony będzie decydowało nadciśnienie wewnątrz obiektu ochronnego (szczelność obiektu), a to może zapewnić urządzenie filtrowentylacyjne o odpowiedniej wydajności. O jakości tej ochrony będzie decydował układ elementów oczyszczających, np. w postaci wysokoskutecznych filtropochłaniaczy.

1. Ochrona przed skażeniami

Zgodnie z dokumentem doktrynalnym DD/3.8(A)... **ochrona przed skażeniami** obejmuje ochronę indywidualną i zbiorową. Elementem ochrony zbiorowej są środki mobilne stanowiące integralną część lądowych, morskich oraz powietrznych platform nośnych. W zależności od stopnia zaawansowania technologicznego i skuteczności filtracji zapewniają one żołnierzom możliwości (lub nie) pracy i realizacji zadań po wystąpieniu zagrożenia zdarzeniem CBRN podczas przemieszczania, działania w rejonach wyjściowych i ześrodkowania itp. [2].

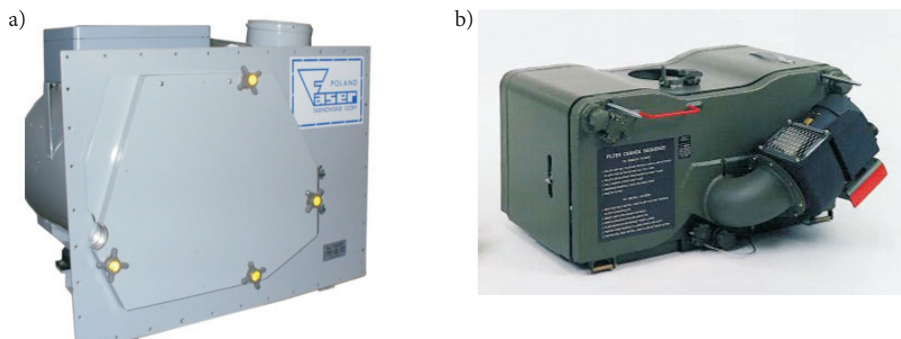
2. Ochrona zbiorowa w pojazdach

Wiele pojazdów wykorzystywanych w Siłach Zbrojnych wyposażonych jest w systemy ochrony zbiorowej. Przykłady urządzeń filtrowentylacyjnych stosowanych w pojazdach wojskowych przedstawiono na rysunku 1.

Przedstawione urządzenia mają wydatek rzędu 200-300 m³/h z możliwością wytwarzania nadciśnienia do 600 Pa, co ma bardzo duże znaczenie przy poruszaniu się tych pojazdów z prędkościami nawet ok. 100 km/h.

Jednak sam fakt wyposażenia pojazdu w system ochrony zbiorowej nie zapewnia jego skuteczności. Bardzo ważne jest zachowanie szczelności środka, którą osiąga się poprzez uszczelnienie pojazdu (zamknięcie włazów, luków itp.) oraz dostarczanie do wnętrza pojazdu odpowiedniej ilości oczyszczonego powietrza. W tym celu pojazdy wyposaża się w systemy ochrony zbiorowej, najczęściej typu nadciśnieniowego — oczyszczone powietrze dostarczane jest bezpośrednio do wnętrza pojazdu. Wytwarzane jest nadciśnienie zapobiegające dostawaniu się skażonego powietrza do środka, co staje się szczególnie istotne podczas ruchu pojazdu. Oprócz ochrony załogi urządzenia filtrowentylacyjne zapewniają ochronę wnętrza pojazdu przed skażeniem.

Głównym elementem ochrony zbiorowej są urządzenia filtrowentylacyjne, które powinny dostarczać do wnętrza obiektu odpowiednią ilość oczyszczonego powietrza, zależną od liczby członków załogi oraz wartości utrzymywanego nadciśnienia [3, 4, 5, 6].



Rys. 1. Przykłady urządzeń filtrowentylacyjnych stosowanych w pojazdach: a) urządzenie filtrowentylacyjne FWU-200 do kołowych transporterów opancerzonych (<https://www.faser.com.pl/urzadzenia-filtrowentylacyjne/>), b) UFW czołgu Challenger 2, materiały firmy MDH Defence

Badanie szczelności prowadzi się według *Procedury badawczej D-23 Laboratorium Badawczego Ochrony Dróg Oddechowych Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii „Badanie szczelności ogólnej ruchomych obiektów ochrony zbiorowej przez określenie współczynnika ochrony z wykorzystaniem aerozolu estru bis (2-etyloheksylu) kwasu sebacynowego — DEHS”* [7].

Zgodnie z procedurą koniecznym warunkiem do przeprowadzenia badań szczelności ruchomego obiektu ochrony zbiorowej powinno być:

- posiadanie aktualnego atestu na filtropochłaniacz UFW (badania zgodnie z wymaganiami norm: NO-42-A211:2011, PN-EN 1822-1:2019 [8, 9]);
- posiadanie aktualnego atestu na filtropochłaniacz UFW z określeniem: współczynnika szczelności urządzenia kompletnego i współczynnika ochrony wg NO-42-A213:2011 [10];
- nadciśnienie według wymagań dla obiektu.

Celem badań jest określenie:

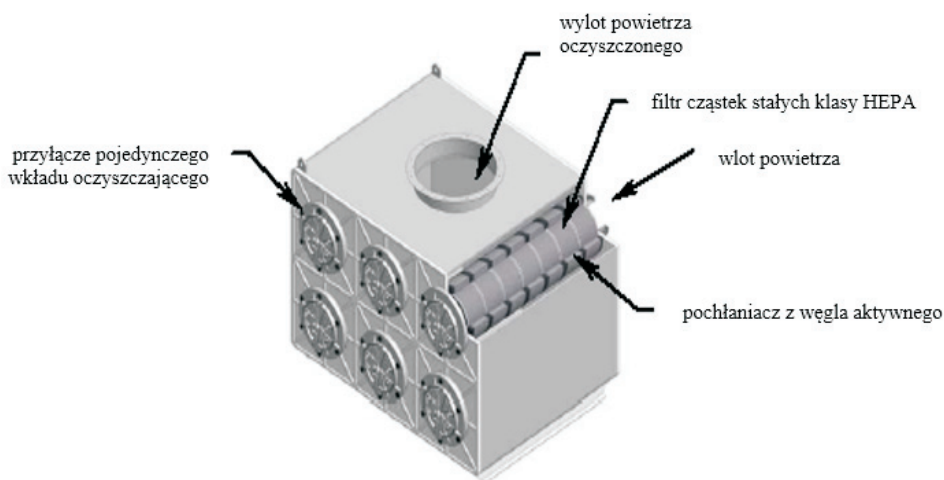
- 1) szczelności ogólnej ruchomych środków ochrony zbiorowej przez wyznaczenie współczynnika ochrony z wykorzystaniem aerozolu DEHS;
- 2) szczelności urządzeń filtrowentylacyjnych będących w wyposażeniu ruchomych środków ochrony przed skażeniami;
- 3) nadciśnienia wewnątrz obiektu.

Pomiar polega na określeniu współczynnika ochrony obiektu z wykorzystaniem aerozolu DEHS. Średni współczynnik ochrony **powinien być większy od 10 000**.

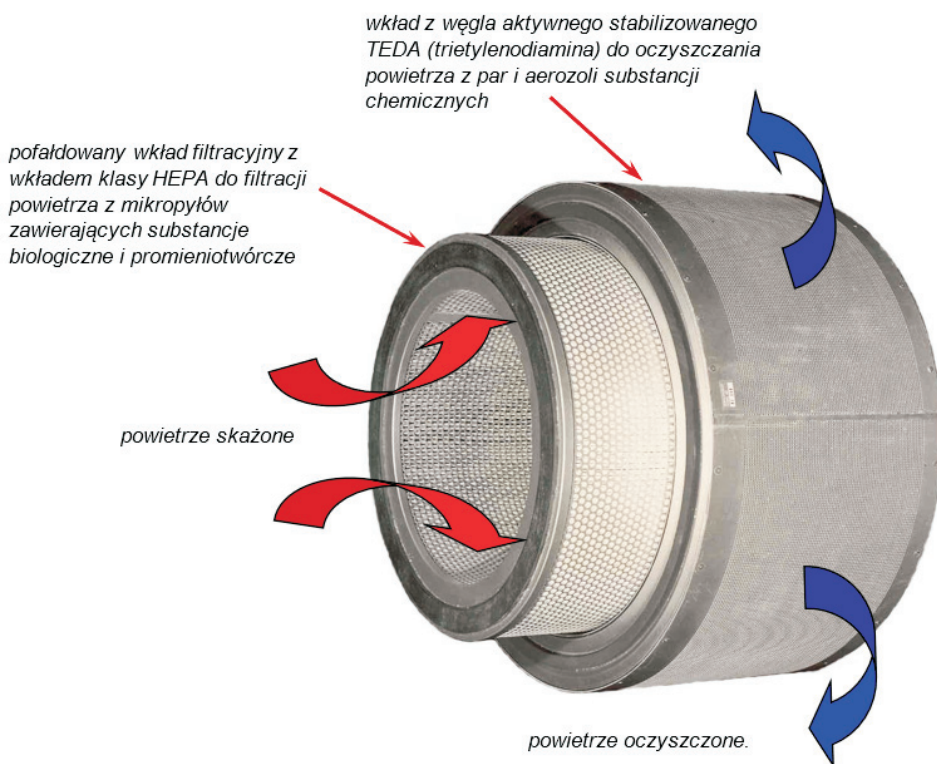
Z badań wynika, że osiągnięcie tego współczynnika jest trudne, ale głównie przez niedbałość użytkowników lub niefrasobliwość ekip remontowych. Niedbałość użytkowników dotyczy głównie braku konserwacji lub wymiany uszkodzonych uszczelek we włazach, lukach, drzwiach itp. oraz braku wymiany filtropochłaniaczy na nowe po dziesięcioletnim okresie eksploatacji lub kontakcie z substancją toksyczną. W SZ RP panuje „moda” na sprawdzanie szczelności techniki wojskowej za pomocą chloropikryny. Niestety tą metodą nie sprawdzi się szczelności obiektu, ponieważ „detektorem jest człowiek”, a dodatkowo po takim „badaniu” filtropochłaniacz należałoby wymienić na nowy. Niefrasobliwość ekip remontowych polega na zamalowywaniu uszczelek oraz rozhermetyzowaniu obiektu. Spotyka się to nagminnie przy konieczności montowania w obiekcie nowego lub dodatkowego sprzętu. Najczęściej dla nowych przyłączy przewierca się hermetyzowany przedział, bez jego uszczelnienia.

3. Elementy oczyszczające

Postęp technologii w dziedzinie materiałów filtracyjnych i filtrów do oczyszczania powietrza z aerozoli pozwala na konstruowanie urządzeń zdolnych do zatrzymywania cząstek wielkości nawet $0,1 \mu\text{m}$, czyli o rozmiarach wirusów ($0,01-0,1 \mu\text{m}$), bakterii ($0,1-2 \mu\text{m}$) i sporów ($10-15 \mu\text{m}$), jednocześnie istnieje konieczność zastosowania wysokospecjalistycznej aparatury pozwalającej na określenie skuteczności filtracji na poziomie $99,9999\%$ przy rozmiarach fazy rozproszonej na poziomie $0,1-2 \mu\text{m}$. Na rys. 2 i 3 przedstawiono rozwiązania praktyczne filtropochłaniaczy do ochrony zbiorowej z wkładami filtracyjnymi klasy HEPA.



Rys. 2. Filtropochłaniacz XH8400MCRF z wkładem filtracyjnym klasy HEPA, wydatek ok. $14\ 300 \text{ m}^3/\text{h}$ [4]



Rys. 3. Filtrpochłaniacz M98 o wydatku 200 CFM (stopa sześcienna) — 340 m³/h, z wkładem filtracyjnym klasy HEPA [4]

W normie obronnej NO-42-A211:2011 [8] wpisane są wymagania na filtry do filtrpochłaniaczy dla pojazdów i wozów bojowych (o nominalnym strumieniu objętości powietrza 100 i 200 m³/h). Skuteczność filtracji takich filtrów powinna być większa od 99,9995% (min. U 15 wg PN-EN 1822-1:2001). W warunkach technicznych dopuszcza się stosowanie filtrów H14 o skuteczności filtracji większej od 99,995. Filtry klasy H14 stosowane są w większości rozwiązań światowych ze względu na duże opory przepływu filtrów klasy U oraz znaczący wyższy koszt ich produkcji. Ponadto zmieniono klasyfikację filtrów w znowelizowanej normie PN-EN 1822 -1:2009 — tabela 1 [9].

TABELA 1

Klasyfikacja filtrów powietrza typu E¹, H² i U³ wg PN-EN 1822-1:2009

Grupa filtrów	Klasa filtru	Wartość całkowita		Wartość miejscowa	
		skuteczność [%]	penetracja [%]	skuteczność [%]	penetracja [%]
E (EPA)	E10	≥ 85	≤ 15	—	—
	E11	≥ 95	≤ 5	—	—
	E12	≥ 99,5	≤ 0,5	—	—
H (HEPA)	H13	≥ 99,95	≤ 0,05	≥ 99,75	≤ 0,25
	H14	≥ 99,995	≤ 0,005	≥ 99,975	≤ 0,025
U (ULPA)	U15	≥ 99,9995	≤ 0,0005	≥ 99,9975	≤ 0,0025
	U16	≥ 99,99995	≤ 0,00005	≥ 99,99975	≤ 0,00025
	U17	≥ 99,999995	≤ 0,000005	≥ 99,9999	≤ 0,0001

¹ **Filtr EPA** (*Efficient Particulate Air filter*) — skuteczny filtr powietrza klasy od E10 do E12.

² **Filtr HEPA** (*High Efficient Particulate Air filter*) — wysokoskuteczny filtr powietrza klasy od H13 do H14.

³ **Filtr ULPA** (*Ultra Low Penetration Air filter*) — filtr powietrza o bardzo niskiej penetracji, klasy od U15 do U17.

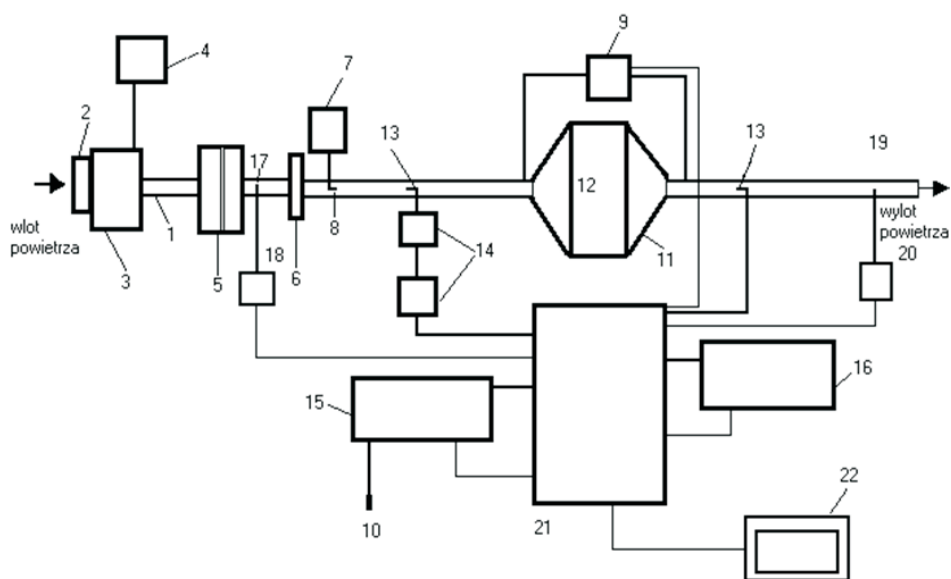
W normie obronnej NO-42-A212:2011 *Sprzęt do oczyszczania powietrza w obiektach ochrony zbiorowej — Filtry stosowane w urządzeniach filtrowentylacyjnych. Klasyfikacja, wymagania i badania* wymagania dotyczące filtrów oparte są na nieznowelizowanej normie PN-EN 1822-1.

W normie podano podstawowe definicje odnośnie do filtracji:

- **medium filtracyjne** — płaski, niepofałdowany materiał filtracyjny;
- **pakiet filtracyjny** — materiał filtracyjny uformowany w postaci jednorodnych, pojedynczych fałd;
- **penetracja** — stosunek stężenia liczbowego cząstek za filtrem do ich stężenia przed filtrem;
- **skuteczność** — stosunek stężenia liczbowego cząstek przed filtrem do ich stężenia za filtrem;
- **minimalna skuteczność filtru** — skuteczność filtru obliczona na poziomie ufności 95%, tj. skuteczność obliczona dla najmniej korzystnej wartości granicznej dla 95% przedziału ufności dla rzeczywistej liczby cząstek (dolna granica 95% przedziału ufności zliczenia cząstek przed badanym filtrem, górna granica 95% przedziału ufności zliczenia cząstek za badanym filtrem).

4. Stanowisko do badań wysokoskutecznych filtrów powietrza

Stanowisko do badania penetracji aerozolu mgły olejowej przez filtry EPA, HEPA i ULPA oraz filtropochłaniacze przedstawiono schematycznie na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat stanowiska do badania skuteczności filtracji aerozolu mgły olejowej przez filtry HEPA i ULPA oraz filtropochłaniacze: 1 — rurociąg ϕ 200; 2 — filtr wstępny do oczyszczania powietrza do badań; 3 — wentylator z regulacją obrotów; 4 — regulator obrotów wentylatora (regulacja prędkości przepływu powietrza do stanowiska); 5 — zespół filtrów (HEPA H11 + ULPA U17) do oczyszczania powietrza do badań; 6 — zwężka pomiarowa do określania objętościowej prędkości przepływu powietrza przez badany filtr; 7 — generator aerozolu polidispersyjnego z regulacją ilości podawanego aerozolu; 8 — sonda do podawania aerozolu do układu pomiarowego; 9 — przetwornik różnicy ciśnień do pomiaru oporu przepływu powietrza przez badany filtr/filtropochłaniacz; 10 — czujnik do pomiaru temperatury i wilgotności względnej otoczenia; 11 — uchwyt badanego filtra/ filtropochłaniacza — wymienny, zależnie od wymiarów badanego obiektu; 12 — badany filtr/ filtropochłaniacz; 13 — sondy pomiarowe do poboru próbek aerozolu przed i za filtrem; 14 — system rozcieńczania aerozolu przed filtrem (2 rozcieńczalniki 1:100); 15 — laserowy licznik cząstek do określania stężenia cząstek aerozolu przed badanym filtrem/ filtropochłaniaczem w poszczególnych kanałach pomiarowych; 16 — laserowy licznik cząstek do określania stężenia cząstek aerozolu za badanym filtrem/ filtropochłaniaczem w poszczególnych kanałach pomiarowych; 17 — czujnik temperatury i wilgotności względnej powietrza w układzie pomiarowym; 18 — przetwornik temperatury i wilgotności względnej powietrza w układzie pomiarowym; 19 — czujnik termoanemometru; 20 — przetwornik termoanemometru; 21 — szafa sterownicza zawierająca zespół zaworów przełączających, zespół filtrów absolutnych, procesor do podłączenia przetworników czujników zewnętrznych i liczników cząstek; 22 — centrala do sterowania, kontroli i zapisywania danych

(źródło: opracowanie własne)

Badania prowadzi się według metodyki zawartej w normie PN-EN 1822-4:2009 [11]. W celu wyznaczenia skuteczności (penetracji) filtr powietrza poddawany jest badaniom przy strumieniu objętości powietrza odpowiadającemu nominalnemu strumieniowi objętości. Po pomiarze oporów przepływu, przy nominalnym strumieniu objętości, filtr jest przedmuchiwany czystym powietrzem, a aerozol testowy, wytwarzany za pomocą generatora, jest mieszany z przygotowanym do badań powietrzem wzdłuż sekcji mieszania w taki sposób, aby zapewnić jednorodne

rozprowadzenie aerozolu w przekroju poprzecznym kanału pomiarowego. Skuteczność filtru jest zawsze wyznaczana dla wymiaru cząstek najbardziej penetrujących. Badania prowadzone są z użyciem testowego aerozolu DEHS, o cząstkach z zakresu 0,1-1 μm . Do zliczania cząstek zastosowano laserowe liczniki cząstek o sześciu kanałach pomiarowych: 1 — (0,1-0,15) μm , 2 — (0,15-0,2) μm , 3 — (0,2-0,3) μm , 4 — (0,3-0,5) μm , 5 — (0,5-1) μm , 6 — (> 1) μm . Całość pomiaru sterowana jest przez komputer, a wynik badania wyświetlany jest na monitorze. Przykładowe zestawienie wyników badań filtropochłaniaczy do mobilnych środków ochrony przed skażeniami przedstawiono w poniższych tabelach.

5. Przykładowe wyniki badań skuteczności filtracji i penetracji

Penetrację P (%) lub skuteczność E (%), wg PN-EN-1822-4:2009, oblicza się w następujący sposób:

$$P = \frac{c_{N,d}}{c_{N,u}} \quad (1)$$

$$E = 1 - P \quad (2)$$

$$c_{N,d} = \frac{N_d}{V_{s,d} \cdot t_d} \quad (3)$$

$$c_{N,u} = \frac{k_D \cdot N_u}{V_{s,u} \cdot t_u} \quad (4)$$

gdzie: N_u — liczba cząstek zliczanych przed badanym filtrem;
 N_d — liczba cząstek zliczanych za badanym filtrem;
 k_D — współczynnik rozcieńczenia;
 $c_{N,u}$ — stężenie liczbowe przed badanym filtrem;
 $c_{N,d}$ — stężenie liczbowe za badanym filtrem;
 $V_{s,u}$ — strumień objętości próbki pobieranej przed badanym filtrem;
 $V_{s,d}$ — strumień objętości próbki pobieranej za badanym filtrem;
 t_u — czas pobierania próbki przed badanym filtrem;
 t_d — czas pobierania próbki za badanym filtrem.

W celu wyznaczenia minimalnej skuteczności $E_{95\%min}$ do obliczeń powinna być przyjmowana najmniej korzystna wartość graniczna dla 95% przedziału ufności dla rzeczywistej liczby cząstek. Do obliczeń stosowane są następujące równania:

$$E_{95\% \min} = \left[1 - \frac{c_{N,d,95\% \max}}{c_{N,d,95\% \min}} \right] \cdot 100\% \quad (5)$$

$$N_{u,95\% \min} = N_u - 1,96 \cdot N_u^{1/2} \quad (6)$$

$$N_{u,95\% \max} = N_u + 1,96 \cdot N_u^{1/2} \quad (7)$$

$$c_{N,u,95\% \min} = \frac{N_{u,95\% \min}}{V_{s,u} \cdot t_u} \quad (8)$$

$$c_{N,d,95\% \max} = \frac{N_{u,95\% \max}}{V_{s,d} \cdot t_d} \quad (9)$$

gdzie: $E_{95\% \min}$ — minimalna skuteczność z uwzględnieniem statystyki zliczania cząstek

$N_{u,95\% \min}$ — dolna granica 95% przedziału

$N_{u,95\% \max}$ — górna granica 95% przedziału

$c_{N,d,95\% \max}$ — maksymalne liczbowe stężenie cząstek za badanym filtrem

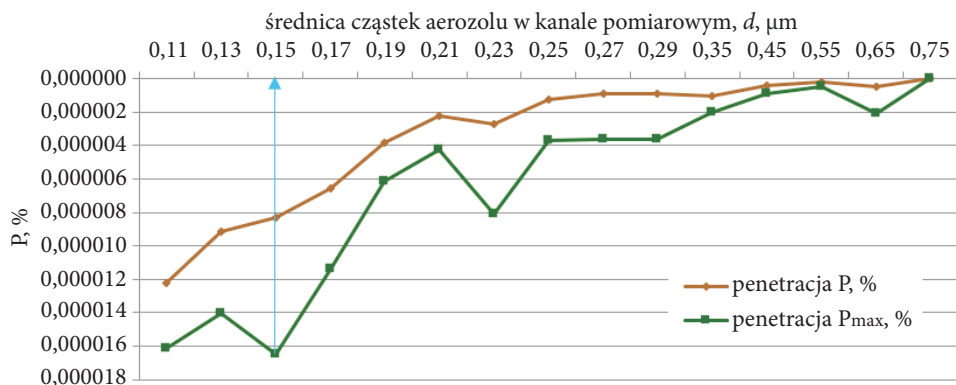
$c_{N,u,95\% \max}$ — minimalne liczbowe stężenie cząstek za badanym filtrem

Dla porównania w tabeli 2 i na rysunku 5 przedstawiono wyniki badań poświadczanego kartonu filtracyjnego używanego do produkcji pakietów filtracyjnych do filtropochłaniaczy.

TABELA 2

Wyniki badań penetracji kartonu filtracyjnego

	Średnica cząstek aerozolu w kanale pomiarowym d , μm							
	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
\bar{N}_{przed}	70618	32028	16642	12236	10452	5378	5137	4832
\bar{N}_{za}	86,2	29,2	13,8	8,0	4,0	1,2	1,4	0,6
penetracja P, %	1,22E-05	9,12E-06	8,29E-06	6,54E-06	3,83E-06	2,23E-06	2,73E-06	0,0000012
penetracja P95% max, %	1,61E-05	1,41E-05	1,65E-05	1,14E-05	6,17E-06	4,26E-06	8,08E-06	0,0000037
	Średnica cząstek aerozolu w kanale pomiarowym d , μm							
	0,27	0,29	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	
\bar{N}_{przed}	4347	4394	22192	15308	22166	7609	3634	
\bar{N}_{za}	0,4	0,4	2,4	0,6	0,4	0,4	0,0	
penetracja P, %	9,20E-07	9,10E-07	1,08E-06	3,92E-07	1,80E-07	5,26E-07	0,00E+00	
penetracja P95% max, %	3,62E-06	3,65E-06	2,03E-06	8,88E-07	5,20E-07	2,11E-06	0,00E+00	



Rys. 5. Wyniki badań penetracji aerozolu DEHS przez materiał filtracyjny

W wyniku przeprowadzonych pomiarów określono cząstkę najbardziej penetrującą dla badanego filtra (MPPS) = 0,15 μm . Dla tej cząstki średnia penetracja z pięciu pomiarów to 0,0000083%, a penetracja na poziomie ufności 95% wyniosła 0,0000165%.

Dla filtru klasy U15 norma PN-EN 1822-1 określa maksymalną penetrację na 0,0005%. Zatem badany filtr spełnia wymagania tej normy.

Dla porównania w tabeli 3 i na rysunku 6 przedstawiono wyniki badań penetracji dla wkładu filtracyjnego do filtropochłaniacza FPT-100B. W tabeli 4 i na rysunku 7 znajdują się wyniki badań penetracji filtropochłaniacza FPT-100B.

TABELA 3

Wyniki badań penetracji wkładu filtracyjnego do FPT-100B

	Średnica cząstek aerozolu w kanale pomiarowym d , μm					
	0,125	0,175	0,25	0,4	0,75	1
\bar{N}_{przed}	2,08E + 08	1,57E + 08	1,68E + 08	9,01E + 07	5,12E + 07	6,24E + 06
\bar{N}_{za}	3906	2177	1892	333	87	5
penetracja P, %	0,001874	0,001384	0,001126	0,000369	0,000170	0,000080
penetracja P95% max, %	0,001900	0,001400	0,001100	0,000400	0,000200	0,000100

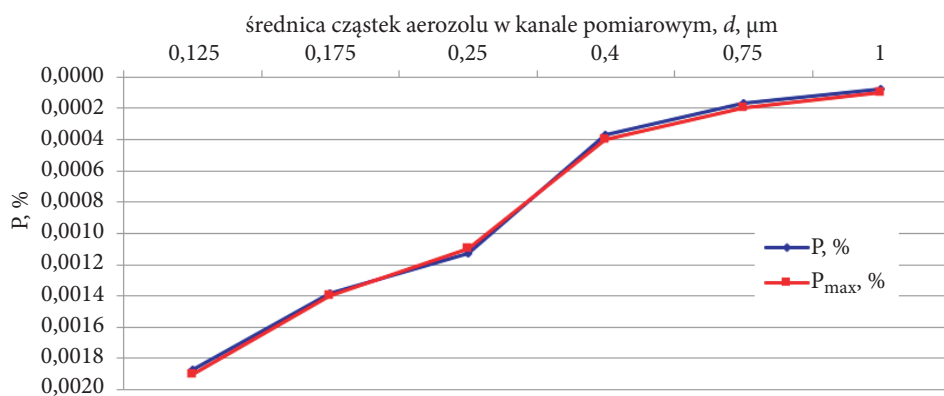
Średnia penetracja z pięciu pomiarów wyniosła 0,00187%, a penetracja na poziomie ufności 95% wyniosła 0,0019%.

Dla filtru klasy H14 norma PN-EN 1822-1 określa maksymalną penetrację na 0,005%. Zatem badany filtr spełnia wymagania tej normy.

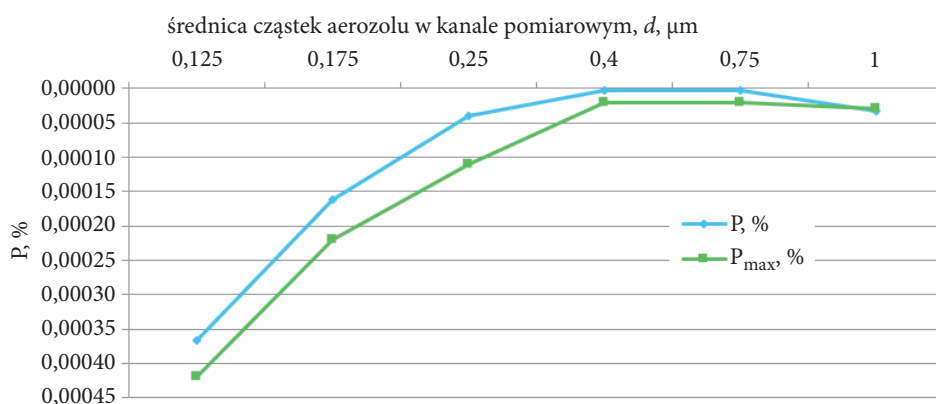
TABELA 4

Wyniki badań penetracji filtropochłaniacza FPT-100B

	Średnica cząstek aerozolu w kanale pomiarowym d , μm					
	0,125	0,175	0,25	0,4	0,75	1
\bar{N}_{przed}	2,09E + 08	1,65E + 08	1,85E + 08	1,14E + 08	6,50E + 07	8,57E + 06
\bar{N}_{za}	763,3	268,0	73,3	4,5	2,3	2,8
penetracja P, %	0,00037	0,00016	0,00004	0,00000	0,00000	0,00003
penetracja P95% max, %	0,00042	0,00022	0,00011	0,00002	0,00002	0,00003



Rys. 6. Wyniki badań penetracji przez wkład filtracyjny do FPT-100B



Rys. 7. Wyniki badań penetracji przez filtropochłaniacz FPT-100B

Średnia penetracja z pięciu pomiarów wyniosła 0,00037%, a penetracja na poziomie ufności 95% wyniosła 0,00042%.

Dla filtru klasy U15 norma PN-EN 1822-1 określa maksymalną penetrację na 0,0005%. Zatem badany filtr spełnia wymagania tej normy.

Podsumowanie

W pracy skupiono się na mobilnych środkach zbiorowej ochrony przed skażeniami, a konkretnie elementach oczyszczających powietrze w postaci filtropochłaniaczy z wkładami (pakietami) filtracyjnymi odpowiedniej klasy.

Prezentowano wyniki badań penetracji aerozolu DEHS przez: karton filtracyjny służący do produkcji pakietów filtracyjnych, pakiety filtracyjne i gotowe filtropochłaniacze.

Badania kartonu filtracyjnego prowadzone są przez specjalistyczne laboratoria przed podjęciem produkcji produktu docelowego, jakim jest filtr lub filtropochłaniacz. Prezentowane wyniki badań odnoszą się do materiału filtracyjnego stosowanego w krajowych filtropochłaniaczach do ochrony zbiorowej.

Pakiety filtracyjne są w 100% badane na penetrację. Robią to laboratoria zakładowe w trakcie produkcji oraz przy nowych zamówieniach lub zmianach technologii przez laboratoria akredytowane.

Filtropochłaniacze jako produkt finalny do mobilnych środków ochrony zbiorowej są badane w ramach badań odbiorczych, najczęściej przez laboratorium akredytowane. Według wymagań normy NO-42-A211:2011 badaniu podlegają filtropochłaniacze po wibracjach, uderzeniach i oddziaływaniu czynników klimatycznych.

W krajowych rozwiązaniach do roku 2006 stosowany był materiał filtracyjny na bazie azbestu włóknistego i na podstawie ustawy z dnia 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest — Dz.U. 1997 Nr 101 poz. 628 (ujednolicony Dz.U. z 2017 r. poz. 2119, z 2020 r. poz. 284) — wyroby te powinny być wycofane z eksploatacji.

Oprócz urządzenia filtrowentylacyjnego o właściwym wydatku filtropochłaniacza i o odpowiedniej klasie najistotniejszym elementem ochrony przed skażeniami jest szczelność techniki wojskowej. Szczelny obiekt z właściwym urządzeniem filtrowentylacyjnym (odpowiednie nadciśnienie) i filtropochłaniaczem może zabezpieczyć załogę przed zewnętrznymi skażeniami (zakażeniami).

Artykuł był współfinansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach realizacji projektu UGB 762/WAT/2020 pt. *Naukowe podstawy doskonalenia wojskowego systemu rozpoznania skażeń i obrony przed bronią masowego rażenia*.

Artykuł wpłynął do redakcji 5.05.2020. Zatwierdzono do publikacji 14.07.2020.

Władysław Harmata <https://orcid.org/0000-0001-6271-9000>

LITERATURA

- [1] MACKIEWICZ B., *Pył organiczny w środowisku pracy i jego wpływ na organizm ludzki*, Bezpieczeństwo Pracy: Nauka i Praktyka, nr 4, 2014, 32-34.
- [2] *Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych DD/3.8(A)*, Ministerstwo Obrony Narodowej, Centrum Doktryn i Szkolenia Sił Zbrojnych Szkol. 869/2013.
- [3] HARMATA W., *Ochrona przed skażeniami. Cz. III. Podstawy teoretyczne i rozwiązania praktyczne w dziedzinie zbiorowych środków ochrony przed skażeniami*, Wyd. WAT, Warszawa 2015.
- [4] HARMATA W., SZMIGIELSKI R., *Wojskowa analiza taktyczno-techniczna i ekonomiczna. Typoszereg filtropochłaniaczy do ochrony zbiorowej z uwzględnieniem zagrożeń chemicznych i biologicznych*, sygn. wewn. WICHiR-ONIW-939/2003.
- [5] Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania, Dz.U. dnia 7 czerwca 2019 r. poz. 1065.
- [6] *NATO Standard ATP-70 Collective protection in a chemical, biological, radiological and nuclear environment (CBRN-COLPRO)*, Edition A, Version 1, April 2014.
- [7] *Procedura badawcza D-23 Laboratorium Badawczego Ochrony Dróg Oddechowych Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii „Badanie szczelności ogólnej ruchomych obiektów ochrony zbiorowej przez określenie współczynnika ochrony z wykorzystaniem aerozolu DEHS”*, WICHiR, Warszawa 2014.
- [8] NO-42-A211:2011 *Sprzęt do oczyszczania powietrza w obiektach ochrony zbiorowej — Pochłaniacze i filtropochłaniacze stosowane w urządzeniach filtrowentylacyjnych. Wymagania i badania*.
- [9] PN EN 1822-1:2019 — *Wysokoskuteczne filtry powietrza (EPA, HEPA i ULPA)*.
- [10] NO-42-A213:2011 *Sprzęt do oczyszczania powietrza w obiektach ochrony zbiorowej — Urządzenia filtrowentylacyjne. Klasyfikacja, wymagania i badania*.
- [11] PN EN 1822-4:2009 *Wysokoskuteczne filtry powietrza (EPA, HEPA i ULPA) — Część 5: Określanie skuteczności filtra*.

W. HARMATA

Protection against contamination in mobile collective protection measures' filters

Abstract. The requirements for mobile collective protection measures for purification elements, against contamination agents were characterized. The methodology and results of penetration tests of the DEHS standard aerosol spray through the material and filtration package as well as dust absorber used in mobile contamination protection agents are presented.

Keywords: filtering equipment, leakproofness of mobile protective equipment, HEPA and ULPA class filters

DOI: 10.5604/01.3001.0014.8875

