



Szczelność mobilnych środków zbiorowej ochrony przed skażeniami — metody kontroli

DOROTA KAMIONEK¹, WŁADYSŁAW HARMATA

¹ Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii, al. gen. A. Chruściela „Montera” 105,
00-910 Warszawa, d.kamionek@wichir.waw.pl

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

Abstrakt. W pracy scharakteryzowano wymagania stawiane środkom ochrony przed skażeniami, a w szczególności ruchomym środkom ochrony przed skażeniami. Przedstawiono ogólne zasady ochrony przed skażeniami z wykorzystaniem urządzeń filtrowentylacyjnych „UFW”. Omówiono problem szczelności oraz poddano analizie metody badań szczelności ogólnej mobilnych środków będących na wyposażeniu SZ RP. Przedstawiono metodykę oraz wyniki badań szczelności ogólnej ruchomych obiektów ochrony przed skażeniami.

Słowa kluczowe: obrona przed bronią masowego rażenia, urządzenie filtrowentylacyjne, szczelność ruchomych środków ochrony

DOI: 10.5604/01.3001.0014.2812

Wstęp

Rozwój cywilizacyjny to nie tylko współczesne dobrodziejstwo, lecz także wielkie niebezpieczeństwo dla człowieka i środowiska przyrodniczego. Gwałtownie rośnie zagrożenie chorobami cywilizacyjnymi, do których można zaliczyć choroby alergiczne, astmę oraz występujące coraz częściej choroby górnych i dolnych dróg oddechowych. Większość substancji (zarówno chemicznych, biologicznych, jak i neutralnych) wywołujących negatywne skutki w organizmie człowieka znajduje się w otaczającym go powietrzu. Mogą to być toksyczne gazy oraz pyły zawierające w swoim składzie bakterie, wirusy, grzyby oraz liczne pierwiastki i związki chemiczne

(organiczne i nieorganiczne). Głównymi drogami wnikania substancji toksycznych do organizmu ludzkiego są drogi oddechowe.

Ciągła zmiana sytuacji bezpieczeństwa międzynarodowego oraz pojawiające się nowe zagrożenia mają zasadniczy wpływ na charakter współczesnych operacji wojskowych. Pomimo podpisanych porozumień i konwencji następuje proliferacja BMR. Siły zbrojne muszą być odpowiednio przygotowane do przeciwstawienia się tym zagrożeniom oraz posiadać skuteczny system obrony przed bronią masowego rażenia (OPBMR). Jednocześnie planowanie i organizowanie OPBMR wymaga dokładnego zrozumienia zagrożeń oraz właściwego i elastycznego stosowania zasad ochrony do konkretnej sytuacji [1].

Nieprzestrzeganie międzynarodowej kontroli zbrojeń i zobowiązań w zakresie nieprolifracji BMR, programy rozwoju BMR oraz środków przenoszenia naruszają globalne ustalenia i stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa państwa. Niewłaściwie chroniona broń chemiczna, biologiczna, radiologiczna i jądrowa to poważne zagrożenie, szczególnie w rękach organizacji terrorystycznych. Pomimo międzynarodowych porozumień w zakresie nieprolifracji oraz zakazu użycia BMR, należy mieć świadomość, że w niektórych państwach kontynuowane są prace w dziedzinie udoskonalania środków BMR. Ponadto proces urbanizacji i globalnej industrializacji otwiera szerokie możliwości przypadkowego uwolnienia lub celowego użycia toksycznych środków przemysłowych (TSP) [1].

Z powyższych rozważań wynika, że oprócz efektywnych indywidualnych środków ochrony przed skażeniami Siły Zbrojne powinny dysponować ruchomymi środkami ochrony zbiorowej chroniącymi załogi przed oddziaływaniem skażeń.

O skuteczności tej ochrony, oprócz wysokoskutecznego filtropochłaniacza i urządzenia filtrowentylacyjnego o odpowiedniej wydajności, będzie decydowała szczelność obiektu, a dokładnie nadciśnienie wewnątrz obiektu ochronnego.

1. Ochrona przed skażeniami

Zgodnie z dokumentem doktrynalnym DD/3.8(A) „Ochrona wojsk obejmuje wykorzystanie wszystkich sił i środków w celu zabezpieczenia stanów osobowych, urządzeń, materiałów oraz przedsięwzięcia zapobiegające zagrożeniu, tak aby zachować swobodę i efektywność prowadzonych działań militarnych. Głównym celem ochrony wojsk jest zachowanie potencjału bojowego sił rozmieszczonych w rejonie i ich elementów. Ochrona wojsk zapewnia także minimalizowanie zakłóceń podczas prowadzenia działań połączonych, powstałych ze strony ludności cywilnej oraz zagrożeń asymetrycznych” [1].

Według tego dokumentu „ochrona przed skażeniami obejmuje wykorzystanie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami (ISOPS), zbiorowych środków

ochrony przed skażeniami (ZSOPS), jak również urządzeń ochrony przed skażeniami zamontowanych w obiektach infrastruktury, samolotach, okrętach, pojazdach i sprzęcie specjalnym. Organizowana jest w celu zapewnienia przetrwania stanu osobowego oraz umożliwienia dalszego prowadzenia działań w warunkach zagrożenia skażeniami i skażeń. Ochrona przed skażeniami to przedsięwzięcie polegające na maksymalnym wykorzystaniu cech użytkowych indywidualnych i zbiorowych środków ochrony przed skażeniami oraz właściwości ochronnych sprzętu bojowego, obiektów inżynieryjnych i terenu” [1].

Ponadto celem ochrony przed skażeniami jest zwiększenie zdolności wojsk do przetrwania, a więc w kalkulacjach dowódca powinien uwzględnić wrażliwość podległych wojsk na zagrożenia CBRN, z ograniczeniami wynikającymi z zastosowania środków ochrony przed skażeniami w czasie prowadzenia operacji.

Ochronę przed skażeniami dzieli się na:

- **indywidualną ochronę przed skażeniami** – to działalność polegająca na wyposażeniu każdego żołnierza w maskę przeciwgazową oraz izolacyjne lub filtracyjne środki ochrony skóry, w celu zapewnienia mu bezpieczeństwa podczas realizacji zadań w warunkach zagrożenia skażeniami lub skażeń;
- **zbiorową ochronę przed skażeniami** – działalność polegająca na zapewnieniu stanom osobowym takiej ochrony w warunkach skażeń, która daje możliwość przebywania i realizacji zadań bez ISOPS [1].

Zbiorowe środki ochrony przed skażeniami (ZSOPS) dzieli się na:

- **stacjonarne** – to systemy zbiorowej ochrony przed skażeniami stanowiące integralną część obiektów stałych (w specjalnie do tego celu wybudowanej lub przystosowanej infrastrukturze). Wyróżniamy typ ciężki, średni i lekki;
- **mobilne** – systemy zbiorowej ochrony przed skażeniami stanowiące integralną część lądowych, morskich oraz powietrznych platform nośnych. Zapewniają możliwość (lub nie) pracy po wystąpieniu zagrożenia zdarzeniem CBRN podczas przemieszczania, działania w rejonach wyjściowych i ześrodkowania itp.;
- **zdolne do przewozu** – to autonomiczne systemy zbiorowej ochrony przed skażeniami, przystosowane do rozmieszczania w rejonie działań. Zwykle są typu lekkiego i mogą być rozwijane w budynkach i innych obiektach lub na okrętach nieposiadających schronów;
- **system mieszany** – stosuje się w celu zabezpieczenia potrzeby zwiększonej filtracji powietrza dla poszczególnych członków obsługi lub załogi statku powietrznego czy pojazdu. Przeznaczony jest do wzmocnienia systemu oddechowego stanu osobowego, poprzez zwiększenie dostarczanego czynnika ochronnego lub powietrza [1].

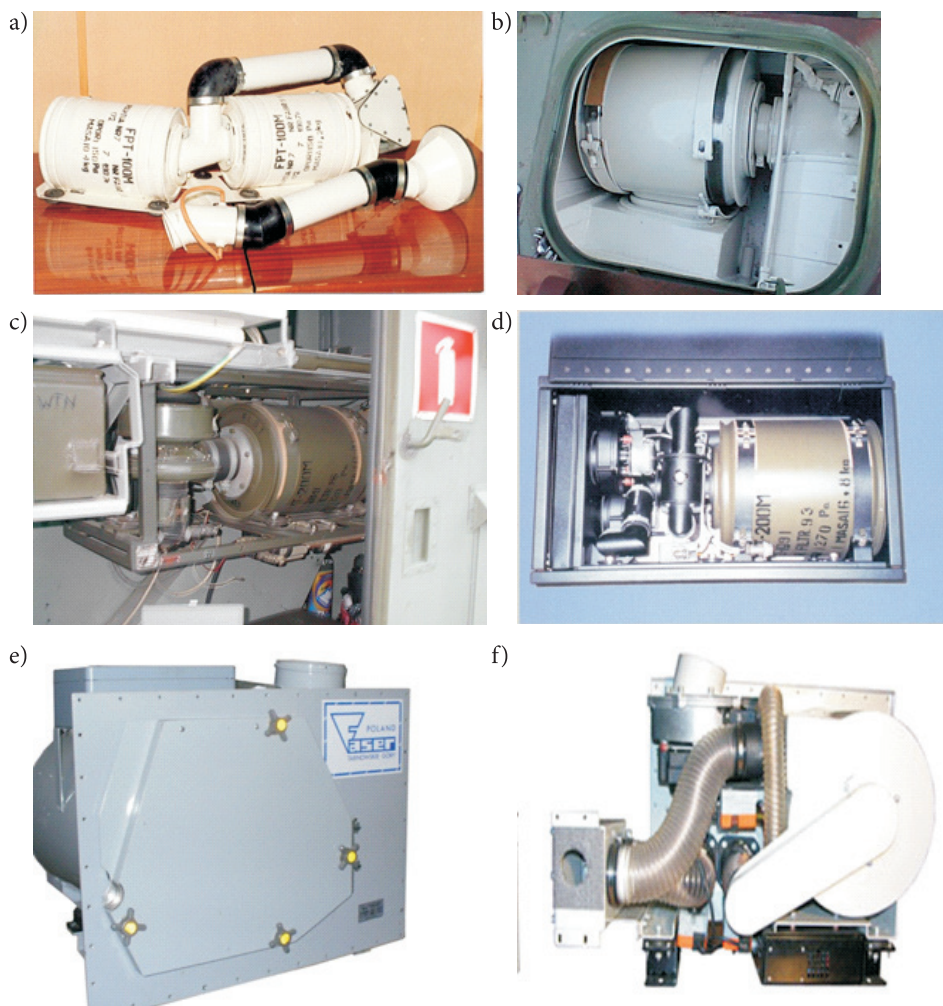
2. Ochrona zbiorowa w pojazdach

Wiele pojazdów wykorzystywanych w Siłach Zbrojnych RP wyposażonych jest w systemy ochrony zbiorowej. Przykłady urządzeń filtrowentylacyjnych przedstawiono na rysunku 1. Czołgi T-72, w zależności od daty produkcji, wyposażone są w urządzenia UFWCz-100 (z filtropochłaniaczem FPT-100B) lub w UWFCz-200 — rys. 1a (z dwoma filtropochłaniaczami FP-100B lub jednym FPT-200B). Włączanie urządzenia może odbywać się ręcznie lub automatycznie. Samobieżna haubica 122 mm 2S1 GOŹDIK wyposażona jest w dwa urządzenia filtrowentylacyjne, w przedziale bojowym (trzy osoby) z filtropochłaniaczem FPT-200M/P (rys. 1b), w przedziale mechanika kierowcy (jedna osoba) z filtropochłaniaczem FPT-100M/P. Stacje radiolokacyjne NUR-30 (typu kontenerowego) wyposażone są w urządzenia filtrowentylacyjne UFWS-100 z filtropochłaniaczami FPT-200M/P (rys. 1c). W ramach modernizacji systemu raketowego NEWA kabiny dowodzenia i naprowadzania wyposażone zostały w nowoczesne urządzenia filtrowentylacyjne UFS.B2.01-100FW/24V (rys. 1d). Urządzenie to posiada wydatek $100 \text{ m}^3/\text{h}$, wytwarza nadciśnienie o wartości 250 Pa. Dysponuje rejestracją całkowitego czasu pracy oraz pracy w reżimie filtrowentylacji. Jednak sam fakt wyposażenia pojazdu w system ochrony zbiorowej nie zapewnia jego skuteczności. Występuje wiele przypadków braku obsługi, niewłaściwego umieszczenia czy wręcz niedostosowania używanych SOZ [2, 3, 4, 5, 6].

Przykładowo urządzenia firmy Dräger, stosowane w haubicy Panzerhaubitze 2000 (rys. 2a) oraz czołgu rozpoznawczym Fuchs/Fox (rys. 2b) zapewniają wydatek powietrza $180 \text{ m}^3/\text{h}$, a ich masa wynosi ok. 90 kg.

Zalecenia tej firmy przewidują, że dla zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa wewnątrz pojazdu musi być uszczelnione tak, aby przy prędkości 70 km/h osiągnąć nadciśnienie 400 Pa, a przy prędkości 100 km/h 600 Pa, przy wydatku $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Urządzenie filtrowentylacyjne brytyjskiego czołgu Challenger 2 (rys. 2c), produkowane przez firmę MDH Defence, posiada wydatek $340 \text{ m}^3/\text{h}$. Opracowane w firmie Kinetics urządzenie LSS (*Life Support System*) — rys. 2d — może być stosowane w systemach nadciśnieniowych i wspomagających oddychanie. Umożliwia klimatyzację oczyszczonego powietrza, które może być dostarczane do całego przedziału bądź do kombinezonów.

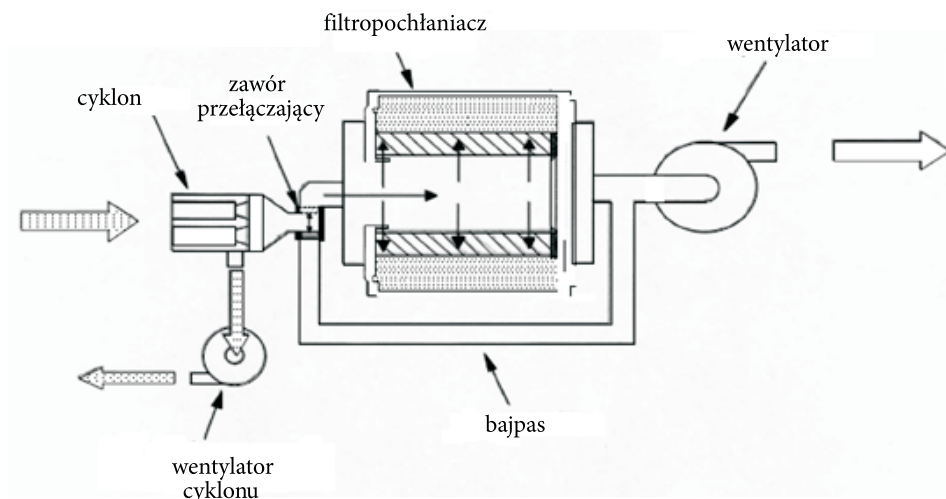
W krajowych rozwiązaniach stosuje się systemy dwudrożne: wentylacja i filtrowentylacja, a systemy prezentowane na rysunku 2 są jednodrożne — filtrowentylacja. Przykładowo kołowy transporter opancerzony 8 x 8 „ROSOMAK” wyposażony jest zespół filtrowentylacji dwudrożnej AC169-BYRM — rys. 3 [7]. Przełączanie następuje za pomocą zaworu elektromagnetycznego ręcznie lub sygnałem z gazosygnalizatora.



Rys. 1. Przykłady krajowych urządzeń filtrowentylacyjnych stosowanych w pojazdach: a) UFWCz-200 czołgu T-72, b) UFW przedziału bojowego haubicy 2S2 GOŁDZIK, c) UFW stacji radiolokacyjnej NUR-30, d) urządzenie filtrowentylacyjne UFS.B2.01-100FW, e) urządzenie filtrowentylacyjne UFS-200 do kołowych transporterów opancerzonych, f) urządzenie filtrowentylacyjne dla kołowego transportera opancerzonego (źródło: a, b, c — materiały WIChiR, d, f — materiały firmy ARMPOL, e — materiały FASER)



Rys. 2. Przykłady zagranicznych urządzeń filtrowentylacyjnych do pojazdów: a) UFW haubicy Panzerhaubitze 2000, b) UFW czołgu rozpoznawczego Fuchs/Fox, c) UFW czołgu Challenger 2, d) Life Support System (źródło: a, b — materiały firmy Dräger, c — materiały firmy MDH Defence, d — materiały firmy Kinetics Ltd.)



Rys. 3. Schemat blokowy zespołu filtrowentylacji AC169-BYRM (licencja firmy AMETEK Aircontrol Technologies)

3. Metody zapewniania szczelności

W przypadku wystąpienia skażenia konieczne jest maksymalne uszczelnienie pojazdu (zamknięcie włazów, luków itp.). Na skutek małej naturalnej wymiany powietrza w ograniczonej przestrzeni dochodzi po pewnym czasie do spadku zawartości tlenu, zwiększa się natomiast zawartość ditlenku węgla. W celu wyeliminowania tych zjawisk konieczne jest dostarczanie do wnętrza pojazdu odpowiedniej ilości oczyszczonego powietrza. Pojazdy wyposażane są więc w systemy ochrony zbiorowej, pracujące w jeden z następujących sposobów:

- a) nadciśnieniowe — oczyszczone powietrze dostarczane jest bezpośrednio do wnętrza pojazdu. Wytwarzane jest nadciśnienie zapobiegające dostawianiu się skażonego powietrza do środka, co jest szczególnie istotne podczas ruchu pojazdu. Oprócz ochrony załogi zapewnia się ochronę wnętrza pojazdu przed skażeniem;
- b) wspomagające oddychanie (kolektorowe) — powietrze do oddychania dla członków załogi jest dostarczane przewodami. Wymagają stosowania przez załogę środków ochrony dróg oddechowych (masek specjalnych bądź ogólnowojskowych), zapewniają lepszą filtrację i większy wydatek powietrza niż maski [8].

Niewątpliwie bardziej komfortowe warunki stwarzają systemy nadciśnieniowe, jednak w przypadku, gdy nie jest możliwe (bądź celowe) zapewnienie nadciśnienia i filtracji w całej przestrzeni pojazdu, stosowane są systemy wspomagające oddychanie. Głównym elementem SOZ są urządzenia filtrowentylacyjne, które powinny dostarczać odpowiednią ilość oczyszczonego powietrza, zależną od liczby członków załogi oraz wartości utrzymywanego nadciśnienia [9]. W krajowym ustawodawstwie znajduje się wymóg, że na jedną osobę dostarczana ilość powietrza powinna wynosić nie mniej niż 20 m³/h [10], a w wymaganiach NATO min. 17 m³/h na osobę [11].

Przed restrukturyzacją Sił Zbrojnych w kompaniach chemicznych związków taktycznych były komórki (w strukturze ruchomych warsztatów chemicznych) przeznaczone do badań szczelności uzbrojenia i sprzętu wojskowego. W ramach obsługi sezonowych sprawdzano szczelność z wykorzystaniem manometru (U-rurka) z przyrządów do kontroli masek przeciwgazowych PKM-64 lub PKM-66. Szczelność obiektu określano na podstawie uzyskanej różnicy ciśnień (nadciśnienia) wewnątrz pojazdu i ciśnienia atmosferycznego. W tym celu np. w BWP-1 jedno ramię manometru łączyło wężykiem z wnętrzem transportera przez tylny luk strzelniczy, uszczelniano połączenie, uruchamiano silnik pojazdu, pozostawiając go na średnich obrotach, włączano UFW i po ustabilizowaniu się nadciśnienia wewnątrz (po ok. 5 min) dokonywano pomiaru. Dla BWP nadciśnienie powinno zawierać się w granicach 200÷300 Pa (rys. 4).



Rys. 4. Metoda określenia szczelności BWP: 1 — osłonięty luk strzelniczy na zewnątrz transportera; 2 — widok luku wewnątrz transportera; 3 — manometr z PKM; 4 — wylot z UFW; 5 — odciąg gazów prochowych [opracowanie własne]

Nie prowadzono oceny nieszczelności, a z powyższego badania sporządzano protokół dla dowódcy jednostki. Po rozwiązaniu kompanii chemicznych w SZ RP nie sprawdza się szczelności nawet po naprawach przeprowadzanych w specjalistycznych zakładach.

4. Metodyka badań szczelności ruchomych środków ochrony przed skażeniami

Metodykę opracowano w postaci 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* [12].

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

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

Celem badań jest określenie:

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

Pomiar polega na określeniu współczynnika ochrony obiektu z wykorzystaniem aerozolu DEHS.

Współczynnik ochrony wylicza się według wzoru:

$$\text{współczynnik ochrony} = \frac{c_k}{c_{ob}} \quad (1)$$

gdzie: c_k — stężenie aerozolu w komorze aerozolowej;
 c_{ob} — stężenie aerozolu w obiekcie.

Jako wynik badania podaje się wartość średnią z pomiarów x w wyliczonym przedziale ufności według poniższych zależności:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

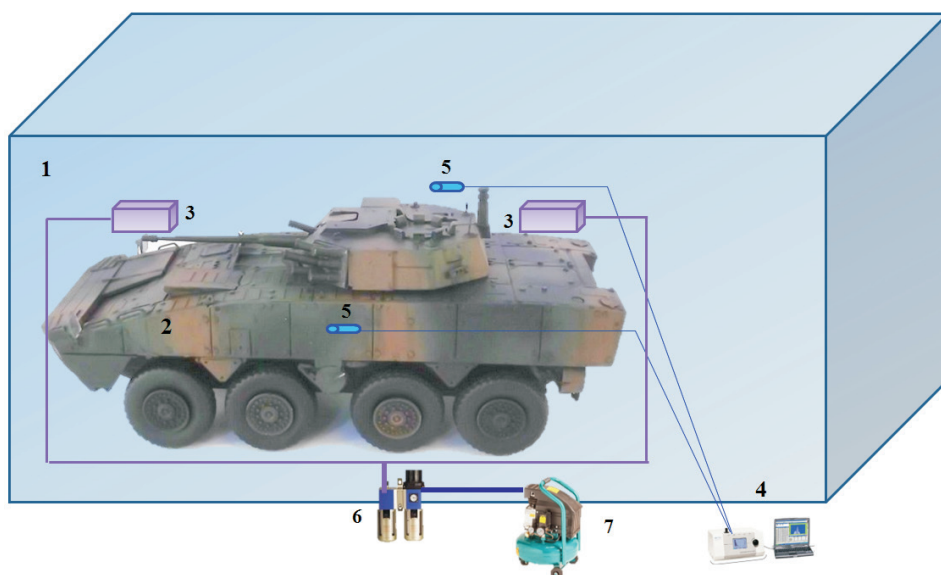
$$\bar{x} - 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \text{współczynnik ochrony} < \bar{x} + 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

gdzie: n — całkowita liczba pomiarów;
 \bar{x} — wartość średnia pomiaru;
 x_i — wartość i -tego pomiaru;
 σ — odchylenie standardowe.

Średni współczynnik ochrony $\geq 10\ 000$

Schemat stanowiska pomiarowego przeznaczonego do badania szczelności ogólnej ruchomych środków ochrony zbiorowej przez określenie współczynnika ochrony z wykorzystaniem aerozolu DEHS oraz badania penetracji (skuteczności filtracji) układów oczyszczania powietrza w ruchomych środkach ochrony zbiorowej przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Schemat stanowiska pomiarowego do badania szczelności ogólnej ruchomych środków ochrony przed skażeniami przez określenie współczynnika ochrony z wykorzystaniem aerozolu DEHS oraz kontrolę nadciśnienia i badanie penetracji (skuteczności filtracji) elementów oczyszczających powietrze w ruchomych środkach ochrony zbiorowej: 1 — komora aerozolowa; 2 — badany obiekt; 3 — generator aerozolu; 4 — fotometr z laptopem (manometr różnicowy); 5 — sonda aerozolowa; 6 — reduktor ciśnienia z odwadniaczem; 7 — sprężarka

[opracowanie własne]

5. Badania szczelności ogólnej KTO „Rosomak” przez określenie współczynnika ochrony z wykorzystaniem aerozolu DEHS

Badania nr 1

Transporter posiadał urządzenie filtrowentylacyjne UFW AC169-BYRM z filtropochłaniaczem FPDP-200 — oba bez atestu.

Badania prowadzono w garażu. Nad transporterem zbudowano komorę aerozolową z folii PCV (rys. 6). Rozmieszczono aparaturę i wyposażenie zgodnie ze schematem (rys. 5). Sondę do fotometru wyprowadzono przez specjalnie zabezpieczony tylny luk strzelniczy (rys. 7). Mechanik-kierowca uruchomił silnik i ustawił jego obroty na 1200-1500 obr/min, a następnie włączył urządzenie filtrowentylacyjne w trybie filtrowentylacji. Po ustabilizowaniu się obrotów silnika przystąpiono do badań.



Rys. 6. Budowa komory aerozolowej nad transporterem
[źródło: ze zbiorów WICHiR]



Rys. 7. Króciec do poboru próbek w łuku strzelniczym w drzwiach desantowych KTO „Rosomak”
[źródło: ze zbiorów WICHiR]

Wyniki badań nr 1

TABELA 1

Pomiar nadciśnienia w transporterze [Pa]

	n	średnia	przedział ufności		mediana	min.	max.	SD
			-95%	+95%				
nadciśnienie odczytane z Monofix SX-05	10	356	344	367	360	330	380	16,4
nadciśnienie miernika transportera	10	353	348	358	350	340	360	6,7
Wymaganie: $350 \pm 10\%$								

Wynik pozytywny — nadciśnienie ok. 356 Pa ($315 < \bar{x} < 385$ Pa)

TABELA 2

Pomiar wydatku UFW [m^3/h]

	n	średnia	przedział ufności		mediana	min.	max.	SD
			-95%	+95%				
wydatek	10	219	203	235	212	196	262	22,0
Wymaganie: $200 \pm 10\%$								

Wynik pozytywny — wydatek ok. 219 m^3/h ($180 < \bar{x} < 220$ m^3/h)

TABELA 3

Pomiar szczelności ogólnej transportera

Stężenie aerozolu mg/m^3	n	średnia	przedział ufności		mediana	min.	max.	SD
			-95%	+95%				
komora aerozolowa	360	11,68	11,53	11,84	11,97	9,80	14,50	1,49
wnętrze obiektu	360	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0006	0,0001
Wymaganie: 10 000								
obliczony średni współczynnik ochrony =								57 920
obliczony min. współczynnik ochrony na poziomie ufności +95% =								55 436
obliczony maks. współczynnik ochrony na poziomie ufności -95% =								60 714

Badanie nr 2

Obiektem badań był KTO „Rosomak” w wersji S (sanitarnej) z oryginalnym UFW Ametek z 2004 roku z filtropochłaniaczem FPT-170. Filtropochłaniacz i UFW nie miały atestu producenta.

Wyniki badań nr 2

TABELA 4

Pomiar nadciśnienia w transporterze [Pa]

	n	średnia	przedział ufności		mediana	min.	max.	SD
			-95%	+95%				
nadciśnienie odczytane z Monofix SX-05	10	472	461	483	475	450	500	15,5
nadciśnienie miernika transportera	10	354	350	358	350	350	360	5,2
Wymaganie: 350 ± 10%								

Wynik negatywny — nadciśnienie ok. 472 Pa ($315 < \bar{x} < 385$ Pa)

TABELA 5

Pomiar wydatku UFW [m^3/h]

	n	średnia	przedział ufności		mediana	min.	max.	SD
			-95%	+95%				
wydatek	10	172	168	175	170	165	180	5,1
Wymaganie: Wymaganie: 170 ± 10%								

Wynik pozytywny — wydatek ok. 172 m^3/h ($153 < \bar{x} < 187$ m^3/h)

Badania zgodnie z przyjętą metodyką powinny zostać przerwane, pomiary szczelności ogólnej wykonano w celach poznawczych.

TABELA 6

Pomiar szczelności ogólnej transportera

Stężenie aerozolu mg/m^3	n	średnia	przedział ufności		mediana	min.	max.	SD
			-95%	+95%				
komora aerozolowa	360	13,59	12,79	14,40	13,59	11,05	15,89	1,50
wnętrze obiektu	360	0,0190	0,0150	0,0220	0,0180	0,0100	0,0330	0,0071
Wymaganie: 10 000								
obliczony średni współczynnik ochrony =								729
obliczony min. współczynnik ochrony na poziomie ufności +95% =								642
obliczony maks. współczynnik ochrony na poziomie ufności -95% =								861

Oględziny transportera:

- połączenie (uszczelnienie) filtropochłaniacza z urządzeniem filtrowentylacyjnym nie było dostatecznie szczelne;
- rozdarcie fartucha uszczelniającego UFW (szczegół rys. 8);
- odstająca płyta osłony zasilania zewnętrznego (szczegół rys. 9).



Rys. 8. Rozerwanie fartucha UFW [źródło: ze zbiorów WIChiR]



Rys. 9. Widok odstającej płyty osłony zasilania zewnętrznego
[źródło: ze zbiorów WIChiR]

Badania nr 3

Warunki badań jak w badaniu nr 1. Jako miernik cząstek aerozolu DEHS zastosowano laserowy licznik cząstek Lasair II-110, nr 37360. Wyniki przedstawiono w tabeli 7.

TABELA 7

Wyniki badań szczelności ogólnej transportera (odczyt z programu Facility Net)

Sonda w komorze aerozolowej		(rozcieńczenie 10 000)					
	<i>d</i> [mm]	0,125	0,175	0,25	0,4	0,75	1
12:30:40	38 131	10 549	9 853	7 435	8 345	2 576	373
12:31:00	39 275	10 714	9 268	7 732	8 648	2 567	346
12:31:20	39 977	10 934	9 525	7 983	8 524	2 658	353
12:31:40	40 426	11 111	9 470	8 138	8 662	2 691	354
12:32:00	41 410	11 447	9 557	8 508	8 746	2 737	415
	średnia	10 951	9 535	7 959	8 585	2 646	368
Sonda wewnątrz transportera							
12:30:37	98 880	24 017	22 773	11 234	1 231	827	23
12:30:57	91 815	24 198	22 965	11 244	1 245	834	23
12:31:17	91 752	24 198	22 874	11 100	1 260	851	24
12:31:37	96 643	24 143	22 880	11 081	1 258	852	24
12:31:57	92 423	24 320	23 024	10 953	1 291	869	25
12:32:17	98 044	24 264	22 869	10 880	1 277	871	25
	średnia	24 190	22 898	11 082	1 260	851	24
szczelność ogólna transportera dla poszczególnych wielkości cząstek aerozolu							
		4 527	4 164	7 182	68 135	31 090	153 417

Z przedstawionych wyników badań można wywnioskować, że laserowy licznik cząstek oprócz aerozolu DEHS rejestrował prawdopodobnie cząstki kurzu z przedziału desantowego (kolumna 2). Wyniki szczelności ogólnej KTO „Rosomak” są rozbieżne z wynikami uzyskanymi zgodnie z opracowaną metodyką z wykorzystaniem fotometru. Laserowy licznik cząstek jest urządzeniem laboratoryjnym i do badań penetracji filtropochłaniaczy podawane jest tzw. „ultraczyste” powietrze.

6. Analiza możliwości wykorzystania chloropikryny do badań szczelności ruchomych środków ochrony zbiorowej

W SZ RP panuje pogląd, że metoda z wykorzystaniem DEHS jest zbyt skomplikowana. Zamiast metodyki z DEHS powinna być stosowana metodyka z użyciem chloropikryny (podobnie jak przy kontroli szczelności masek).

Wątpliwości budzi zamiana metody ilościowej z DEHS na nieparametryczną (jakościową) z wykorzystaniem nieobojętnego dla organizmu człowieka czynnika, jakim jest trichloronitrometan (chloropikryna).

Z karty charakterystyki substancji niebezpiecznej opracowanej przez Centralny Instytut Ochrony Pracy można uzyskać informacje toksykologiczne chloropikryny [13]:

Informacje toksykologiczne:

Stężenia oraz dawki śmiertelne i toksyczne:

próg wyczuwalności zapachu — $5,5 \text{ mg/m}^3$,

dawka śmiertelna LD_{50} (szczur, doustnie) — 250 mg/kg ,

TCL_0 (człowiek, inhalacja) — 2 mg/m^3 ,

TCL_0 (człowiek, inhalacja) — 2000 mg/m^3 (10 min)¹,

najwyższe dopuszczalne stężenie NDS — $0,5 \text{ mg/m}^3$,

najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe NDSch — $1,5 \text{ mg/m}^3$.

Działanie toksyczne i inne szkodliwe działanie biologiczne na ustrój człowieka:

substancja bardzo toksyczna, silnie drażniąca.

Drogi wchłaniania: drogi oddechowe, przewód pokarmowy.

Do oceny metody przyjęto, że badanie odbędzie się na UFW AC169-BYRM KTO „Rosomak”. Jak wspomniano powyżej, jest to urządzenie dwudrożne — wentylacja i filtrowentylacja. Przełączenie następuje sposobem ręcznym lub automatycznie po uzyskaniu sygnału roboczego z automatycznego sygnalizatora skażeń. KTO posiada w swoim wyposażeniu gazosygnalizator CHERDES-2 (lub 3), który nie ma możliwości wykrywania chloropikryny. Zatem przełączenie następuje ręcznie — zgodnie z WT urządzenia czas przełączenia trwa ok. 10 s (zamykanie zaworu przełączającego). Założono, że przełączenie następuje płynnie w ciągu 10 s, objętość przedziału desantowego KTO — 12 m^3 , wydatek UFW — $200 \text{ m}^3/\text{h}$. Do wnętrza transportera powinno przeniknąć więcej niż $5,5 \text{ mg/m}^3$.

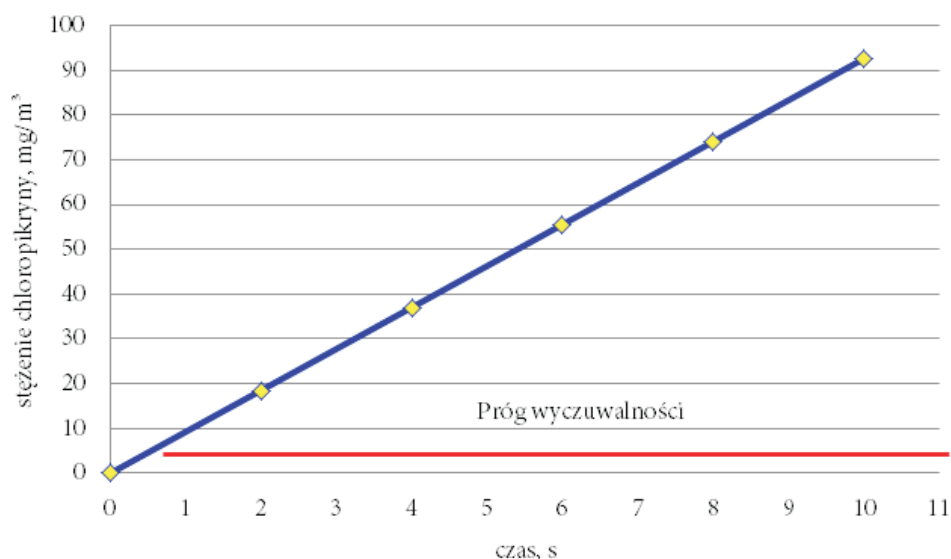
Stężenie wyjściowe chloropikryny przyjęto na 5000 mg/m^3 (zgodnie z wymaganiami NO-42-A211:2011 p. 5.3.8 badanie pojemności sorpcyjnej). Przy takich założeniach obliczone stężenie chloropikryny w przedziale desantowym przedstawiono w tabeli 8 i na rysunku 10.

¹ TCL_0 — wartość najniższego opublikowanego stężenia toksycznego dla ludzi.

TABELA 8

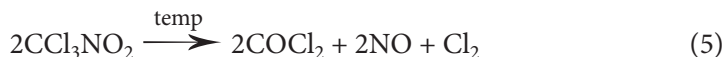
Obliczone stężenie chloropikryny przy otwieraniu zaworu przełączającego

Czas [s]	Stężenie chloropikryny w powietrzu w przedziale desantowym [mg/m^3]
0	0
2	18,5
4	37,1
6	55,6
8	74,1
10	92,6



Rys. 10. Stężenie chloropikryny we wnętrzu KTO przy przełączeniu systemu z wentylacji czystej na filtrowentylację

W przywołanej normie NO-42-A211:2011 stężenie przebicia określono na $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ przy minimalnym czasie przebicia 20 minut (tylko dla warunków laboratoryjnych), a więc wystąpi zjawisko wyczerpania pojemności sorpcyjnej filtropochłaniacza. Jest to przypadek, gdy praktycznie można sprawdzić szczelność UFW pracującego w trybie filtrowentylacji, a nie całego transportera, gdyż wytworzenie stabilnego stężenia chloropikryny w komorze aerozolowej byłoby trudne. Podgrzewanie chloropikryny również nie powinno mieć miejsca, gdyż może wystąpić zjawisko rozkładu chloropikryny na bardzo toksyczny fosgen.



Filtropochłaniacze masek w systemach ochrony zbiorowej nie są testowane na obecność fosgeny, a więc nieznan jest czas ochronnego działania. W przeszłości, w czasie ćwiczeń tzw. masowego dopasowania masek, zdarzały się przypadki podtrucia żołnierzy fosgenem.

Do wykrywania chloropikryny preferowane są metody chromatograficzne (głównie GC-MS), a więc analiza może być niewykonalna wobec braku odpowiedniego oprzyrządowania aparaturowego w JW.

Jeżeli powyższe badania będą prowadzone z udziałem ludzi, to niezbędne będzie uzyskanie dla każdego badania zezwolenia Komisji Bioetycznej.

Dodatkowo po każdym badaniu należałoby wymienić filtropochłaniacz na nowy (desorpcja chloropikryny, wyczerpanie pojemności sorpcyjnej) i zastanowić się nad koniecznością odkażania UFW, a na pewno zaistnieje konieczność długotrwałego przewietrzania przedziału desantowego transportera.

Wydaje się, że metoda z wykorzystaniem chloropikryny do sprawdzania szczelności ruchomych środków ochrony przed skażeniami jest nietrafionym pomysłem.

7. Podsumowanie

Ochrona przed skażeniami powinna być jednym z najważniejszych ogniw w systemie OPBMR, gdyż istnieje nadal bardzo duże potencjalne zagrożenie skażeniami chemicznymi, promieniotwórczymi, a także biologicznymi. Z uwagi na postęp cywilizacyjny bardzo szybko rośnie zagrożenie pochodzące od środków przemysłowych oraz zagrożenie działaniami asymetrycznymi z możliwością wykorzystania tych substancji.

W pracy skupiono się na jednym elemencie tego systemu, a mianowicie mobilnych środkach zbiorowej ochrony przed skażeniami. Elementami tego systemu są urządzenia filtrowentylacyjne z odpowiedniej klasy filtropochłaniaczami oraz zachowaną szczelnością obiektu.

Bardzo ważnym elementem ochrony przed skażeniami jest szczelność techniki wojskowej. Z przeprowadzonej analizy wynika, że ten element ochrony zbiorowej wymaga istotnej poprawy. Nowo wdrażana technika wojskowa jest badana na szczelność, a eksploatowana doraźnie lub w ogóle. Szczelny obiekt z właściwym urządzeniem filtrowentylacyjnym (odpowiednie naciśnienie) może zabezpieczyć załogę przed zewnętrznymi skażeniami (zakażeniami).

Opracowana w WICHiR metoda oparta jest na wyznaczeniu współczynnika ochrony obiektu wyrażonego jako iloraz stężenia aerozolu (wzorcowego aerozolu DEHS) w atmosferze obiektu do stężenia tego aerozolu wewnątrz obiektu.

Metoda jest prosta i powinna być wdrożona do SZ RP jako element kontroli techniki wojskowej nowo wprowadzanej i po remontach w zakładach. Dla sprzętu eksploatowanego w JW w miejsce zaproponowanego w metodyce fotometru może być użyty, wprowadzany do SZ RP, przyrząd do kontroli masek PORTACOUNT, który umożliwia określanie współczynnika ochrony na wymaganym poziomie 10 000.

Badania na obiektach nowo wprowadzanych i po remontach powinny być wykonywane przez zespoły z laboratoriów akredytowanych, a w JW w ramach badań eksploatacyjnych (np. okresowych) przez zespoły np. z warsztatów chemicznych, po wyposażeniu w sprzęt i metodykę (np. w odtworzonych ruchomych warsztatach sprzętu chemicznego).

Metoda określania szczelności mobilnej techniki wojskowej za pomocą chloropikryny jest niebezpieczna i kosztowna. Błędnie założono, że chloropikryna nie wyczerpuje pojemności sorpcyjnej filtropochłaniaczy, choć w NO-42-A211:2011 wymagane są badania na desorpcję chloropikryny z obciążonego tą substancją filtropochłaniacza. Po takich badaniach należałoby, w najlepszym przypadku, filtropochłaniacz wymienić na nowy i powtórnie przeprowadzić badania.

Artykuł był częściowo finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach realizacji projektu PBS 900/WAT/2019 pt. *Naukowe aspekty doskonalenia wojskowego systemu rozpoznania skażeń i przeciwdziałania zagrożeniom CBRN*.

Artykuł wpłynął do redakcji 21.01.2020. Zatwierdzono do publikacji 5.03.2020.

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

LITERATURA

- [1] *Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych DD/3.8(A)*, MON, Centrum Doktryn i Szkolenia Sił Zbrojnych, sygn. Szkol. 869/2013.
- [2] NO-42-A211:2011 *Sprzęt do oczyszczania powietrza w obiektach ochrony zbiorowej – Pochłaniacze i filtropochłaniacze stosowane w urządzeniach filtrowentylacyjnych – Wymagania i badania*.
- [3] NO-42-A212:2011 *Sprzęt do oczyszczania powietrza w obiektach ochrony zbiorowej – Filtry stosowane w urządzeniach filtrowentylacyjnych – Klasyfikacja, wymagania i badania*.
- [4] PN EN 1822-1:2019 — *Wysokoskuteczne filtry powietrza (EPA, HEPA i ULPA)*.
- [5] PN-EN ISO 29463 — *Wysokoskuteczne filtry i materiały filtracyjne do usuwania cząstek z powietrza*.
- [6] NO-42-A213:2011 *Sprzęt do oczyszczania powietrza w obiektach ochrony zbiorowej – Urządzenia filtrowentylacyjne — Klasyfikacja, wymagania i badania*.
- [7] *Kołowy transporter opancerzony 8 x 8 Rosomak. Instrukcja eksploatacji. Opis i użytkowanie*, Edycja III, Siemianowice Śląskie, 2005.
- [8] HARMATA W., *Ochrona przed skażeniami. Cz. III. Podstawy teoretyczne i rozwiązania praktyczne w dziedzinie zbiorowych środków ochrony przed skażeniami*, Wyd. WAT, Warszawa, 2015.

- [9] 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.
- [10] 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. z dnia 7 czerwca 2019 r., poz. 1065.
- [11] NATO Standard ATP-70 Collective protection in a chemical, biological, radiological and nuclear environment (CBRN — COLPRO). Edition A, Versio 1 April 2014.
- [12] 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.
- [13] Trichloronitrometan, <https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl> [dostęp: 01.2020].

D. KAMIONEK, W. HARMATA

Tightness of movable means of collective protection against contamination – control methods

Abstract. This paper characterizes the tasks assigned to pollution protection measures, in particular mobile pollution protection measures. General principles of protection against contamination, using filter ventilation systems “UFW”, are presented. The problem was discussed and the method of testing the general tightness of movable means present in the SZ of RP was analyzed. The methodology and the results of tests for general tightness of mobile objects of protection against pollution are presented.

Keywords: defense against weapons of mass destruction, filter ventilation systems, tightness of movable protection means

DOI: 10.5604/01.3001.0014.2812