

Station for testing the sorption capacity and protection time of combined filters against chloropicrin and cyanogen chloride, designed for collective protection filter-ventilation devices

Stanowisko do badania pojemności sorpcyjnej i czasu ochronnego filtropochłaniaczy, wobec chloropikryny i chlorocyjanu, przeznaczonych do urządzeń filtrowentylacyjnych ochrony zbiorowej



DOI: 10.15199/62.2024.10.3

Adsorption tests of CCl_3NO_2 and $CNCl$ were carried out on combined filters used by the military. The tests were performed on a research stand built for this purpose. Its construction was presented, focusing on the selection of appropriate materials, their integration and achieving appropriate research conditions, taking into account the guidelines included in the relevant normative documents.

Keywords: chloropicrin, cyanogen chloride, combined filters for collective protection

W pracy przedstawiono metodologię badania i stanowisko przeznaczone do weryfikacji jakości filtropochłaniaczy ochrony zbiorowej. Prace polegały na doborze odpowiednich materiałów, ich integracji oraz osiągnięciu odpowiednich warunków badań, mając na uwadze wytyczne ujęte w odpowiednich dokumentach normatywnych. Przedstawione badania dotyczyły adsorpcji chloropikryny i chlorocyjanu na gotowych wyrobach przeznaczonych na wyposażenie wojska.

Słowa kluczowe: chloropikryna, chlorocyjan, filtropochłaniacze ochrony zbiorowej

Środki ochrony zbiorowej służą ochronie grupy ludzi przed niebezpiecznymi oraz szkodliwymi czynnikami, pojawiającymi się np. w środowisku pracy. Przy rozpatrywaniu ochrony pojedynczego pracownika określa się środki ochrony indywidualnej, natomiast środki ochrony zbiorowej stosuje się jako rozwiązania techniczne w pomieszczeniach pracy, korytarzach, piwnicach, a nawet schronach. W rzeczywistości są to uszczelnione pomieszczenia wyposażone w układy filtrowentylacji (UFW) stanowiące środki ochrony zbiorowej, których zadaniem jest ochrona pracowników przed występującymi

w środowisku pracy zagrożeniami. Różnorodność układów wynika często z lokalnych warunków, jak również z chwilowych potrzeb. Ochrona zbiorowa powinna być uwzględniona już na etapie tworzenia projektów budowlanych oraz zatwierdzona przez rzeczoznawcę¹⁾.

W wojsku do ochrony zbiorowej stosowane są przede wszystkim urządzenia filtrowentylacyjne wyposażone w filtropochłaniacze (FP), których funkcją jest oczyszczanie powietrza z gazów toksycznych oraz pyłów potencjalnie zawierających bakterie, wirusy, grzyby lub substancje promieniotwórcze^{2, 3)}.



Mgr Ewelina BOJARSKA (ORCID 0000-0002-2083-0277) w roku 2013 ukończyła studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Od 2021 r. pracuje w Zakładzie Ochrony przed Skażeniami w Wojskowym Instytucie Chemii i Radiometrii. Specjalność – analityka chemiczna.



Mgr Elwira FURTAK (ORCID 0000-0001-7855-6736) w roku 1997 ukończyła studia na Wydziale Biologii Wyższej Szkoły Rolniczo-Pedagogicznej (obecnie Uniwersytet w Siedlcach). Od 1998 r. pracuje w Wojskowym Instytucie Chemii i Radiometrii, obecnie w Zakładzie Ochrony przed Skażeniami. Specjalność – mikrobiologia.

* Adres do korespondencji:

Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii, al. gen. Antoniego Chruściela „Montera” 105, 00-910 Warszawa, tel.: (22) 516-99-10, fax: (22) 516-99-90, e-mail: e.bojarska@wichir.waw.pl

W celu pozbycia się par substancji wysokotoksycznych ze strumienia powietrza wykorzystuje się zjawisko adsorpcji, stosując materiały funkcjonalne, np. sita molekularne, bentonity lub porowate materiały węglowe^{2,3}. Najczęściej stosowane są węgle aktywne z naniesionymi katalizatorami, które intensyfikują magazynowanie najbardziej lotnych związków, takich jak cyjanowódor, chlorocyjan, amoniak i ditlenek siarki^{3,4}.

W dobie potencjalnego zagrożenia konfliktem zbrojnym wszystkie jednostki mobilne i stacjonarne, tzw. obiekty ochrony zbiorowej (OOZ), powinny być bezwzględnie wyposażone w systemy filtrowentylacji, najlepiej dwudrożnej. OOZ typu stacjonarnego lub polowego zarówno o przeznaczeniu wojskowym, jak i cywilnym (schrony, szpitale) oraz obiekty ruchome (wozy bojowe, pojazdy mechaniczne, okręty) powinny być specjalnie przygotowane i przystosowane do ochrony ludzi i sprzętu przed skutkami użycia broni masowego rażenia (BMR), a także przed toksycznymi substancjami przemysłowymi (TSP). Z kolei systemy filtrowentylacji dwudrożnej powinny być wyposażone w sekcje filtracji i sorpcji odpowiedzialne za odpowiednio separację cząstek stałych (pyłu) oraz pochłanianie gazów i cieczy (magazynowanie) wewnątrz nanoporowatej struktury⁵.

Ważnym aspektem jest bezwzględne przestrzeganie reżimu wymiany filtropochłaniaczy w urządzeniach filtrowentylacyjnych. Okres przydatności FP warunkowany jest przez wiele dokumentów, m.in. instrukcje krajowe, warunki techniczne dla filtropochłaniaczy różnego typu oraz dokumenty NATO, np. FM 3-11.4⁶⁻¹³. W tego typu dokumentach uwzględnia się obsługę dziennika pracy UFW oraz ramy czasowe wykorzystywanych sprzętów eksploatacyjnych. Dlatego też należy zaznaczyć, że filtropochłaniacze nie neutralizują substancji skażających, tylko magazynują (adsorbują) je wewnątrz struktury materiałów funkcjonalnych^{4,6}. Stąd dla każdego typu filtropochłaniacza zostały opracowane warunki techniczne, w których zawarte są wymogi oraz możliwości zastosowania, czyli pojemność sorpcyjna oraz czas ochrony na wybrane substancje, uwzględniając ich typ i rodzaj (kwaśne, zasadowe, organiczne, nieorganiczne). Wymiana i utylizacja skażonych filtropochłaniaczy powinna być prowadzona ze szczególną ostrożnością przez odpowiednie jednostki w państwie. Odpowiednie rygory

zostały również opracowane dla filtropochłaniaczy stosowanych w maskach przeciwgazowych (sprzęt ochrony indywidualnej)⁴⁻⁸.

Obecnie w wojsku skuteczność i efektywność filtropochłaniaczy jest sprawdzana w kontekście narażenia w kontrolowanych warunkach wobec reprezentantów BST (chloropikryna i chlorocyjan) i TSP (chlor i amoniak)^{2,3,14}. Jednakże coraz wyższe standardy i wymagania determinują opracowanie coraz dokładniejszych metod kontroli jakości wyposażenia. Filtropochłaniacze w trakcie okresu przydatności muszą bezwzględnie zapewniać odpowiednią ochronę przed TSP¹⁵.

Celem pracy było opracowanie nowego stanowiska badawczego i metodologii do weryfikacji i oceny filtropochłaniaczy przeznaczonych do sprzętu ochrony zbiorowej.

Część doświadczalna

Materiały

Do badań jako substancje testowe wykorzystano chlorocyjan i chloropikrynę o czystości min. 98%, które zostały wyprodukowane na stanowiskach do syntezy w Wojskowym Instytucie Chemii i Radiometrii (WiChIR). Pirydyna cz. pochodziła z firmy Warchem, dimedon o czystości 99,0% z firmy Pol-Aura (Morąg), skrobia cz.d.a. oraz jodek potasu cz.d.a. z firmy Chempur (Piekary Śląskie). Badania zostały przeprowadzone na próbkach badawczych od producenta krajowego.

Aparatura

Nowe stanowisko badawcze do weryfikacji i oceny sprzętu przeznaczanego do ochrony zbiorowej zostało zaprojektowane i zbudowane z materiałów niekorodujących ze względu na agresywne środowisko pracy. Uwzględniono w nim także możliwość sprawdzania szerokiego zakresu parametrów. Układ badawczy wyposażono w wiele przyłączy umożliwiających zamontowanie do badań wszystkich rodzajów filtropochłaniaczy znajdujących się na wyposażeniu Sił Zbrojnych RP. Ze względu na silnie toksyczny, korozyjny i drażniący charakter substancji testowych układ został wyposażony w sprzęt elektroniczny jedynie w niezbędnym stopniu. Substancje testowe (chlorocyjan i chloropikryna) podawano za pomocą opracowanego w WiChIR



Dr inż. Łukasz OSUCHOWSKI (ORCID: 0000-0002-8483-8841) w roku 2016 uzyskał stopień doktora nauk chemicznych na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarostawa Dąbrowskiego w Warszawie. Od 2018 r. jest zatrudniony jako adiunkt w Centrum Inżynierii Biomedycznej Instytutu Optoelektroniki tej samej uczelni. Specjalność – adsorpcja, adsorbenty węglowe.



Mgr inż. Paweł RYTEL (ORCID: 0000-0001-7009-1110) w roku 2010 ukończył studia chemiczne w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. W latach 2010–2023 pracował w Zakładzie Ochrony przed Skażeniami Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii. Od 2023 r. pracuje w Polskim Centrum Akredytacji. Specjalność – materiały niebezpieczne i ratownictwo chemiczne.

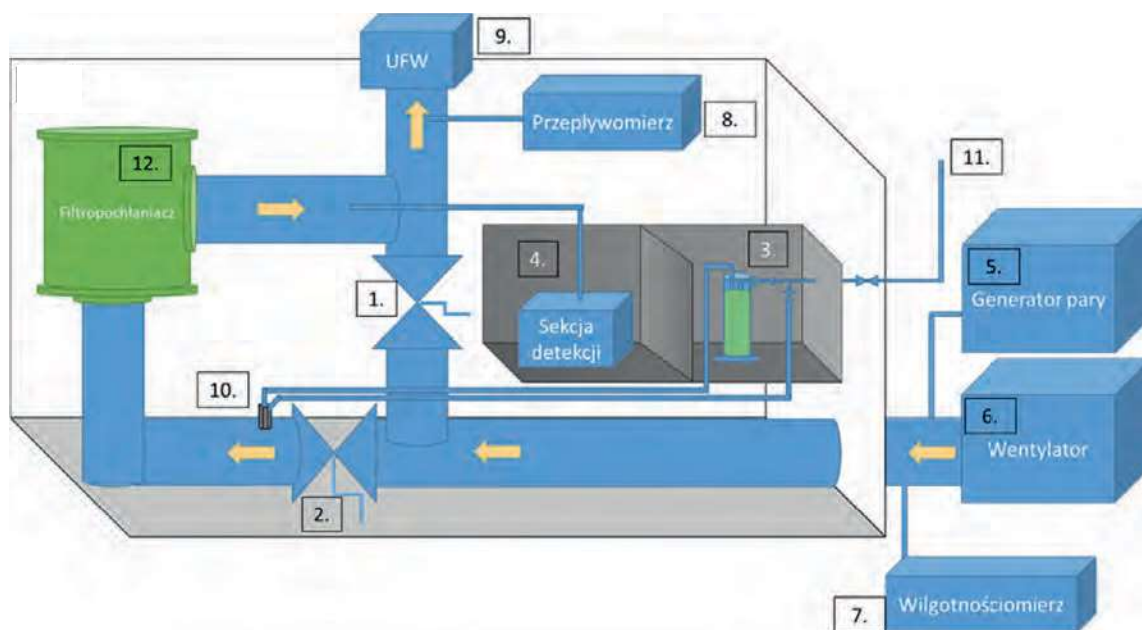


Fig. 1. Scheme of the test bench for testing the sorption capacity of combined filters; 1, 2 – flow control valves in the system (clean/contaminated circuit), 3 – cyanogen chloride or chloropicrin dosing section – reactor with thermal jacket, 4 – cyanogen chloride or chloropicrin detection section equipped with an absorption vessel with indicator solution and Marsh furnace (in the case of testing for chloropicrin), 5 – steam generator, 6 – force fan, 7 – hygrometer, 8 – air flow measurement (flowmeter or anemometer), 10 – place of cyanogen chloride or chloropicrin dosing, 11 – source of contamination, collection vessel, 12 – tested combined filter with appropriate connections (set of mounting flanges)

Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego do badania pojemności sorpcyjnej filtropochłaniaczy; 1, 2 – zawory sterujące przepływem w układzie (obwód czysty/skażony), 3 – sekcja dozowania chlorocyjanu lub chloropikryny – reaktor z płaszczem termicznym, 4 – sekcja detekcji chlorocyjanu lub chloropikryny wyposażona w naczynko absorpcyjne z roztworem wskaźnikowym i piec Marsha (w przypadku badania wobec chloropikryny), 5 – wytwornica pary wodnej, 6 – wentylator tłoczący, 7 – wilgotnościomierz, 8 – pomiar przepływu powietrza (przepływomierz lub anemometr), 10 – miejsce dozowania chlorocyjanu lub chloropikryny, 11 – źródło skażenia, naczynie zbiorcze, 12 – badany filtropochłaniacz wraz z odpowiednimi przyłączami (kompletem kołnierzy mocujących)

systemu pneumatycznego z możliwością precyzyjnego dozowania. Substancje testowe dozowano ze szklanego dyfuzora autorskiej konstrukcji (rys. 1). Właściwości chlorocyjanu i chloropikryny nie pozwalały na wykorzystanie dostępnych na rynku atomizerów pneumatycznych, które są najczęściej wykonane ze stali nierdzewnej, a mimo to ulegają korozji pod wpływem substancji testowych. Zaprojektowany i wykonany atomizer szklany umożliwił uzyskanie dyspersji chloropikryny i chlorocyjanu w szerokim zakresie wymaganych stężeń. Dzięki możliwości regulacji przepływu powietrza w pneumatycznym układzie dozowanie w trakcie badań umożliwiało stały ubytek substancji testowej w płucze Dreschla.

Na końcu układu pneumatycznego na wejściu do rurociągu (pozycja numer 10 na rys. 1) umieszczony był atomizer (rys. 2). Do atomizera przyłączona była rurka dozująca chlorocyjan lub chloropikrynę oraz rurka z powietrzem o przepływie 20 L/min stanowiącym medium pomocnicze, które umożliwiało rozpylenie strumienia substancji testowej. Układ badawczy umieszczono w komorze izolacyjnej wyposażonej w niezależny system filtrowentylacyjny zabezpieczający personel w trakcie wykonywania prac badawczych.

Na rys. 1 przedstawiono podstawowe elementy stanowiska, w skład którego wchodziły zawory sterujące przepływem w układzie (obwód czysty/skażony), sekcja

dozowania chlorocyjanu lub chloropikryny – reaktor z płaszczem termicznym, sekcja detekcji chlorocyjanu lub chloropikryny wyposażona w naczynko absorpcyjne z roztworem wskaźnikowym i piec Marsha (w przypadku badania wobec chloropikryny), wytwornica pary wodnej (przepływomierz lub anemometr), miejsce dozowania chlorocyjanu lub chloropikryny, źródło skażenia – naczynie zbiorcze, badany filtropochłaniacz wraz z odpowiednimi przyłączami (kompletem kołnierzy mocujących) zapewniającymi integrację próbki z układem badawczym i szczelność podczas przeprowadzania pomiaru czasu przebicia.

Wyznaczanie czasu przebicia i pojemności sorpcyjnej filtropochłaniaczy odbywało się w warunkach ciągłego przepływu mieszaniny powietrza oraz chlorocyjanu lub chloropikryny. W przypadku przebicia chlorocyjanu obserwowano zabarwienie bezbarwnego roztworu na kolor intensywnie czerwony (burgund).

W przypadku chloropikryny zastosowano detekcję pośrednią. Część strumienia gazu wychodzącego za badaną próbką była wydzielana (prędkość przepływu $V = 0,5 \text{ dm}^3/\text{min}$) i kierowana do pieca Marsha o temp. 800°C . W strefie wysokiej temperatury następował rozkład chloropikryny do chloru cząsteczkowego. Dlatego też do detekcji przebicia stosowano mianowany roztwór skrobi i jodku potasu. Pod wpływem utleniacza, jakim jest chlor, jony jodkowe były utleniane do cząsteczkowego jodu (I_2),

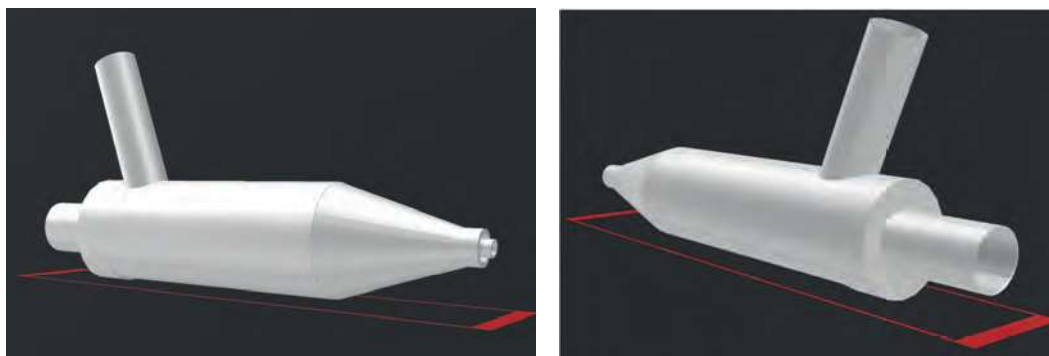


Fig. 2. Glass diffuser – atomizer designed for introduction contamination into the airstream

Rys. 2. Szklany dyfuzor – atomizer przeznaczony do wprowadzania skażenia w strumień powietrza

tworząc jony polijodkowe. Z kolei anion trijodkowy tworzył z amylazą oraz amylopektyną zawartą w skrobi kompleks, w którym to jony polijodkowe znajdowały się wewnątrz

helisy. Kompleks taki przyjmował charakterystyczne zabarwienie fioletowoniebieskie. W przypadku przebicia filtropochłaniacza dochodziło do zmiany barwy na fioletowoniebieską. Etapy reakcji przedstawiono na rys. 3³⁾. Zastosowane na stanowisku metody detekcji pozwalają na wykrycie chloropikryny i chlorocyjanu o stężeniu 5 mg/m³.

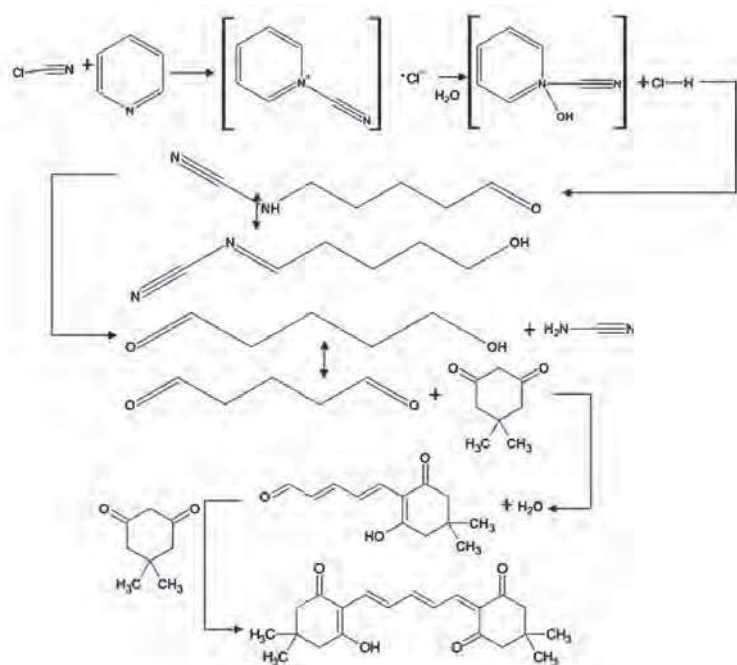


Fig. 3. A color reaction used for detecting chlorine

Rys. 3. Reakcja barwna służąca do wykrywania chloru

Metodyka badań

Stanowisko do badania czasu przebicia filtropochłaniaczy zbudowano w laboratorium zabezpieczonym w zewnętrzny układ filtrowentylacyjny. Warunki środowiskowe panujące podczas prowadzenia badań były zgodne z normą⁹⁾ (temp. powietrza 20±2°C oraz wilgotność względna powietrza 80±5%).

Badania polegały na przepuszczaniu mieszaniny chloropikryny lub chlorocyjanu z powietrzem przez badane próbki. Stężenie utrzymywane było na stałym poziomie 5 mg/dm³ podczas dozowania chloropikryny oraz 2 mg/dm³ podczas dozowania chlorocyjanu. W zależności od rodzaju próbki zachowany był również nominalny przepływ objętościowy podczas trwania badania. W tym celu do cylindra odmierzano odpowiednią ilość substancji testowej, a następnie za pomocą układu pneumatycznego kontrolowano ubytek cieczy w cylindrze zgodnie z wartościami zawartymi w tabelach 1 i 2. Następnie po

Table 1. The comparison of test parameters used during the study of protection time of combined filters

Tabela 1. Zestawienie parametrów badawczych użytych w trakcie badania czasu ochrony filtropochłaniaczy wobec chloropikryny

Nominalny przepływ objętościowy dla badanej próbki, m ³ /h	Czas badania, min	Ubytek substancji testowej w cylindrze, mL/min	Obliczona masa chloropikryny niezbędna do uzyskania odpowiedniego stężenia w czasie badania, g
100	24	5	240
200	24	10	400
300	48	15	1200

Table 2. The comparison of test parameters used during the study of protection time of combined filters against cyanogen chloride

Tabela 2. Zestawienie parametrów badawczych użytych w trakcie badania czasu ochrony filtropochłaniaczy wobec chlorocyjanu

Nominalny przepływ objętościowy dla badanej próbki, m ³ /h	Czas badania, min	Ubytek substancji testowej w cylindrze, mL/min	Obliczona masa chlorocyjanu niezbędna do uzyskania odpowiedniego stężenia w czasie badania, g
100	17	3	70
200	17	6	125
300	36	9	300

upływie czasu, w którym sprawdzana była pojemność sorpcyjna określona dla każdego rodzaju próbki, pozostała w płuczce Dreschla substancję testową ponownie ważono. Stężenie mieszaniny parowo-powietrznej wyznaczono wg wzoru:

$$C = \frac{m_1 - m_2}{\frac{V}{60} \cdot t}$$

w którym m_1 oznaczało masę netto cylindra z substancją testową przed badaniem, m_2 masę netto cylindra z substancją testową po badaniu, V zmierzony przepływ powietrza przez filtropochłaniacz, m^3/h , a t czas prowadzenia badania, min.

W trakcie eksperymentu regulowano ciśnienie w płuczce Dreschla z uwagi na zmieniającą się objętość cieczy w cylindrze. W przypadku chlorocyjanu konieczne było dodatkowe schładzanie płuczki Dreschla z uwagi na niską temperaturę wrzenia ($13^\circ C$) tego związku. W tym celu zastosowano łaźnię lodową. W przypadku chlorocyjanu część strumienia gazów wychodzących za badaną próbką (o prędkości przepływu $V = 0,5 \text{ dm}^3/\text{min}$) kierowano do płuczki zawierającej roztwór dime-donu w pirydynie.

W celu weryfikacji poprawności działania stanowiska przebadano filtropochłaniacze służące do ochrony zbiorowej. Ze względu na niszczący i niebezpieczny charakter badań nie prowadzono eksperymentów do określenia czasu przebiccia. Badania prowadzono, aby wykazać, że obiekty (filtropochłaniacze) spełniają wymogi zadeklarowane przez producenta dotyczące minimalnego czasu ochrony wobec substancji testowych.

Wyniki badań

Zbudowane stanowisko badawcze umożliwiło przeprowadzenie eksperymentów w znanych, powtarzalnych warunkach środowiskowych, zgodnie z obowiązującą normą⁹⁾.

Głównym celem pracy było sprawdzenie stabilności generowanego stężenia substancji testowych w strumieniu powietrza wpływającym do filtropochłaniacza w zależności od przepływu nominalnego.

W tabelach 3–5 przedstawiono wyliczone stężenia chloropikryny w strumieniu powietrza wpływającym do filtropochłaniacza o przepływie nominalnym 100, 200 i 300 m^3/h . Dla filtropochłaniacza o przepływie nominalnym 100 m^3/h stężenie chloropikryny w strumieniu wpływającym wykazywało najmniejsze odchylenie standardowe, jednakże wygenerowane średnie

Table 3. The chloropicrin concentration generated for combined filters with a nominal flow rate of 100 m^3/h

Tabela 3. Wygenerowane stężenie chloropikryny dla filtropochłaniacza o przepływie nominalnym 100 m^3/h

Numer obiektu	Obliczone stężenie substancji, mg/dm^3	Czas ekspozycji filtropochłaniacza na substancję testową, min
1	5,14	24
2	5,14	24
3	5,14	24
4	5,14	24
Średnia	5,14	
Odchylenie standardowe	0	

Table 4. The chloropicrin concentration generated for combined filters with a nominal flow rate of 200 m^3/h

Tabela 4. Wygenerowane stężenie chloropikryny dla filtropochłaniacza o przepływie nominalnym 200 m^3/h

Numer obiektu	Obliczone stężenie substancji, mg/dm^3	Czas ekspozycji filtropochłaniacza na substancję testową, min
1	5,01	24
2	5,04	24
3	4,95	24
4	4,96	24
Średnia	4,99	
Odchylenie standardowe	0,04	

Table 5. The chloropicrin concentration generated for combined filters with a nominal flow rate of 300 m^3/h

Tabela 5. Wygenerowane stężenie chloropikryny dla filtropochłaniacza o przepływie nominalnym 300 m^3/h

Numer obiektu	Obliczone stężenie substancji, mg/dm^3	Czas ekspozycji filtropochłaniacza na substancję testową, min
1	5,08	48
2	5	48
3	5,08	48
4	5	48
Średnia	5,04	
Odchylenie standardowe	0,05	

Table 6. The cyanogen chloride concentration generated for combined filters with a nominal flow rate of 100 m^3/h

Tabela 6. Wygenerowane stężenie chlorocyjanu dla filtropochłaniacza o przepływie nominalnym 100 m^3/h

Numer obiektu	Obliczone stężenie substancji, mg/dm^3	Czas ekspozycji filtropochłaniacza na substancję testową, min
1	2,06	17
2	2,07	17
3	2,1	17
4	2,06	17
Średnia	2,07	
Odchylenie standardowe	0,02	

Table 7. The cyanogen chloride concentration generated for combined filters with a nominal flow rate of 200 m³/h

Tabela 7. Wygenerowane stężenie chlorocyjanu dla filtropochłaniaczy o przepływie nominalnym 200 m³/h

Numer obiektu	Obliczone stężenie substancji, mg/dm ³	Czas ekspozycji filtropochłaniacza na substancję testową, min
1	2,14	17
2	2,17	17
3	2,12	17
4	2,08	17
Średnia	2,13	
Odchylenie standardowe	0,04	

Table 8. The cyanogen chloride concentration generated for combined filters with a nominal flow rate of 300 m³/h

Tabela 8. Wygenerowane stężenie chlorocyjanu dla filtropochłaniaczy o przepływie nominalnym 300 m³/h

Numer obiektu	Obliczone stężenie substancji, mg/dm ³	Czas ekspozycji filtropochłaniacza na substancję testową, min
1	2,1	36
2	2,05	36
3	2,06	36
4	2,07	36
Średnia	2,07	
Odchylenie standardowe	0,02	

stężenie substancji najbardziej różniło się od wartości zgodnej z normą obronną, czyli od stężenia 5 mg/dm³ dla chloropikryny (błąd względny wynosił 3%). Dla pozostałych filtropochłaniaczy o przepływach nominalnych 200 i 300 m³/h maksymalny błąd względny wyniósł 1,6%.

W tabelach 6–8 przedstawiono wyliczone stężenia chlorocyjanu w strumieniu powietrza wpływającym do filtropochłaniaczy o przepływie nominalnym 100, 200

i 300 m³/h. Dla wszystkich filtropochłaniaczy odchylenie standardowe tego stężenia było na podobnym poziomie. Jednakże różnice widać przy analizie błędów względnych dla poszczególnych pomiarów. W przypadku filtropochłaniacza o przepływie nominalnym 200 m³/h zaobserwowano największy błąd względny (8,5%), w przypadku pozostałych błąd względny nie przekraczał 5%.

Na rys. 4 i 5 przedstawiono średnie stężenie substancji testowej w strumieniu powietrza wpływającym do filtropochłaniaczy o różnym przepływie nominalnym wraz z wyliczonym współczynnikiem zmienności. W wyniku przeprowadzonych serii pomiarowych dla próbek o różnym nominalnym przepływie objętościowym stwierdzono, że odchylenie standardowe dla średniego obliczonego stężenia

substancji testowej wynosiło poniżej 0,5. Uzyskano wysoką precyzję i powtarzalność oraz dokładność opracowanej metody badawczej.

Poducent deklaruje w warunkach technicznych produktu, ile ma wynosić minimalny czas ochrony lub minimalna pojemność sorpcyjna w przypadku zastosowania substancji skażającej o stężeniu podanym w normie obronnej (dla chloropikryny 5 mg/dm³, dla chlorocyjanu

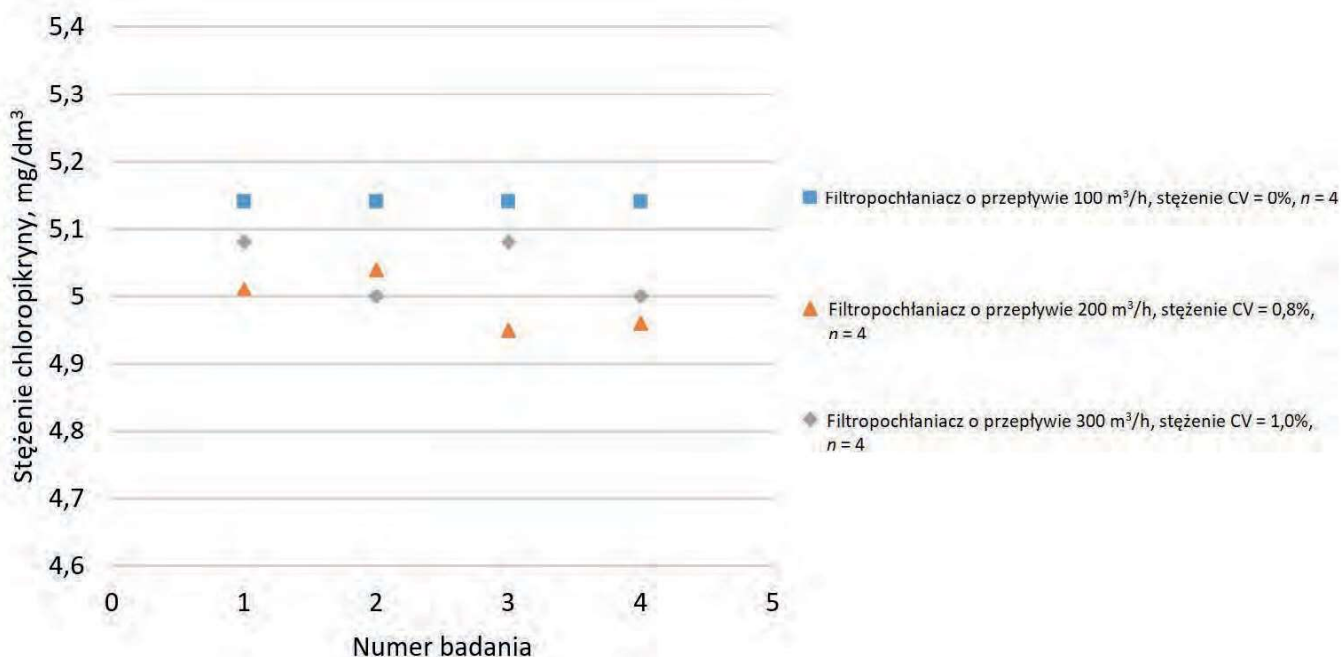


Fig. 4. The average concentration of chloropicrin for combined filters with different nominal flow rates

Rys. 4. Średnie stężenie chloropikryny w strumieniu powietrza wpływającym do filtropochłaniacza, o różnym przepływie nominalnym

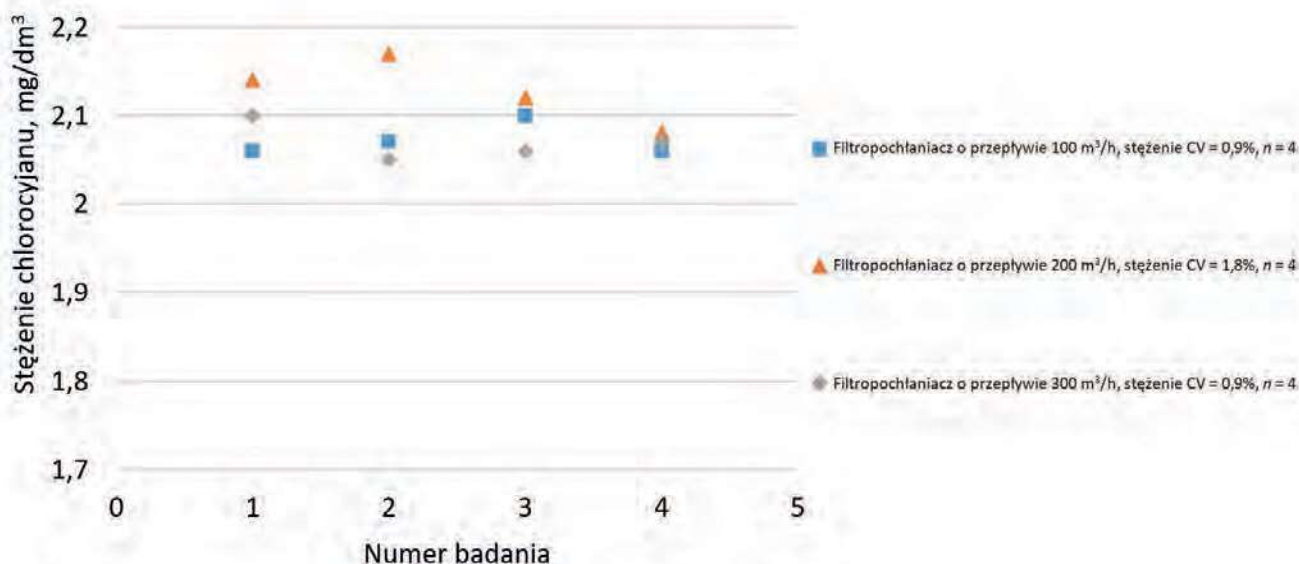


Fig. 5. The average concentration of cyanogen chloride for combined filters with different nominal flow rates

Rys. 5. Średnie stężenie chlorocyjanu w strumieniu powietrza wpływającym do filtropochłaniaczy, o różnym przepływie nominalnym

2 mg/dm³). W trakcie eksperymentu badanie prowadzono przez czas ochrony podany przez producenta z naniesioną poprawką w wysokości 20% dla uzyskania pewności spełnienia wymogu. Czasy te zestawiono w tabeli 1. W wyniku badań stwierdzono, że każdy z przebadanych filtropochłaniaczy spełnił warunki techniczne zadeklarowane przez producenta.

Podsumowanie

Przedstawiono budowę stanowiska badawczego przeznaczonego do wyznaczania pojemności sorpcyjnej i czasu ochrony filtropochłaniaczy stosowanych w urządzeniach filtrowentylacyjnych ochrony zbiorowej.

Układ jest przeznaczony do badań z użyciem wysokotoksycznych substancji, takich jak chloropikryna i chlorocyjan, będących substancjami testowymi w obronie przeciwchemicznej. Do weryfikacji i optymalizacji przedmiotowego układu wykorzystano filtropochłaniacze przeznaczone do różnych objętościowych natężeń przepływu mieszaniny powietrzno-parowo-gazowej (100, 200 i 300 m³/h). W pracy zobrazowano również budowę całego stanowiska oraz dyfuzora, który umożliwia uzyskanie opisanych możliwości badawczych nawet w niezwykle agresywnych i restrykcyjnych warunkach z zachowaniem pożądanej precyzji i dokładności.

Otrzymano: 12-07-2024

Zrecenzowano: 20-08-2024

Zaakceptowano: 04-09-2024

Opublikowano 21-10-2024

LITERATURA

- [1] <https://bezpieczenstwo-bhp.pl/blog/blog-o-bezpieczenstwie-bhp/zbiorowa-ochrona-pracownikow>.
- [2] W. Harmata, *Biuletyn WAT* 2021, **70**, nr 4, 59, DOI: 10.5604/01.3001.0016.0536.
- [3] E. Halámek, Z. Koblíha, V. Pitschmann, *Analysis of chemical warfare agents*, University of Defence, Brno 2009.
- [4] J. Choma, M. Kloske, *Ochr. Środ.* 1999, **2**, nr 73, 3.
- [5] NO-01-A006:2010, *Obrona przed bronią masowego rażenia. Terminologia*.
- [6] FM 3-11.4, *Multiservice tactics, techniques and procedures for nuclear, biological and chemical (NBC) protection*, Department of the Army United States, Washington DC, 2003.
- [7] Praca zbiorowa, *Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach polączonych DD-3.8(B)*, MON, Bydgoszcz 2020.
- [8] NATO Standard ATP-70:2023, *Collective protection in a chemical, biological, radiological and nuclear environment (COLPRO)*.
- [9] NO-42-A211:2011, *Sprzęt do oczyszczania powietrza w obiektach ochrony zbiorowej. Pochłaniacze i filtropochłaniacze stosowane w urządzeniach filtrowentylacyjnych. Wymagania i badania*.
- [10] STANAG 2984:2007, *Graduated levels of chemical, biological, radiological and nuclear threats and associated protective measures*.
- [11] STANAG 2941:1992, *Guidelines for air and ground personnel using collective protection structures on permanent air force installations*.
- [12] AJP-3.8, *Allied Joint Doctrine for comprehensive chemical, biological, radiological and nuclear defence*, NATO Standardization Office, 2018.
- [13] ATP-3.8.1, *Specialist CBRN Defence Capabilities*, NATO Standardization Office, 2014.
- [14] W. Harmata, Z. Szcześniak, M. Sobiech, *Biuletyn WAT* 2017, **66**, nr 1, 169, DOI: 10.5604/01.3001.0009.9504.
- [15] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, *Dz.U.* 2018, poz. 1286.