



Zbiorowe środki ochrony przed skażeniami

WŁADYSŁAW HARMATA¹, ZBIGNIEW SZCZEŚNIAK, MARIAN SOBIECH

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Katedra Budownictwa,

¹Wydział Nowych Technologii i Chemii, 00-908 Warszawa, ul. gen. S. Kaliskiego 2,

zbigniew.szczesniak@wat.edu.pl, marian.sobiech@wat.edu.pl, wladyslaw.harmata@wat.edu.pl

Streszczenie. W niniejszym artykule przedstawiono ogólne zasady użycia oraz klasyfikację zbiorowych środków ochrony przed skażeniami. Sprecyzowano zalecenia funkcjonalne i eksploatacyjne dla środków ochrony zbiorowej oraz opisano system wentylacji obiektów w zależności od rodzaju obiektu.

Słowa kluczowe: budownictwo, bojowe środki trujące, ochrona zbiorowa

DOI: 10.5604/01.3001.0009.9503

1. Wstęp

Środki ochrony indywidualnej są podstawowym wyposażeniem umożliwiającym przetrwanie ataku BMR (zdarzenia ROTA — *Release Other Than Attack* — zdarzenia inne niż atak) i kontynuowanie działania w warunkach skażeń. Chociaż większość zadań może być wykonywana w założonych ISOPS, wpływają one niekorzystnie na użytkowników. Utrudnienia wynikające ze stosowania ISOPS uwidoczniają się w sposób szczególny w następujących obszarach:

- wykonywanie zadań wymagających wysokiej efektywności i precyzji — pewne zadania nie mogą być wykonywane na wymaganym poziomie przez personel ubrany w środki ochrony indywidualnej (praca sztabów, szpitali, prowadzenie napraw). Do efektywnego wykonywania zadań wymagają one zapewnienia obszarów wolnych od skażeń;
- zabezpieczenie potrzeb osobistych — aby personel mógł efektywnie działać, powinien mieć możliwość jedzenia, picia oraz zaspokojenia innych potrzeb fizjologicznych. Aby zapewnić odpowiednią szczelność maski, mężczyźni

powinni się golić. Czynności te mogą wymagać rozszczelnienia bądź zdjęcia środków ochrony indywidualnej;

- obniżenie zdolności bojowej — przebywanie w ISOPS przez długi czas powoduje obniżenie zdolności psychicznych i fizycznych, widoczne jest to szczególnie w warunkach klimatu gorącego-wilgotnego i przy wysokiej intensywności pracy.

W celu zmniejszenia tych niedogodności stosowane są systemy ochrony zbiorowej (SOZ) [1]. Publikacja Szkol. 869/2013 definiuje zbiorową ochronę przed skażeniami jako działalność zmierzającą do zapewnienia stanom osobowym takiej ochrony w warunkach skażeń, która zapewni możliwość przebywania i realizacji zadań bez ISOPS. Zadaniem systemów ochrony zbiorowej jest zapewnienie ciągłości działania i funkcjonowania w warunkach zagrożenia BMR, organizacji wypoczynku i leczenia porażonych. Urządzenia ochrony zbiorowej łagodzą fizjologiczne i psychologiczne efekty wynikające z długotrwałego przebywania w ISOPS. Niemniej jednak dowódcy muszą być świadomi ich ograniczeń [2, 3, 4]:

- ograniczone możliwości wykrywania skażeń biologicznych mogą powodować opóźnienia w ocenie zagrożenia i stosowaniu reżimów ochrony. Może to doprowadzić do przedostania się skażeń do wnętrza obiektów;
- w przypadku wystąpienia skażeń promieniotwórczych ochrona wnętrza SOZ przed promieniowaniem zależy od własności materiału, z którego system jest wykonany (bądź obiektu, wewnątrz którego jest umieszczony). Systemy przeznaczone do transportu nie zapewniają znaczącej ochrony przed promieniowaniem jonizującym;
- filtropochłaniacze stosowane w systemach ochrony zbiorowej mogą nie zapewniać odpowiedniej ochrony przed TSP, szczególnie w przypadku wysokich stężeń i wypierania tlenu z atmosfery.

Wyróżnia się następujące rodzaje SOZ [3, 5, 6, 7]:

1. Stałe (stacjonarne) obiekty zbiorowej ochrony przed skażeniami. Są to obiekty ochrony zbiorowej nieprzewidywane do przemieszczania, w które jednostki są wyposażone w miejscach stałej dyslokacji (takich jak lotniska, obiekty dowodzenia i kierowania, szpitale, bazy materiałowe). Dysponować nimi powinny jednostki, które muszą realizować swoje zadania w sposób ciągły, nawet wówczas, gdy znajdują się w rejonie skażeń. Muszą one posiadać udoskonalone charakterystyki ochronne przed atakami konwencjonalnymi oraz uderzeniami BMR. Dzieli się je na typ ciężki, średni i lekki. Obiekty typu ciężkiego i średniego zapewniają ochronę nie tylko przed BMR, lecz także przed raketami i bombami konwencjonalnymi, obiekty typu lekkiego nie gwarantują takiej ochrony, a ich głównym celem jest ochrona ludzi przed rażącymi czynnikami BMR. W armii USA stałe SOZ dzielone są na aktywne i pasywne. W systemach aktywnych stosowane są systemy filtrowentylacji o wysokiej skuteczności oraz wytrzymałe budynki bądź

schrony. Systemy te zapewniają najwyższy poziom ochrony przez długi czas. Systemy pasywne wykorzystują budynki lub schrony jako barierę ochronną, ograniczającą wymianę powietrza z zewnątrz. Ochrona jest tym lepsza, im mniej powietrza z zewnątrz dostaje się do wnętrza.

2. Ruchome (mobilne) zbiorowe środki ochrony przed skażeniami. W skład tej grupy wchodzi pojazdy lądowe (czołgi, wozy bojowe i inne), statki powietrzne i okręty, wyposażone w urządzenia uszczelniające, których celem jest niedopuszczenie do skażeń wewnętrznych, oraz posiadające systemy filtracji powietrza. Systemy te powinny umożliwiać korzystanie z nich w ruchu i na postoju. Ze względu na stopień zapewnianej ochrony i sposób integracji z platformą bazową dzielone są na:
 - wspomagające oddychanie (w maskach) — montowane w pojazdach bądź statkach powietrznych w celu zapewnienia załodze lepszej filtracji i większego wydatku powietrza. Systemy te mają zastosowanie w przypadkach, gdy nie jest możliwe (bądź celowe) zagwarantowanie nadciśnienia i filtracji w całej przestrzeni pojazdu (statku powietrznego) w razie konieczności zapewnienia większego wydatku powietrza personelowi (załodze) korzystającemu z indywidualnych środków ochrony dróg oddechowych. Dostarczają one oczyszczone powietrze do filtropochłaniaczy masek, co zmniejsza opory oddychania w masce, dodatkowo w warunkach niskich temperatur dostarczane powietrze może być podgrzewane;
 - nadciśnieniowe — wewnątrz systemu wytwarzane jest nadciśnienie, które zapobiega dostawaniu się skażonego powietrza do środka;
 - hybrydowe — stanowią połączenie systemów wspomagających oddychanie i nadciśnieniowych, które mogą działać jednocześnie lub oddzielnie;
 - pełne (kompletne) — są to systemy nadciśnieniowe bądź hybrydowe, wyposażone w klimatyzację. Chłodzenie powietrza dostarczanego do wnętrza zmniejsza stres cieplny pracującego personelu.
3. Przewoźne (transportowalne) zbiorowe środki ochrony przed skażeniami (przystosowane do transportu — kontenerowe i namiotowe) to systemy ochronne, które mogą być roztawiane i zwijane, a następnie przewożone w zależności od potrzeb jako samodzielne, niezależne od instalacji w budynkach. W ich skład mogą wchodzić również pojazdy kołowe lub gąsienicowe.

Wśród systemów ochrony zbiorowej wykorzystujących do zapewnienia bezpieczeństwa nadciśnienie możemy wyodrębnić trzy kategorie:

1. Posiadające strefę kontrolowanych skażeń oraz służę. W warunkach skażeń pozwalają one na częste wchodzenie do obiektu i jego opuszczanie bez powodowania skażeń obiektu i przy zachowaniu wymogów zbiorowej ochrony. Systemy te umożliwiają personelowi pracującemu w nich wchodzenie do obiektu oraz opuszczanie go w dowolnym czasie, niezależnie od

- panujących warunków skażeń. Obiekty te muszą być wyposażone w taki sposób, aby można było w nich zdjąć maskę i odzież ochronną. Przykładem takich obiektów mogą być bojowe centra operacyjne, dowództwa, szpitale.
2. Wyposażone w służbę, ale nieposiadające strefy kontrolowanych skażeń. W obiektach tego typu personel, który nie został skażony ciekłymi bojowymi środkami trującymi, może wchodzić do obiektu i go opuszczać jedynie wówczas, gdy poziom skażeń jest niski. Do obiektu nie może wchodzić personel skażony ciekłymi BST, by nie powodować w ten sposób niebezpieczeństwa przeniesienia skażeń do strefy nieskażonej. Strefa nieskażona musi być wyposażona w urządzenia do monitorowania poziomu skażeń w celu kontrolowania, czy nie następuje akumulacja par środka trującego do niebezpiecznego poziomu. Systemy te umożliwiają ograniczone wchodzenie i wychodzenie. Przykładami takich systemów są niektóre okręty, uproszczone systemy schronów oraz niektóre systemy kontenerowe montowane na pojazdach.
 3. Systemy nieposiadające służby ani strefy kontrolowanych skażeń. Obiekty wyposażone w takie systemy zapewniają ochronę przed skażeniami, jeśli włązy i drzwi pozostają zamknięte. Wejście do obiektu lub opuszczenie go powoduje utratę własności ochronnych obiektu. Przykładami takich obiektów są czołgi i wozy bojowe.

Stosowanie systemów ochrony zbiorowej wynika z konieczności pozostawania w obszarze, w którym istnieje duże zagrożenie użyciem BMR, lub prowadzenia działań przez długi czas w terenie skażonym. Zawsze należy ocenić, czy przeciwnik dysponuje środkami umożliwiającymi wykonanie uderzenia na dany obszar oraz czy siły własne mają możliwość ochrony poprzez manewr. Publikacja ATP-3.8.1 podaje następujące zasady użycia systemów ochrony zbiorowej:

- unikanie zagrożenia — jeśli zmiana dyslokacji spowoduje uniknięcie zagrożenia, to jest to najlepsze rozwiązanie. Ochrona zbiorowa powinna być stosowana, jeśli nie ma innej możliwości;
- priorytety — ochrona zbiorowa może być wykorzystana do zabezpieczenia wielu współzawodniczących ze sobą potrzeb. W oparciu o dostępność SOZ należy ustalić potrzeby priorytetowe, które powinny być zabezpieczone w pierwszym rzędzie;
- ochrona — stosownie do prowadzonych działań oraz umiejscowienia na polu walki należy zapewnić bezpieczeństwo SOZ przed ogniem przeciwnika. Personel przebywający wewnątrz nie może sam się bronić, dlatego jego bezpieczeństwo musi być zapewnione przez dodatkowe siły działające na zewnątrz (w warunkach skażeń);
- wchodzenie i opuszczanie SOZ — powinno być ograniczone do koniecznych sytuacji, gdyż zwiększa zagrożenie skażeniem;

- personel obsługujący — systemy, w których przewidywana jest duża częstotliwość wchodzenia i wychodzenia, wymagają stałej (etatowej) obsługi. Do jej zadań należy między innymi przeprowadzanie procedur kontroli wejścia, pomoc podczas wchodzenia i opuszczania SOZ oraz w razie konieczności wykonywanie niezbędnych czynności na zewnątrz (wymiana filtropochłaniaczy). Procedury postępowania powinny zawierać obowiązki obsługi w czasie i po ataku BMR.

2. Zalecenia funkcjonalne i eksploatacyjne dla środków ochrony zbiorowej

Zabezpieczenie sił zbrojnych w systemy zbiorowej ochrony przed skażeniami jest zależne od charakteru realizowanych przez nie zadań operacyjnych oraz poziomu zagrożenia użyciem przez przeciwnika BMR. W skład systemów ochrony zbiorowej, w zależności od przeznaczenia, mogą wchodzić następujące moduły [7, 8, 9]:

- urządzenie filtrowentylacyjne (UFW) — oczyszcza powietrze ze skażeń, utrzymuje nadciśnienie wewnątrz systemu, umożliwia oczyszczanie śluz powietrznych, czyli w zbiorowej ochronie przed skażeniami urządzenie, które dostarcza czyste powietrze do strefy nieskażonej [NO-01-A006, AAP-21];
- moduł klimatyzacji — utrzymuje wymaganą temperaturę i wilgotność;
- moduł regeneracji tlenu — w razie konieczności służy do uzupełniania niedoborów tlenu w atmosferze;
- filtr recyrkulacji powietrza — urządzenie filtrowentylacyjne działające w strefie nieskażonej, stanowi dodatkowe zabezpieczenie przed akumulacją niskich stężeń skażeń wewnątrz SOZ;
- moduł zasilania — dostarczający zasilanie do urządzeń zapewniających funkcjonowanie systemu. Zasilanie może być pobierane z sieci zasilającej, generatora bądź z platformy nosiciela (w systemach ruchomych);
- strefa nieskażona (SN) — w zbiorowej ochronie przed skażeniami przestrzeń wolna od skażeń, która jest szczelna. Występuje w niej nadciśnienie i dostarczane jest czyste powietrze, co umożliwia stanowi osobowemu przebywanie w niej bez konieczności stosowania indywidualnych środków ochrony przed skażeniami [NO-01-A006, AAP-21]. Powinna zapewniać szczelność umożliwiającą wytworzenie odpowiedniego nadciśnienia. Może być podzielona na kilka pomieszczeń. Przepływ powietrza powinien odbywać się w niej w sposób zapobiegający powstawaniu obszarów z utrudnioną wymianą powietrza. Może być wyposażona w urządzenia do kontroli skażeń, ciśnienia, zużycia filtrów, oświetlenie i inne zależnie od potrzeb;

- śluza powietrzna — to pomieszczenie znajdujące się pomiędzy strefą nieskażoną a strefą kontrolowanych skażeń albo źródłem zagrożenia jądrowego, biologicznego i chemicznego, posiadające podwójne drzwi, do którego doprowadzane jest czyste powietrze stwarzające stanowi osobowemu możliwość przemieszczania się z jednej strefy do drugiej i jednocześnie uniemożliwiające przenikanie skażeń do strefy nieskażonej. [NO-01-A006, AAP-21]. Śluza tworzy pomieszczenie pomiędzy strefą nieskażoną a strefą kontrolowanych skażeń, oczyszczane powietrzem ze strefy nieskażonej. Zapobiega to skażeniu SN podczas wchodzenia i wychodzenia;
- strefa kontrolowanych skażeń (SKS) — to strefa znajdująca się przed strefą nieskażoną, w której stan osobowy może zdjąć skażone indywidualne środki ochrony przed skażeniami w celu zmniejszenia zagrożenia i w której można przeprowadzić odkażanie sprzętu i materiałów; strefa obejmuje śluzy powietrzne, strefy zagrożone parami bojowych środków trujących, przebieralnie oraz strefy zagrożone ciekłymi środkami trującymi [NO-01-A006, AAP-21]. Powinna znajdować się przed służą powietrzną. Konstrukcja i wyposażenie zależne są od przeznaczenia, przewidywanego zagrożenia, liczby osób korzystających z systemu oraz przewidywanego natężenia ruchu. W skład SKS mogą wchodzić następujące elementy:
 - strefa kontroli — przeznaczona do kontroli wchodzenia i wychodzenia, procedur wstępnych, np. identyfikacji personelu,
 - punkt kontrolny — wyposażony w detektory do kontroli skażenia personelu i wyposażenia,
 - strefa zagrożenia ciekłymi środkami trującymi (SZC) — ta część strefy kontrolowanych skażeń, która znajduje się bezpośrednio za wejściem z terenu skażonego i w której stan osobowy może przeprowadzić likwidację skażeń [NO-01-A006, AAP-21]. Wchodzi się do niej bezpośrednio z zewnątrz, wykonywane są w niej zabiegi specjalne, personel zdejmuje w niej i przechowuje wyposażenie,
 - przebieralnia (*changing booth*) — pomieszczenie wewnątrz strefy kontrolowanych skażeń, do którego tłoczne jest oczyszczone powietrze i w którym ludzie mogą bezpiecznie zdjąć lub założyć odzież ochronną [NO-01-A006, AAP-21]. Powinna znajdować się za SZC, zdejmuje się tu skażone ubiory ochronne (bądź nakłada) w stosunkowo bezpiecznych warunkach, zapewnionych przez silny przepływ powietrza ze strefy nieskażonej,
 - strefa zagrożenia pyłami (*particulate hazard area*) — w strefie zagrożenia parami zdejmuje się obuwie ochronne i rękawice, natomiast w strefie zagrożenia pyłami przeprowadza się końcowe odkażanie (zwykle przy pomocy natrysku) oraz zdejmuje się maskę tranzytową, którą osoba

wchodząca przechowuje przy sobie w strefie nieskażonej, w strefie tej usuwane są pyły np. poprzez stosowanie pryszniców,

- strefa zagrożona parami środków trujących (*vapour hazard area*) — ta część strefy kontrolowanych skażeń, która znajduje się między strefą zagrożoną ciekłymi środkami trującymi a śluzą powietrzną, w której występuje jedynie skażenie parami bojowych środków trujących [NO-01-A006, AAP-21], powinna znajdować się bezpośrednio przed śluzą powietrzną, można tu dokonywać wymiany masek lub innych elementów ISOPS niezdjętych wcześniej, w strefie tej powinien być zapewniony silny nawiew ze strefy nieskażonej,
- strefy magazynowe — mogą być stosowane w połączeniu z innymi strefami w celu przechowywania czystego, skażonego bądź zapasowego wyposażenia,
- strefy przechowywania odpadów — mogą być stosowane w połączeniu z innymi strefami w celu przechowywania czystych bądź skażonych odpadów.

3. Wentylacja obiektów

Rozwój cywilizacyjny to nie tylko współczesne dobrodziejstwo, lecz także wielkie zagrożenie dla człowieka i jego środowiska naturalnego. Gwałtownie rośnie zagrożenie chorobami cywilizacyjnymi, do których można zaliczyć na pewno choroby alergiczne, astmę oraz występujące coraz częściej choroby górnych i dolnych dróg oddechowych. Większość substancji (zarówno chemicznych, biologicznych, jak i neutralnych) wywołujących negatywne efekty w organizmie człowieka znajduje się w otaczającym powietrzu. Są to gazy toksyczne oraz pyły zawierające w swoim składzie bakterie, wirusy, grzyby oraz szeroką gamę związków chemicznych (organicznych i nieorganicznych) [1-5]. Głównymi drogami wnikania do organizmu ludzkiego są drogi oddechowe. Podczas normalnej egzystencji człowiek emituje do atmosfery ditlenek węgla, parę wodną, ciepło oraz tzw. „zapachy”. Ditlenek węgla jest gazem duszącym fizycznie (przez zmniejszenie ciśnienia parcjalego tlenu). Jest cięższy od powietrza i gromadzi się przy powierzchni ziemi oraz w dolnych częściach pomieszczeń. Przy stężeniu w powietrzu powyżej 5% wywołuje duszność, przyspieszenie oddechu i czynności serca, ból głowy, niepokój ruchowy, poty. W stężeniu większym niż 10% powoduje duszność, omamy wzrokowe, utratę przytomności. W stężeniu powyżej 20% powoduje zaburzenia rytmu serca, drgawki i śmierć w następstwie porażenia ośrodka oddechowego. Killkugodzinne narażenie na ditlenek węgla w stężeniach 1-2% może powodować niespecyficzne objawy wskutek zaburzeń równowagi kwasowo-zasadowej. Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) CO₂ w powietrzu wynosi

9000 mg/m³ (0,5%), a chwilowe (NDSCh) — 27 000 mg/m³ (1,5%). Pomieszczenia zatem powinny być wentylowane.

Wentylacja to proces usuwania z pomieszczeń zanieczyszczonego powietrza i dostarczania w jego miejsce powietrza świeżego. Jest konieczna, ponieważ powietrze we wszystkich pomieszczeniach stale ulega zanieczyszczeniu. Wentylacja pomieszczeń może następować w sposób naturalny. Dzięki różnicy temperatur, a więc i gęstości powietrza wewnątrz i na zewnątrz budynku oraz dzięki działaniu wiatru powietrze dostaje się do budynku przez nieszczelności w oknach i drzwiach lub przez specjalne nawiewniki, a wydostaje się przez kratki i kanały wentylacyjne. Skuteczność wentylacji naturalnej, zwanej też grawitacyjną, zależy od warunków atmosferycznych, zmienia się więc w ciągu roku. **Podstawowym typem wentylacji jest wentylacja mechaniczna.** Wymiana powietrza jest wtedy niezależna od jakichkolwiek wpływów atmosferycznych. Wymuszony przepływ powietrza uzyskuje się dzięki zastosowaniu wentylatora. Zaletą wentylacji mechanicznej jest możliwość dostosowania jej wydajności do faktycznych potrzeb osób przebywających, dzięki temu można stworzyć komfortowe warunki w pomieszczeniach. Wentylacja mechaniczna może mieć wiele odmian zależnych od sposobu wymiany powietrza, kierunku ruchu powietrza w stosunku do wentylowanego pomieszczenia, różnicy ciśnienia wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia.

System wentylacji, filtrowentylacji lub klimatyzacji każdorazowo powinien być projektowany i wybrany w nawiązaniu do wymagań higienicznych i taktyczno-technicznych dla konkretnego obiektu specjalnego.

Wielkość instalacji wentylacyjnej (klimatyzacyjnej) i filtrowentylacyjnej [6, 7, 8, 9] musi wynikać z analizy wymagań higienicznych i obliczeń technicznych wykonanych dla każdego z trzech możliwych okresów eksploatacji obiektu schronowego.

Instalacje wentylacji lub klimatyzacji projektujemy na parametry zabezpieczające użytkowanie obiektu w czasie pokoju (okres I). Instalacje filtrowentylacji projektujemy na wymagania higieniczne dla okresu II i wymagania techniczne sprzętu łączności z rezerwą 15-20%. Na okres III projektuje się zespół regeneracyjny tlenu i instalację sprężonego powietrza, wyposażenie to pozwoli utrzymać nadciśnienie w obiekcie i zapewni tlen dla przebywających osób.

Kryteria projektowe dla wentylacji i filtrowentylacji są następujące:

- temperatura powietrza zewnętrznego,
- temperatura powietrza wewnętrznego,
- minimalna temperatura powietrza nawiewanego,
- ilość powietrza świeżego (ze względu na liczbę osób lub ze względu na wymagane nadciśnienie w obiekcie — eksfiltracja),
- ilość powietrza wentylacyjnego (świeże + obiegowe) obliczana ze względu na zyski ciepła i wilgoci, wydzielane zanieczyszczenia lub po uwzględnieniu wymaganej minimalnej krotności wymian,
- zawartość CO₂ w powietrzu wewnętrznym,

- zawartość O_2 w powietrzu wewnętrznym,
- prędkość ruchu powietrza w strefie przebywania osób lub w strefie pracy.

Parametry powietrza zewnętrznego należy przyjmować zgodnie z aktualnie obowiązującą normą państwową — PN-76/B- 03420. Zgodnie z nią wyróżnia się dwa okresy obliczeniowe: letni — od kwietnia do września i zimowy — od października do marca.

Dla okresu letniego terytorium Polski podzielone jest na dwie strefy klimatyczne: obszar Polski Północnej — I strefa i obszar Polski Środkowej — II strefa. Szczegółowe dane klimatyczne zawiera wyżej cytowana norma.

Dla okresu zimowego terytorium Polski podzielone jest na pięć stref klimatycznych — szczegółowe dane zawiera wyżej cytowana norma.

Z badań nad stanem atmosfery zewnętrznej po użyciu współczesnej broni wystąpią cząsteczki typu A, B, C [8, 9] i pożary, które mogą powstać po użyciu pocisków paliwowych oraz penetrujących lub po wybuchach jądrowych. Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że w powietrzu zwiększa się zawartość CO_2 , pojawia się CO, związki siarki, azotu, cząstki dymu, sadzy oraz wzrasta temperatura (o kilkadziesiąt lub kilkaset — 300 stopni Celsjusza). Pożary, które wystąpią w sąsiedztwie obiektu, mogą być pożarami masowymi lub lokalnymi. Pożary masowe charakteryzują się powolnym spalaniem (tleniem), podczas którego wydziela się duża ilość CO, związków siarki, azotu oraz ciepła.

Ciepło przekazywane jest do powietrza oraz do gruntu, powodując wzrost temperatury. Pożary lokalne charakteryzują się tym, że trwają krótko, a ponadto w mniejszym stopniu zmieniają temperaturę otoczenia (powietrze, grunt) oraz skład powietrza. Uciążliwe z punktu widzenia kształtowania mikroklimatu pomieszczeń niskich będą CO, CO_2 , SO_2 , NO_2 oraz podwyższone temperatury. Do obniżenia temperatury powietrza trzeba stosować urządzenia wypełnione materiałem o dużej pojemności cieplnej, z jednoczesnym spełnieniem wymogu niewielkich oporów przepływu powietrza (do 100 Pa, ewentualnie do 200 Pa). Dobrą pojemnością cieplną charakteryzują się naturalne, mineralne składniki Ziemi: piasek, żwir, kamienie o różnych frakcjach, węgiel aktywowany, kawałki granitu, bazaltu, marmuru itp.

Zatem czynnikami, które zmieniają (zakłócają) klimat pomieszczeń obiektu schronowego, są:

- a) **czynniki zewnętrzne:**
 - straty lub zyski ciepła do gruntu,
 - zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego wprowadzonego do schronu;
- b) **czynniki wewnętrzne:**
 - zyski ciepła i wilgoci od ludzi,
 - zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego,
 - zyski ciepła od maszyn i urządzeń,

- zyski ciepła i wilgoci z procesów technologicznych (agregatorownie, kuchnie),
- zanieczyszczenia powstające wewnątrz budowli (CO_2 , zużycie O_2),
- straty ciepła z powietrzem eksfiltracyjnym.

c) **Straty lub zyski ciepła z gruntu**

Określa się je metodą przybliżoną, polegającą na określeniu powierzchni obliczeniowej przegród zewnętrznych i przemnożeniu jej przez jednostkowe strumienie ciepłe przenikające przez te przegrody. Wartości jednostkowych strumieni ciepła są następujące:

- ściany zewnętrzne i płyta fundamentowa:
 - dla lata — $q_{\min} = 3,5 \text{ W/m}^2$,
 - dla zimy — $q_{\max} = 7 \text{ W/m}^2$;
- przez stropy przykryte warstwą nadkładu gruntowego wynoszącą od 0,5-1,5 m:
 - dla lata — $q_{\min} = 1,2\text{-}2,8 \text{ W/m}^2$,
 - dla zimy — $q_{\max} = 19,3\text{-}29,5 \text{ W/m}^2$.

Powierzchnię obliczeniową ustala się w sposób następujący:

- oblicza się rzeczywistą powierzchnię poszczególnych przegród, biorąc wymiary osiowe,
- do powierzchni stropu dodaje się pas szerokości 1 m przylegający do ściany zewnętrznej,
- do powierzchni ścian zewnętrznych dodaje się pas szerokości 1 m przylegający do stropu, a pas szerokości 0,5 m przylegający do innych ścian zewnętrznych oraz fundamentu,
- do powierzchni fundamentu dodaje się pas szerokości 0,5 m przylegający do ścian zewnętrznych.

Całkowite minimalne i maksymalne straty ciepła do gruntu dla obiektu obronnego określa zależność:

$$Q = \sum_{i=1}^n q F_{iob} \quad [\text{W}],$$

gdzie: F_{iob} — powierzchnia obliczeniowa wymiany ciepła [m^2];
 q — jednostkowe zyski ciepła [W/m^2].

d) **Zyski ciepła i wilgoci od ludzi**

Ciepło wydzielane przez ludzi, powodujące przyrost temperatury powietrza w pomieszczeniach obiektu obronnego, określane jest ze wzoru:

$$Q_1 = \varphi n q_1,$$

gdzie: φ — współczynnik jednoczesności przebywania ludzi (0,95-1,0);
 n — liczba osób;
 q_1 — zysk ciepła od 1 osoby, W/os.

Ciepło wydzielane z potem (oddychanie i parowanie z powierzchni skóry) wyrażane jest ilością pary wodnej:

$$W_1 = \varphi n w_1.$$

e) Zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego

Ilość ciepła, którą otrzyma powietrze od zainstalowanego oświetlenia, zależy będzie od:

- mocy energii elektrycznej pobieranej przez lampy,
- rodzaju opraw i ich podwieszenia,
- rodzaju oświetlenia (żarowe, fluorescencyjne).

Projektując oświetlenie elektryczne w pomieszczeniach schronowych, powinno się uwzględnić wyżej przytoczone aspekty oraz to, że oświetlenie fluorescencyjne lub ledowe da ten sam poziom natężenia oświetlenia, a zużywa znacznie mniej energii elektrycznej od żarowego. Zatem przy nowoczesnym oświetleniu lampy przekazują do powietrza mniej ciepła. Zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego określa się ze wzoru:

$$Q_o = N (\beta + (1 - \alpha - \beta) k_o) \varphi,$$

gdzie: N — moc lamp;

k_o — współczynnik akumulacyjności ciepła przez przegrody;

α, β, φ — współczynniki uwzględniające rodzaj opraw, przyswajalność ciepła przez powietrze i jednoczesność używania lamp.

f) Zyski ciepła od urządzeń łączności, informatyki i UPS

Wymienione wyżej urządzenia, które znajdują się w pomieszczeniach obiektu ochronnego, albo będą napędzane silnikami elektrycznymi (pompy, wentylatory), albo będą pracowały jako autonomiczne (podgrzewacze elektryczne, dalekopisy, maszyny cyfrowe, urządzenia łączności, aparatura medyczna itp.).

Pewną ilość pobieranej mocy elektrycznej będą przekazywały w postaci ciepła do powietrza w pomieszczeniu. Tę ilość ciepła pozwala określić wzór:

$$Q_u = \sum N_i^* \eta^* \varphi_1^* \varphi_2^* \varphi_3^* \varphi_4^*,$$

gdzie: N_i^* — moc pobierana przez maszynę lub urządzenie;

η — sprawność urządzenia — należy brać z katalogów;

φ_1^* — współczynnik wykorzystania mocy, określane jako stosunek mocy rzeczywistej do mocy znamionowej, $\varphi_1 = 0,7-0,9$;

φ_2 — współczynnik obciążenia, określane jako stosunek mocy przeciętnej do mocy maksymalnej, $\varphi_2 = 0,4-0,9$;

φ_3 — współczynnik jednoczesności pracy urządzeń, $\varphi_3 = 0,3-1,0$;

φ_4 — współczynnik przyswajania ciepła przez powietrze, $\varphi_4 = 0,1$

(pompy, wentylatory), $\varphi_4 = 0,4-0,7$ (kuchnie), $\varphi_4 = 0,8-1,0$

(maszyny cyfrowe i łączności).

Wszelkie czynniki zakłócające powstające wewnątrz obiektu ochronnego (schronowego) muszą być asymilowane systemami wentylacji i filtrowentylacji, a niekiedy za pomocą instalacji klimatyzacyjnej.

W zależności od sposobu wymiany powietrza wentylację mechaniczną możemy podzielić na:

- **ogólną**, czyli zapewniającą równomierną wymianę powietrza w całym pomieszczeniu,
- **miejscową**, przeciwdziałającą zanieczyszczeniom powietrza w miejscu ich wydzielania. Do wentylacji miejscowej należą takie urządzenia jak:
 - **odciągi miejscowe**, urządzenia służące do usuwania zanieczyszczeń bezpośrednio w miejscu ich powstawania,
 - **nawiewy miejscowe** stosowane do wytwarzania w określonym miejscu warunków odmiennych od tych, które panują w całym pomieszczeniu,
 - **kurtyny powietrzne**, stosowane do ochrony pomieszczeń przed przenikaniem zimnego powietrza zewnętrznego (w okresie zimy) bądź gorącego (w okresie lata) przez często otwierane bramy i drzwi wejściowe w budynkach przemysłowych lub użyteczności publicznej.

W zależności od kierunku ruchu powietrza w stosunku do wentylowanego pomieszczenia rozróżnia się wentylację mechaniczną:

- **nawiewną** — dostarczanie powietrza odbywa się w sposób mechaniczny, a usuwanie w sposób naturalny,
- **wywiewną** — powietrze dostarczane jest w sposób naturalny, a mechanicznie wspomagany jest wywiew,
- **nawiewno-wywiewną** — w tym przypadku dostarczanie i usuwanie powietrza odbywa się w pełni mechanicznie.

W zależności od różnicy ciśnień wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia wentylacja jest:

- **nadciśnieniowa** — strumień objętości powietrza nawiewanego jest większy od strumienia objętości powietrza wywiewanego,
- **podciśnieniowa** — strumień objętości powietrza nawiewanego jest mniejszy od strumienia objętości powietrza wywiewanego.

Należy zdawać sobie sprawę, że wentylacja mechaniczna może być potencjalnym źródłem skażeń lub zakażeń naturalnych lub celowych (terrorystyczne wprowadzenie do systemu wentylacji substancji niebezpiecznych dla zdrowia lub życia) przy niezabezpieczonej czepni powietrza. Metodą zabezpieczenia jest system filtracji lub filtrowentylacji.

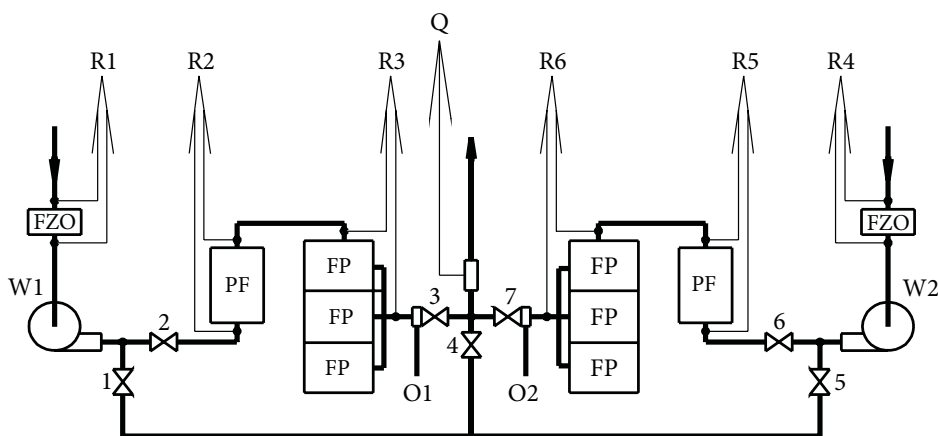
W celu obniżenia szkodliwego stężenia aerozoli stałych i ciekłych (kurzu, pyłu, drobnoustrojów itp.) w powietrzu stosuje się najczęściej metodę filtracji:

- odpyłacze filtracyjne, zatrzymujące cząstki aerozoli na materiale filtracyjnym;
- elektrofiltry (filtry elektrostatyczne), w których zastosowanie wysokiego napięcia powoduje jonizację zapyłonego powietrza i wychwytywanie

- naładowanych elektrostatycznie cząstek zanieczyszczeń przez przeciwnie naładowane elektrody;
- odpyłaczki mokre, obejmujące różne typy urządzeń, w których cząstki aerozoli osadzają się na kroplach lub warstwach cieczy i są następnie usuwane w postaci szlamu;
 - komory sedymentacyjne, zbudowane z wielu umieszczonych nad sobą płytek (najczęściej z węgla drzewnego), na których osadzają się cząstki kurzu z przepływającego powietrza;
 - cyklony, składające się z większej rury zwężającej się ku dołowi i umieszczonej wewnątrz mniejszej rury koncentrycznej, w których cząstki kurzu wypadają ze strumienia powietrza na zasadzie siły odśrodkowej;
 - lampy emitujące promieniowanie ultrafioletowe o działaniu bakteriobójczym, stosowane do sterylizacji powietrza w pomieszczeniach zamkniętych;
 - sposób kombinowany wykorzystujący dwie lub więcej technik, np. cyklon jako element wstępnego oczyszczania powietrza oraz filtrację na wysokoskutecznych filtrach klasy HEPA lub ULPA (filtry HEPA, filtry aerozoli koloidalnych o średniej i wysokiej skuteczności, oznaczone H10÷H14, filtry ULPA, filtry aerozoli koloidalnych o bardzo wysokiej skuteczności, oznaczone U15÷U17).

Schemat instalacji wentylacyjno-filtrowentylacyjnej [7, 8, 9] przedstawia rysunek 1.

W celu obniżenia szkodliwego stężenia par substancji wysokotoksycznych w powietrzu stosuje się głównie metodę sorpcji, np. na sitach molekularnych, bentonitach, a najczęściej na sorbentach węglowych. Urządzenia takie nazywa się pochłaniaczami, a z wkładem filtracyjnym — filtropochłaniaczami. Wśród nich są te, które mogą stanowić ochronę tylko przed jednym rodzajem środka toksycznego (np. amoniakiem lub tlenkiem węgla), wielogazowe i uniwersalne.



Rys. 1. Instalacja wentylacyjna i filtrowentylacyjna obiektu

4. Podsumowanie

W systemy wentylacji powinny być wyposażone wszystkie rodzaje *obiektów i budowli*, a więc budynki mieszkalne, użyteczności publicznej (banki, dworce, sklepy, sale kinowe i konferencyjne, biurowce, szpitale itp.). Natomiast w systemy filtrowentylacji budowle typu specjalnego lub adaptowane do ochrony ludności przed oddziaływaniem substancji wysokotoksycznych — obiekty ochrony zbiorowej. Obiekty do ochrony zbiorowej to obiekty typu stacjonarnego lub polowego zarówno o przeznaczeniu wojskowym, jak i cywilnym (schrony, ukrycia) oraz obiekty ruchome (wozy bojowe, pojazdy mechaniczne, okręty) specjalnie przygotowane i przystosowane do ochrony ludzi i sprzętu przed skutkami użycia broni konwencjonalnej, broni masowego rażenia oraz skażeniem toksycznymi substancjami przemysłowymi.

Praca finansowana w ramach PBS Nr 934, lata 2016-2018.

Artykuł opracowany na podstawie referatu wygłoszonego na XXX Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Ekomilitaris 2016” Zakopane, 13-16.09.2016 r.

LITERATURA

- [1] W publikacji Szkol. 869/2013 obiekty ochrony zbiorowej określane są pojęciem Zbiorowe Środki Ochrony Przed Skażeniami (ZSOPS) oraz Systemy Ochrony Zbiorowej (SOZ), w niniejszej pracy pojęcia te są stosowane zamiennie.
- [2] NYSZKO G., *Trendy światowe i wymagania narodowe w zakresie użycia środków ochrony przed skażeniami w warunkach współczesnych*, rozprawa doktorska, AON, Warszawa, 2007.
- [3] *Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych DD/3.8(A)*, Ministerstwo Obrony Narodowej, Centrum Doktryn i Szkolenia Sił Zbrojnych Szkol. 869/2013.
- [4] HARMATA W. et al., *Ekspertyza naukowo-techniczna w zakresie wymagania długoterminowego — EG 4405. Udoskonalone środki ochrony przed bronią masowego rażenia (NBC)*, Sygn. WICHiR – ONIW – 837/2002.
- [5] 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.
- [6] Stanag 2515 (Study) — ATP-70 — *Collective protection in a nuclear, chemical and biological environment*.
- [7] HARMATA W., *Ochrona przed skażeniami, cz. III. Podstawy teoretyczne i rozwiązania praktyczne w dziedzinie zbiorowych środków ochrony przed skażeniami*, WAT, Warszawa, 2015.
- [8] SOBIECH M., WASILCZUK J., *Kierunki rozwoju budownictwa schronowego. Materiały konferencji EKOSCHRON*, WAT, NJW MSW, 3-5.06.1996, Bystra Śląska.
- [9] WASILCZUK J., *Instalacje schronowe*, Materiały konferencji EKOMILITARIS 2012, WAT, Zakopane, 3-6.09.2012.

W. HARMATA, Z. SZCZEŚNIAK, M. SOBIECH

Collective protection against contamination

Abstract. The paper describes general rules for the use of collective protection against contamination. There are presented certain recommendations for functional and operational requirements in the case of collective protection measures. The functional and maintenance recommendations are described in the field of the collective protection against modern agents in the concern of the hardened facilities in relation to the ventilation systems and objects themselves. Individual protection is a key element of dealing in the massive destruction weapon (MDW) environment. The protective cloth provides the capability of working in a contaminated area but it makes individuals less operable and effective, also in the lasting. The common collective protection is organized for people (soldiers or civilians) to be able to operate in a contaminated area. It means, that there are necessary certain facilities which protect personnel against toxics. The point of the collective protection is to keep an environment adequate for defense missions, rest, or decontamination. These facilities give more light feeling in the physical and psychological sense of dealing without the individual protective cloth. There is also a description of the ventilation system' objects, depending on the type of collective protection systems.

Keywords: construction, chemical toxics, protection of exercising personnel and natural environment

DOI: 10.5604/01.3001.0009.9503

