WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA

PODSTAWY ZAGADNIEŃ PRAWNO-TECHNICZNYCH UTRZYMANIA SCHRONÓW I UKRYĆ DLA OCHRONY LUDNOŚCI

/wydanie 1/

Praca zbiorowa
pod redakcją Zbigniewa Szcześniaka

Zespół autorski:
Z. Szcześniak, J. Wasilczuk, M. Sobiech, W. Harmata, R. Ostrowski, J. Baryłka, A. Baryłka, J. Krawczyk, K. Zieliński, P. Kwiatkowski, M. Szafrański

Warszawa, wrzesień 2013

1. UREGULOWANIA I WYMAGANIA PRAWNE W ZAKRESIE TECHNICZNEGO UTRZYMANIA SCHRONÓW

1.1. Ochrona ludności, obrona cywilna– aspekty teoretyczne i prawne

Streszczenie

Jednym z wielu zadań wyznaczonych przez władze celu zapewnienia właściwego poziomu bezpieczeństwa obywateli jest ochrona ludności cywilnej przed zdarzeniami niekorzystnymi. W Polsce, do roku 1989 postrzegano ochronę ludności cywilnej przez pryzmat obrony cywilnej.

Artykuł prezentuje aspekty teoretyczne pojęć obrona cywilna i ochrona ludności oraz podaje definicje tych pojęć. Przedstawione zostały obecnie obowiązujące przepisy prawa krajowego i międzynarodowego w dziedzinie ochrony ludności przed zagrożeniami naturalnymi, cywilizacyjnymi i zagrożeniami konfliktami zbrojnymi. Ponadto, w artykule omówiono projekt ustawy o ochronie ludności.

1.2. Uregulowania prawne dotyczące ochrony ludności kraju na wypadek zaistnienia sytuacji kryzysowych z uwzględnieniem schronów i ukryć

1.2.1. Rys historyczny przepisów w zakresie zasobów budownictwa ochronnego w Polsce

Realizacja budownictwa ochronnego w Polsce ulegała w różnych okresach dość znacznym zmianom, w zależności od sytuacji politycznej, uwarunkowań ekonomicznych i przyjmowanych w danym okresie założeń operacyjno-technicznych.

Do 1958 roku budownictwo ochronne regulowały przepisy uchwały nr 858/52 Rady Ministrów z 10 października 1952 roku w sprawie stosowania przedsięwzięć Terenowej Obrony Przeciwlotniczej /TOPL/ w budownictwie. Na mocy tej uchwały budownictwo ochronne realizowane było na stosunkowo szeroką skalę. Schrony budowano w podpiwniczeniach nowo wznoszonych budynków mieszkalnych, administracyjnych, usługowych i przemysłowych w 72 miastach oraz położonych poza tymi miastami zakładach i obiektach przemysłowych /zaliczonych do trzech kategorii zagrożenia/ wszystkich resortów. Przygotowywane schrony charakteryzowały się wytrzymałością w granicach 0,015÷0,030 MPa /0,15÷0,30 kG/cm^2/, zapewniającą ochronę tylko przed obciążeniem od gruzu zwalonych budynków. Wiele z nich nie było wyposażane w drzwi ochronno-hermetyczne i urządzenia filtro-wentylacyjne, gdyż ich produkcja nie pokrywała dużego bieżącego zapotrzebowania, wynikającego z masowego charakteru tego budownictwa.

W 1958 r. zakres budownictwa ochronnego został mocno ograniczony. Uchwałą nr 34/58 Rady Ministrów z 15 lutego 1958 r. w sprawie projektowania i budowy schronów w nowym budownictwie, zmniejszono o 30 liczbę miast których budownictwo ochronne miało być realizowane, ograniczając jednocześnie budowę schronów w resortach komunikacji i łączności tylko do obiektów zaliczanych do I kategorii. Przepisy tej uchwały stworzyły natomiast możliwość podwyższania wytrzymałości schronów budowanych w podpiwniczeniach do 0,035 MPa /0,35 kG/cm^2/ oraz dopuściły budowę schronów wolno stojących o wytrzymałości 0,05 MPa /0,5 kG/cm^2/.

W 1960 roku zgodnie z decyzją ówczesnych władz politycznych, odstąpiono całkowicie od realizacji budownictwa ochronnego w Polsce, co zostało usankcjonowane uchwałą nr 253/60 Rady Ministrów z 28 września 1960 r. w sprawie zaniechania stosowania przepisów TOPL w nowym budownictwie.

Możliwość budowy nowych schronów przywrócono ponownie w 1966 r. uchwałą 103/66 Rady Ministrów z 25 kwietnia 1966 r., ograniczając jednak zakres ich budowy tylko do nowo budowanych zakładów przemysłowych, podległych resortom energetyki i górnictwa, a od 1968 r. - również przemysłu ciężkiego i maszynowego. Przyjęto wówczas nowe kryteria wytrzymałościowe /w oparciu o normatywy obowiązujące w ZSRR/, według których konstrukcje schronów miały zapewniać odporność na nadciśnienie fali uderzeniowej wybuchów jądrowych, równe 0,2 MPa /2,0 kG/cm^2/.

Na podstawie art. 6 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 21 listopada 1967 r. o powszechnym obowiązku obrony Rzeczypospolitej Polskiej (Dz. U. z 2002 r. Nr 21, poz. 205, z późn. zm.[1)]) zarządzono się między innymi:

1) wymagania wobec pozamilitarnych przygotowań obronnych na dziesięcioletni okres obowiązywania programu,
2) przedsięwzięcia rzeczowo-finansowe w zakresie utrzymywania i doskonalenia struktur pozamilitarnych systemu obronnego państwa,
3) projektowane nakłady na pozamilitarne przygotowania obronne w ciągu dziesięcioletniego okresu obowiązywania programu.

Kolejna modyfikacja przepisów regulujących budownictwo ochronne w Polsce miała miejsce w latach 1974-1975, kiedy to weszła w życie uchwała nr 02/74 Komitetu Obrony Kraju z 7 października 1974 r. w sprawie planowania i realizacji budowli ochronnych dla ludności kraju, uzupełniona w 1975 r. wytycznymi Szefa Obrony Cywilnej Kraju z 20 maja 1975 r. w sprawie określania zasad lokalizacji schronów oraz kryteriów zaliczania zakładów pracy do odpowiedniej kategorii. W przepisach tych rozszerzono zakres budownictwa ochronnego, ale w dalszym ciągu obowiązek taki dotyczył tylko określonych zakładów produkcyjnych. Dla pozostałej ludności przewidziano budowę "zastępczych budowli ochronnych" - doraźnie, w czasie podwyższania gotowości obronnej państwa oraz początkowym okresie wojny, stosownie do planów na tak zwany rok obliczeniowy /R.O./, opracowywanych w tym zakresie w okresie pokoju. Nowe wymagania w zakresie walorów ochronnych budowli znajdowały swój wyraz w podziałach ich na rodzaje i klasy lub typy - uzależnione od przeznaczenia realizowanej budowli to jest dla załogi zakładu pracy lub pozostałej ludności oraz lokalizacji /w strefach lub poza strefami zagrożeń, określonych dla miast i zakładów pracy zaliczanych do szczególnie zagrożonych/.

Wprowadzono przepis o modernizacji w czasie pokoju budowli ochronnych, wybudowanych w poprzednich okresach, jednak zawężono go tylko do schronów. Oznacza to, że istniejące budowle ochronne o wytrzymałości poniżej 0,05 MPa /0,5 kG/cm^2/ to jest zdecydowana większość wszystkich zasobów nie podlegała modernizacji - nie mogła być ona finansowana z przydzielonych na ten cel przez Komisję Planowania przy Radzie Ministrów limitów finansowych. Zasady powyższe obowiązywały do 1984 r. tj. do czasu przyjęcia przez KOK nowej koncepcji zapewnienia ludności ochrony zbiorowej w warunkach rosnącego zagrożenia, wynikającego z faktu instalowania w Europie nowych niszczycielskich środków rażenia.

Nowe rozwiązania zawarte zostały w uchwale nr 2/84 Komitetu Obrony Kraju z 28 czerwca 1984 r. w sprawie planowania i przygotowywania budowli ochronnych dla ludności kraju. Najbardziej istotną różnicę w stosunku do zasad z 1974 r. stanowiło przyjęcie /analogicznie jak w pozostałych państwach Układu Warszawskiego/, bardzo wysokich parametrów odporności konstrukcji budowli ochronnych /0,1÷0,3 MPa tj.1,0÷3,0 kG/cm^2/, przewidzianych do budowy w strefach zagrożeń określonych dla miast i zakładów pracy, zaliczonych do szczególnie zagrożonych.

Realizacja budownictwa ochronnego według tych wymogów od razu napotkała na trudności, przede wszystkim natury finansowej z uwagi na bardzo wysoki koszt takich budowli, a także technicznej i wykonawczej. Trudności finansowe narastały w miarę pogarszania się sytuacji gospodarczej kraju, stając się bezpośrednią przyczyną doprowadzenia, już po kilku latach ich obowiązywania, do niemal całkowitego zaprzestania realizacji budownictwa ochronnego.

W 1994 pojawiły się nowe wymagania Szefa Obrony Cywilnej Kraju [1]. Do poszczególnych aspektów wymagań jak i całości odnoszono się w wielu publikacjach poświęconych przedmiotowej tematyce (por.[2-5]).

1.2.2. Aktualny stan prawny w zakresie rozważanych budowli

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane Dz.U.2010.243.1623 j.t. z późniejszymi zmianami

Zgodnie z art. 5. 1. Obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej.

Przepis art. 8 przewiduje możliwość ustanowienia przez Radę Ministrów dodatkowych warunków technicznych, którym powinny odpowiadać budynki służące obronności i bezpieczeństwu państwa. W akcie tym jest też możliwość wskazania, których przepisów techniczno-budowlanych powszechnie obowiązujących nie będzie się stosowało do wyżej wymienionych kategorii obiektów.

Rada Ministrów dotychczas nie skorzystała z tego upoważnienia

Przepis art. 70 jest adresowany do właścicieli, zarządców i użytkowników obiektów budowlanych zobowiązanych do utrzymywania w należytym stanie technicznym obiektów budowlanych i usuwania wszystkich stwierdzonych uszkodzeń oraz braków mogących spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, bezpieczeństwa mienia lub środowiska, a w szczególności katastrofę budowlaną, pożar, wybuch, porażenie prądem elektrycznym albo zatrucie gazem.

Przesłanką stosowania art. 66 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane jest ustalenie, że obiekt budowlany jest użytkowany w sposób zagrażający życiu lub zdrowiu ludzi, środowisku lub bezpieczeństwu mienia, zaś art. 69 usunięcie niebezpieczeństwa dla ludzi i mienia.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 maja 2004 r. w sprawie sposobu uwzględniania w zagospodarowaniu przestrzennym potrzeb obronności i bezpieczeństwa państwa (Dz. U. Nr 125 z dnia 2 czerwca 2004 r.)

Zgodnie z art. 16 ust. 3 ustawy z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. Nr 80, poz. 717 oraz z 2004 r. Nr 6, poz. 41) zarządza się:

1) uwzględnianie potrzeb obronności państwa w zagospodarowaniu przestrzennym w celu zapewnienia warunków do obrony terytorium Rzeczypospolitej Polskiej,
2) uwzględnianie potrzeb bezpieczeństwa państwa w zagospodarowaniu przestrzennym w celu przygotowania i przeciwdziałania zagrożeniom wewnętrznym,
3) zgłaszanie potrzeb w zakresie obronności i bezpieczeństwa państwa w zagospodarowaniu przestrzennym przez właściwe organy wojskowe, ochrony granic i bezpieczeństwa państwa.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 czerwca 2004 w sprawie warunków i trybu planowania i finansowania zadań wykonywanych w ramach przygotowań obronnych państwa przez organy administracji rządowej i organy samorządu terytorialnego (Dz. U. 152 z dnia 2 lipca 2004 r.)

1.2.3. Przygotowywane projekty aktów prawnych

Wobec nieuporządkowanej dotychczas sytuacji prawnej, Decyzją Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej w 2012 powołany został Zespół do opracowania „Koncepcji kierunków działań w zakresie budownictwa ochronnego w Polsce". W pracach Zespołu udział biorą przedstawiciele MSW, MON, WAT, GUNB, WBZK UW (śląskiego, małopolskiego ,mazowieckiego), miasta stołecznego Warszawy, Polskich Kolei Państwowych (Oddział Gospodarowania Nieruchomościami w Gdańsku) oraz przedstawiciele Biura do Spraw Ochrony Ludności i Obrony Cywilnej KG PSP.

Zadaniem Zespołu jest:

1) Podjęcie działań mających na celu określenie potrzeb i warunków utrzymania istniejących budowli ochronnych poprzez opracowanie nowych regulacji prawnych lub wnioskowanie o nowelizację zapisów w ustawie – Prawo budowlane w zakresie określenia:
   - definicji pojęcia budowli ochronnych z podziałem na schrony i ukrycia,
   - opracowanie podstawowej formuły klasyfikacyjnej schronów i ukryć dla potrzeb ochrony ludności i obrony cywilnej,
   - warunków technicznych jakim powinny odpowiadać schrony i ukrycia, ich usytuowanie, warunków technicznych użytkowania oraz modernizacji w stosunku do istniejących i nowo budowanych,
   - zasad finansowania budowli ochronnych w zakresie ich utrzymania i eksploatacji.
2) Określenie zakresu szkoleń specjalistycznych (konferencji) z tematyki budownictwa ochronnego.
3) Podjęcie procesu normalizacji i certyfikacji dziedzinie budownictwa ochronnego.
4) Określenie zasad przeprowadzenia inwentaryzacji i weryfikacji istniejących budowli ochronnych.
5) Opracowanie zasad w zakresie planowania i kierunków rozwoju schronów i ukryć dla potrzeb ochrony ludności i obrony cywilnej.

1.2.4. Propozycje nowych rozwiązań prawnych w zakresie bud. ochronnego

W wyniku prac wymienionych w rozdziale 3 planuje się określenie zmian i ich wdrożenie do przepisów prawa w zakresie budownictwa ochronnego poprzez:

1. wprowadzenie zapisów dotyczących budownictwa ochronnego do pro-jektu *ustawy o ochronie ludności ;*
2. zdefiniowanie wymogów obrony cywilnej o których mowa w ustawie: *Prawo budowlane (art.5 ust.1 pkt 6)* w *projekcie ustawy o ochronie ludności;*
3. opracowanie przez właściwych ministrów projektów rozporządzeń:
   - w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budowle ochronne i ich usytuowanie (art.7 ust.2 pkt2);
   - w sprawie warunków technicznych użytkowania budowli ochron-nych (art.7 ust.3 pkt 2);
4. określenie zasad finansowania budowli ochronnych na etapie budowy i utrzymania.

Literatura

[1] Wymagania Szefa Obrony Cywilnej Kraju do planowania, projektowania i utrzymania budowli ochronnych. Wyd. szef OCK, Warszawa, 15.09.1994.

[2] Szcześniak Z., Zieliński R. K., Rozwiązania schronowe jako element inżynierii bezpieczeństwa w zadaniu ochrony ludności. XXVI Międzynarodowa Konferencja EKOMILITARIS-2012", Zakopane, 3-6.09.20012. Wyd. WAT, 2012 (w druku).

[3] Maliński W. Kwiatkowski P., Stan budownictwa ochronnego w Polsce. XXV Międzynarodowa Konf. „EKOMILITARIS-2011", Zakopane, 13-16.09.2011. Wyd. WAT, Warszawa, 2011, s. 362-368.
[4] Szcześniak Z., Budowle schronowe obrony cywilnej w Polsce, stan dzisiejszy i kierunki rozwoju. XXV Międzynarodowa Konferencja „EKOMILITARIS-2011", Zakopane, 13-16.09.20011. Wyd. WAT, Warszawa, 2011, s.
[5] Bąk G., Szcześniak Z., Schrony obrony cywilnej w budynkach użyteczności publicznej. XLIX Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB „Krynica 2003".Krynica, 14-19.09.2003. Wyd. Oficyna Wyd. PW., Warszawa, 2003, s. 1-17.

1.3. Uwarunkowania prawa budowlanego w zakresie prowadzenia robót budowlanych dotyczących schronów i ukryć

1.3.1. Wprowadzenie

Przedmiotem naszego zainteresowania są uwarunkowania prawne prowadzenia robót budowlanych, związanych ze specyficznymi obiektami budowlanymi określanymi nazwą schronów i ukryć, które są zaliczane do budowli ochronnych, wymienionych ramach budowli *(por. art. 3 pkt 3 ustawy – Prawo budowlane)*. Roboty budowlane są prowadzone:

1.1 w czasie powstawania ww. obiektów budowlanych oraz
1.2 w czasie ich istnienia.

Są one projektowane i budowane w celu zapewnienia ochrony ludności, zapewnienia technicznych możliwości kierowania państwem przez organy rządowe różnych szczebli, a także ochrony dzieł kultury w sytuacjach kryzysowych. Sytuacje te mogą być powodowane klęskami żywiołowymi, skutkami awarii w zakładach przemysłu, głównie chemicznego, terroryzmem oraz działaniami wojennymi.

Można wyróżnić następujące przypadki rozwiązania ww. obiektów:

- mogą to być samodzielne obiekty budowlane usytuowane w określonych warunkach lokalizacyjnych lub
- mogą one stanowić część obiektów budowlanych, które spełniają inną funkcję nie związaną z funkcją budowli ochronnej.

Zbiór istniejących w Polsce budowli ochronnych obejmuje budowle, które powstały w okresie przedwojennym oraz powojennym i jest zróżnicowany zarówno w zakresie:

- rozmieszczenia przestrzennego,
- parametrów techniczno-użytkowych
- stanu technicznego a także
- ewentualnej przydatności tych budowli do spełnienia przez nie funkcji ochronnych.

1.3.2. Klasyfikacja prawna robót budowlanych

Z obiektami budowlanymi są związane roboty budowlane, których dotyczą przepisy ustawy *Prawo budowlane*.

Działania związane z szeroko rozumianymi robotami budowlanymi stanowią duży gospodarczo i ważny społecznie obszar. Dlatego też ustalenie jednolitego, spójnego zakresu pojęć odnoszących się do działalności budowlanej jest potrzebne, pożyteczne i korzystne. Zostało ono dokonane w przepisach ustawy *Prawo budowlane*, która posługuje się szerokim pojęciem robót budowlanych, podzielonych na dwa duże zbiory:

1) **roboty budowlane zaliczane do pojęcia budowa** *(budowa nowego obiektu, odbudowa, nadbudowa i rozbudowa obiektu istniejącego),*

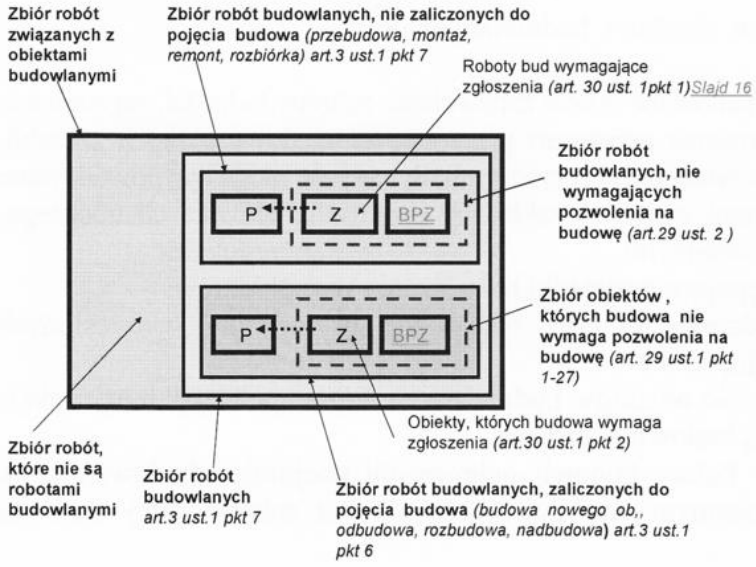
2) **roboty budowlane nie zaliczane do pojęcia budowa** *(przebudowa, remont i rozbiórka istniejącego obiektu oraz montaż dotyczący zarówno obiektu nowego jak i istniejącego).*

1.3.3. Uwarunkowania prawne realizacji robót budowlanych

Wymagania prawa budowlanego dotyczące prowadzenie robót budowlanych

Zasadą określoną w art. 28 ust. 1 ustawy *Prawo budowlane* jest, że roboty budowlane można rozpocząć na podstawie ostatecznej decyzji o pozwoleniu na budowę. Od tej zasady istnieją wyjątki - na prowadzenie niektórych robót budowlanych wymagane jest zgłoszenie *(art. 30 Prawa budowlanego)*, a prowadzenie niektórych robót budowlanych nie wymaga uzyskania pozwolenia, ani ich zgłoszenia. Zatem ustawa *Prawo budowlane* przewiduje trzy grupy robót budowlanych z uwagi na prawne wymagania dotyczące ich prowadzenia:

1. roboty budowlane wymagające uzyskania pozwolenia na budowę,
2. roboty budowlane wymagające zgłoszenia zamiaru ich rozpoczęcia,
3. roboty budowlane nie wymagające pozwolenia na budowę ani zgłoszenia zamiaru ich rozpoczęcia.



Rys. 1. Schemat identyfikacji robót budowlanych według przepisów ustawy – *Prawo budowlane*

Schemat ideowy podziału zbioru robót budowlanych *(na roboty budowlane kwalifikowane jako budowa oraz roboty budowlane nie będące budową)* z uwagi na wymagania przepisów Prawa budowlanego dotyczące:

- konieczności uzyskiwania pozwolenia,
- konieczności zgłaszania zamiaru wykonania robót,
- zwolnienia z konieczności uzyskiwania pozwolenia i zgłaszania zamiaru wykonania robót, zawarto na rysunku 1.

Ustawa przewiduje ponadto, w odniesieniu do grupy obiektów budowlanych wymagających uzyskania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie, konieczność wydania tej decyzji, przez organy NB, dopiero po dokonaniu tzw. obowiązkowej kontroli – po zakończeniu budowy obiektów objętych tym obowiązkiem.

Kiedy po zakończeniu wykonywania robót budowlanych wykonanych na podstawie pozwolenia inwestor może przystąpić do użytkowania obiektu budowlanego?

Do użytkowania obiektu budowlanego, na którego wzniesienie jest wymagane pozwolenie na budowę, można przystąpić, z zastrzeżeniem art. 55 i 57, po

zawiadomieniu właściwego organu o zakończeniu budowy, jeżeli organ ten, w terminie 21 dni od dnia doręczenia zawiadomienia, nie zgłosi sprzeciwu w drodze decyzji.
Przed przystąpieniem do użytkowania obiektu budowlanego należy uzyskać ostateczną decyzję o pozwoleniu na użytkowanie, jeżeli:

1) Na wzniesienie obiektu budowlanego jest wymagane pozwolenie na budowę i jest on zaliczony do kategorii wymienionych w art. 55 pkt 1, zawartych w załączniku do ustawy. Wówczas organ AAB w decyzji o pozwoleniu na budowę nakłada obowiązek uzyskania decyzji o pozwoleniu na użytkowanie.
2) Zachodzą okoliczności *(o których mowa w art. 49 ust. 5 albo art. 51 ust. 4)* dotyczące wszczęcia przez organy nadzoru budowlanego tzw. postępowania naprawczego w sprawie stwierdzonych nieprawidłowości związanych z prowadzeniem robót budowlanych.
3) Przystąpienie do użytkowania obiektu budowlanego ma nastąpić przed wykonaniem wszystkich robót budowlanych.

Wymagania formalne dotyczące zgłoszenia robót budowlanych

Zgłoszenia zamiaru wykonania robót budowlanych inwestora jest zobowiązany dokonać do właściwego organy administracji architektoniczno budowlanej *(starostę lub wojewodę)* przed zamierzonym terminem przystąpienia do ich wykonywania.
W zgłoszeniu należy określić:

- rodzaj, zakres i sposób wykonywania robót budowlanych,
- termin ich rozpoczęcia.

Do zgłoszenia należy dołączyć:

- oświadczenie o prawie do dysponowania nieruchomością na cele budowlane.
- w zależności od potrzeb *(na żądanie organu)* odpowiednie szkice lub rysunki *(na których wykonanie osoba nie musi posiadać uprawnień),*
- pozwolenia, uzgodnienia i opinie wymagane odrębnymi przepisami.

W razie konieczności uzupełnienia zgłoszenia, właściwy organ w drodze postanowienia nakłada obowiązek uzupełnienia w określonym terminie brakujących dokumentów, a w przypadku ich nie uzupełnienia - wnosi sprzeciw w drodze decyzji.

1.3.4. Podsumowanie

1) Zaliczenie roboty budowlanej do określonej grupy robót niesie za sobą skutki prawne dotyczące ich realizacji *(w tym ich rozpoczęcia i zakończenia)* – stąd ważną sprawą staje się precyzyjne zidentyfikowanie przez inwestora planowanych robót budowlanych.
2) Roboty wymagające uzyskania decyzji o pozwoleniu na budowę stanowią zobowiązanie do inwestora w sprawie przygotowania wniosku dotyczącego wydania ww. decyzji i wystąpienia do odpowiedniego organu AAB, prowadzenia robót budowlanych i ich zakończenia - zgodnie z przepisami ustawy.
3) Roboty budowlane nie wymagające pozwolenia ale wymagające zgłoszenia stanowią zobowiązanie do inwestora w sprawie przygotowania zgłoszenia w sprawie zamiaru wykonania określonych robót budowlanych, złożenia go do właściwego organu AAB i rozpoczęcia robót budowlanych w ustawowym terminie.
4) Realizacja prowadzenia robót budowlanych, zgodnie z wymaganiami ustawy – *Prawo budowlane*, jest kontrolowana przez organy nadzoru budowlanego.
5) Inwestor realizujący roboty budowlane niezgodnie z wymaganiami prawa budowlanego podlega określonym sankcjom karnym.

Literatura

[1] Baryłka J., Baryłka A.: *Uwarunkowania prawne prowadzenia robót budowlanych i użytkowania obiektów budowlanych.* Referat na Warsztatach Inżynierów

Budownictwa, na temat: „Problemy przygotowania i realizacji inwestycji budowlanych", Oddział Warszawski Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa, Puławy, 19-21.10.**2009 r.**

[2] Baryłka J., Baryłka A.: *Kontrole dokonywane przez organy nadzoru budowlanego w procesie budowlanym.* Referat na Warsztatach Inżynierów Budownictwa, na temat: „Problemy przygotowania i realizacji inwestycji budowlanych", Oddział Warszawski Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa, Puławy, 19-22.10.**2010 r.**

[3] Bąk G., Szcześniak Z.: *Schrony OC w budynkach użyteczności publicznej.* Referat problemowy na konferencji w Krynicy, **2003 r.**

[4] Dziwiński R., Ziemski P.: *Prawo budowlane. Komentarz*, Dom Wydawniczy ABC, **2006,** wyd. II.

[5] Stanowiska i wyjaśnienia GINB do przepisów ustawy Prawo budowlane – strona internetowa GUNB (www.gunb@gov.pl).

[6] Ustawa z dnia 07.07.1994 r. *Prawo budowlane (tekst ujednolicony przez GUNB).*

[7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury *w sprawie warunków i trybu postępowania w sprawach rozbiórek nieużytkowanych lub niewykończonych obiektów budowlanych (Dz.U. z **2004** r., Nr 198, poz. 2043).*

[8] Rozporządzenie Ministra Infr. *w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. Nr 120, poz. 1133 oraz z **2008 r.**, Nr 204, poz. 1239).*

[9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury *w sprawie wzoru protokołu obowiązkowej kontroli (Dz. U. Nr 132, poz. 1231).*

[10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury *w sprawie wzorów rejestrów wniosków o pozwolenie na budowę i decyzji o pozwoleniu na budowę (Dz. U. z **2006 r.**, Nr 156, poz. 1118, z późn. zm.).*

[11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury *w sprawie wzoru i sposobu prowadzenia ewidencji rozpoczynanych i oddawanych do użytkowania obiektów budowlanych (Dz. U. z **2003 r.**, Nr 120, poz. 1130).*

[12] Szcześniak Z.: Schrony przeznaczone do ochrony dóbr dziedzictwa kulturowego. Referat na XVII Krajowej Konferencji Naukowo – Technicznej na temat: „Ekologiczne i energooszczędne budownictwo oraz mieszkalnictwo wojskowe", Zakopane, 3-5.09.**2003 r.**

1.4. Propozycje zasad utrzymania i finansowania budowli schronowych obrony cywilnej

1.4.1. Wstęp

Jednym z podstawowych problemów współczesnego budownictwa schronowego obrony cywilnej w Polsce jest brak uregulowań prawnych, które określają zasady ponoszenia kosztów utrzymania budowli schronowych oraz sposób ich użytkowania w czasie pokoju. Jest to istotny problem, dotyczący ponad 35 tysięcy schronów i ukryć dla ludności, które wg danych ewidencyjnych [1] znajdują się na terenie naszego kraju. Odpowiadając na pojawiające się niekiedy pytania o celowość zachowania tego typu obiektów budowlanych należy zwrócić uwagę, iż budowle schronowe tak jak i dawniej uznawane są za najskuteczniejszą formę bezpośredniej ochrony ludności przed założonymi środkami i czynnikami rażenia [por. 2-4].

Istniejące obiekty, o ile ich konstrukcja jest nienaruszona, po uprzedniej modernizacji i wymianie przestarzałych instalacji mogą zabezpieczać osoby, ważne urządzenia lub cenne mienie przed skażeniami będącymi skutkiem awarii lub katastrof przemysłowych, a także na wypadek klęsk żywiołowych, zagrożeń militarnych czy lokalnych kryzysów politycznych, których w przyszłości nie można wykluczyć.

1.4.2. Problemy z utrzymaniem i finansowaniem budowli schronowych

Schrony i ukrycia w budynkach mieszkalnych

Właścicielami wielorodzinnych budynków mieszkalnych są obecnie przeważnie wspólnoty mieszkaniowe, a znajdujące się w nich schrony i ukrycia w świetle prawa uznawane są za nieruchomości wspólne będące współwłasnością wszystkich właścicieli lokali. Brak podstawowej znajomości tematu powoduje, iż w przekonaniu mieszkańców istniejące budowle schronowe nie mogą zapewnić jakiejkolwiek ochrony przed współcześnie stosowanymi czynnikami rażenia. Tego rodzaju opinie nie znajdują oparcia w stanie faktycznym, ponieważ współczesne wymogi wytrzymałościowe [5] dla schronów zabezpieczających przed zagruzowaniem spełnia około 90 % [3] schronów w Polsce. Autor [6] zauważa, że stan techniczny schronów pod budynkami mieszkalnymi różni się w zależności od tego, czy dana wspólnota mieszkaniowa ma pomysł na zagospodarowanie schronu jako obiektu dwufunkcyjnego i pieniądze na realizację tego celu. Istotnym ograniczeniem bywa jednak układ funkcjonalny pomieszczeń, zwłaszcza usytuowanie wejść do schronu przeważnie tylko w korytarzu piwnicznym, co utrudnia wydzierżawienie pomieszczeń na cele magazynowe lub usługowe z powodu utrudnionego dostępu do obiektu z zewnątrz budynku. Zdarzają się również wspólnoty mieszkaniowe zainteresowane modernizacją schronów, które kierują wnioski o dofinansowanie remontów. Organy ochrony ludności w gminach nie mają pieniędzy na tego typu przedsięwzięcia, ponadto istniejący stan prawny utrudnia przekazanie środków na obiekty budowlane będące prywatną własnością.

Elementy wyposażenia, zwłaszcza o większych wymiarach, takie jak urządzenia filtrowentylacyjne i przewody doprowadzające powietrze są często demontowane dla zaoszczędzenia miejsca, a drzwi ochronno-hermetyczne i zbiorniki wody złomowane. Niekiedy jest to uzasadnione względami bezpieczeństwa. Autor [3] zwraca uwagę na pilną potrzebę utylizacji zużytych filtropochłaniaczy. Utraciły one swoją przydatność, a ich przypadkowe użycie może nawet zagrozić bezpieczeństwu osób przebywających w schronie. Powszechną praktyką właścicieli jest likwidowanie wyjść zapasowych w sposób uniemożliwiający ich odbudowanie, jak również nieprofesjonalne przeprowadzanie instalacji powodujące uszkodzenie obudowy zewnętrznej schronu oraz zamurowywanie czerpni powietrza podczas ocieplania budynków. Sytuacje, w których dotychczasowy schron lub ukrycie został pozbawiony funkcji ochronnej można uznać za zmianę sposobu użytkowania obiektu budowlanego w świetle art. 71 ust. 1 pkt. 2 ustawy Prawo budowlane [7] jedynie wówczas, gdy zmianie uległy warunki bezpieczeństwa pożarowego, powodziowego, pracy, zdrowotne, higieniczno-sanitarne, ochrony środowiska bądź wielkość lub układ obciążeń. W powyższych przypadkach wymagane jest zgłoszenie właściwemu organu administracji architektoniczno – budowlanej, jednakże obowiązujące przepisy nie przyznają kompetencji w tym zakresie organom ochrony ludności.

Schrony i ukrycia w budynkach użyteczności publicznej i zakładach pracy

Podobnie jak w przypadku obiektów należących do wspólnot, stan techniczny schronów i ukryć w budynkach użyteczności publicznej i zakładach pracy jest niezadowalający. Podmioty odpowiedzialne za budynki użyteczności publicznej ponoszą na ogół tylko koszty bieżącej konserwacji, aby nie dopuścić do użytkowania schronów i ukryć w sposób zagrażający życiu lub zdrowiu. Do rzadkości należą jednak przypadki remontów i modernizacji, co wynika z dużych kosztów takich przedsięwzięć. Do wyjątków zaliczyć można utrzymywanie miejskich stanowisk kierowania oraz magazynów sprzętu obrony cywilnej, choć stan ich przygotowania i wyposażenia bywa niedostateczny. Zróżnicowaną praktykę stosują również terenowe organy administracji rządowej w województwach. Przykładowo, w 2006 r. przeprowadzono gruntowną modernizację zapasowego stanowisko kierowania Pomorskiego Urzędu

Wojewódzkiego, mającą na celu doprowadzenie obiektu do gotowości eksploatacyjnej. Zasadności utrzymywania budowli schronowych nie widzi natomiast Wojewoda Zachodniopomorski Marcin Zydorowicz, który w 2012 r. podjął decyzję o likwidacji zapasowego stanowiska kierowania Zachodniopomorskiego Urzędu Wojewódzkiego, będącego stosunkowo nowoczesnym obiektem oddanym do użytku w latach 80. Te dwa skrajne przykłady obrazują, jak zróżnicowaną praktykę przyjęły organy odpowiadające za ochronę ludności w kraju, wobec braku odpowiednich regulacji prawnych.

Przedsiębiorstwa w warunkach gospodarki rynkowej często ulegają przekształceniom, jak również z oczywistych względów dążą do minimalizacji kosztów działalności. Zmiany stanu własności i sposobu użytkowania zakładowych nieruchomości obejmują również budowle schronowe dla pracowników. Przykładem są tutaj obiekty na terenach kolejowych, z których większość została w ostatnich latach sprzedana prywatnym podmiotom, wydzierżawiona lub przekazana w formie aportu do innych spółek grupy PKP. Tylko na terenie PKP S.A. Oddziału Gospodarowania Nieruchomościami w Gdańsku, wg ewidencji [8] w ciągu ostatnich 10 lat, z 57 zakładowych schronów i ukryć, 28 zmieniło właściciela i należy obecnie do innych spółek kolejowych, gmin lub prywatnych właścicieli, pozostałe 5 obiektów zlikwidowano. Większość likwidowanych lub wyłączonych z eksploatacji schronów i ukryć na terenach kolejowych to obiekty zlokalizowane w pustostanach lub budowle wolnostojące, dla których trudno znaleźć funkcję użytkową. Zwłaszcza szczeliny przeciwlotnicze zaprojektowane w formie wąskich, łamanych korytarzy, trudno jest komercyjnie wykorzystać. Zostały zaprojektowane *stricte* pod kątem schronienia osób na wypadek nalotów bombowych, nie zaś z myślą o użytkowaniu w czasie pokoju.

1.4.3. Praktyka organów ochrony ludności

Brak uregulowań w zakresie eksploatacji, zwłaszcza zasad ponoszenia kosztów utrzymywania istniejących budowli schronowych, skutkuje licznymi konfliktami pomiędzy właścicielami a organami ochrony ludności, które przeprowadzają kontrole istniejących budowli i próbują wymóc przywrócenie właściwego stanu utrzymania.

W PKP S.A. Oddziale Gospodarowania Nieruchomościami w Gdańsku stwierdzono w ostatnim czasie przypadek, w którym Wydział Zarządzania Kryzysowego w jednym z miast w protokole pokontrolnym uznał, iż *„nie należy likwidować budowli ochronnej, z uwagi na dobry stan stropów i ścian"* oraz nakazał m.in. *zakonserwować drzwi wejściowe zgodnie z postanowieniami „Katalogu sprzętu i urządzeń oraz środków ochrony stosowanej w obronie cywilnej, sygn. SOCK 154/88."* Oddział przeprowadził remont obiektu zgodnie z zaleceniami, choć decyzja administracyjna została wydana bez podstawy prawnej. W latach 2010-2011 w Oddziale stwierdzono przypadki, w których organy ochrony ludności przyjmowały za podstawę prawną dawno uchylone zarządzenia Komitetu Obrony Kraju. W jednym przypadku organ powoływał się na opublikowany w Przeglądzie OC projekt zarządzenia Szefa Obrony Cywilnej Kraju [2], który nigdy nie wszedł w życie. Autor [10] trafnie zauważa, że działalność organów ochrony ludności zaczyna funkcjonować bardziej na zasadzie „rozpędu" i woli wykonawców w oparciu o ustalone dawniej reguły niż o niespójną, lecz obowiązującą wykładnię prawa.

Prawo budowlane [7] nakazuje uwzględniać wymagania obrony cywilnej na etapie projektowania i budowy obiektów budowlanych, nie określa jednak, czym takie wymagania są i kto je ustala [por. 11]. Organy ochrony ludności w większości województw są obowiązane do prowadzenia okresowych kontroli oraz prowadzenia ewidencji budowli ochronnych, których wymagają Urzędy Wojewódzkie. Odpowiedzialni za to inspektorzy, w przeciwieństwie do inspektorów nadzoru budowlanego nie mają jednak obecnie żadnych uprawnień w tym zakresie, co utrudnia przeprowadzanie kontroli. Właściciele często nie informują o likwidacji lub zmianie

sposobu użytkowania schronów i ukryć, ponieważ nie mają takiego obowiązku w stosunku do organów ochrony ludności. Powoduje to rozbieżność pomiędzy danymi w ewidencji a stanem faktycznym, utrudniając ocenę rzeczywistej liczby miejsc ochronnych i planowanie zadań z zakresu zapewnienia schronienia dla ludności.

Art. 1 ust 2. pt. 8. ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [12] stanowi, iż **w planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym uwzględnia się zwłaszcza potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa.** Podobnie jak w przypadku Prawa budowlanego, żaden przepis nie precyzuje, czym te potrzeby są. W niektórych miastach miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego nakładają na inwestorów obowiązek realizacji nowych schronów lub ukryć, zwłaszcza w budynkach użyteczności publicznej, zależy to jednak od zwyczajów przyjętych w poszczególnych samorządach. Podstawową przeszkodą w realizacji nowych miejsc ochronnych w budownictwie jest brak ustawy o ochronie ludności i przepisów określających wymagania techniczne, jakim powinny odpowiadać schrony, ukrycia lub inne budowle, zwłaszcza podziemne budowle komunikacyjne, zaprojektowane z uwzględnieniem wymagań obrony cywilnej [por. 10, 11].

1.4.4. Propozycje rozwiązań systemowych

W 2009 r. z inicjatywy Biura ds. Ochrony Ludności i Obrony Cywilnej KG PSP podjęto prace nad projektem ustawy o ochronie ludności [13], długo oczekiwanego aktu prawnego, mającego za zadanie czytelne określenie podziału kompetencji pomiędzy organami ochrony ludności oraz umożliwienie systemowego rozwiązywania problemów związanych z ochroną ludności i obroną cywilną. Przedmiot regulacji obejmowałby również zasady zapewnienia schronienia i zabezpieczenia mienia w sytuacjach zagrożenia. Zapisy zaproponowane w roboczej wersji projektu ustawy wskazywały niestety na brak koncepcji dotyczącej znaczenia schronów i ukryć, a ich pochopne przyjęcie doprowadziłoby *de facto* do powszechnej likwidacji schronów i ukryć, wobec braku ustawowego upoważnienia do wydania aktów normatywnych niższego rzędu, niezbędnych do określenia wymogów technicznych oraz szczegółowej organizacji zadań w zakresie budownictwa schronowego. Wobec powyższego, w kwietniu 2012 r. w ramach warsztatów Biura do spraw Ochrony Ludności i Obrony Cywilnej podjęto rzeczową dyskusję w temacie oraz powołano zespół ds. budownictwa schronowego, skupiający przedstawicieli nauki oraz praktyków pełniących funkcje związane z zarządzaniem kryzysowym. Postuluje się [2], aby ponownie podjąć prace nad projektem ustawy o ochronie ludności, jednak w ściślejszej współpracy ze środowiskami, które prowadzą badania i dydaktykę w zakresie technicznych aspektów omawianej tematyki.

Ogólne zasady finansowania i sposób użytkowania schronu lub ukrycia należy określić w ustawie. **W warunkach gospodarki rynkowej, najbardziej pożądane wydaje się przyjęcie stosowanych z Powo-dzeniem w innych krajach UE rozwiązań opartych o zasadę wielofunkcyjności i samofinansowania budowli schronowych**, co oznacza, że w warunkach pokoju prywatny obiekt budowlany jest utrzymywany z pożytków, które przynosi właścicielowi [2,14-16].

Poniżej przedstawiono propozycje rozwiązań ustawowych, określających znaczenie obiektów schronowych oraz sposób utrzymania i finansowania budowli schronowych dla ludności.

1. Organy ochrony ludności oraz pozostali ministrowie powinni realizować niezbędne techniczno-organizacyjne przedsięwzięcia z zakresu zapewnienia schronienia i zabezpieczenia mienia w sposób adekwatny nie tylko do zagrożeń występujących aktualnie, ale również przewidywanych w przyszłości.

2. Ww. przedsięwzięcia powinny być obligatoryjne również w przypadku jednostek samorządu terytorialnego, nie zaś podejmowane tylko w przypadku, gdy wynika to z wieloletnich programów ochrony ludności.
3. Sposób użytkowania oraz przeznaczenie budowli schronowych określa w czasie pokoju właściciel lub zarządca, informując uprzednio właściwy miejscowo organ ochrony ludności, natomiast w sytuacji zagrożeń - właściwy miejscowo organ ochrony ludności, w zakresie niezbędnym do wykonywania zadań określonych w ustawie o ochronie ludności.
4. Za utrzymanie budowli schronowych odpowiada właściciel lub zarządca. Organ ochrony ludności przekazuje odpowiednie środki rzeczowe lub finansowe na przygotowanie i doprowadzenie do gotowości eksploatacyjnej budowli schronowych w sytuacji zagrożenia, a w pozostałych przypadkach może przekazać środki rzeczowe lub finansowe na dofinansowanie niezbędnych remontów i modernizacji.
5. Projekty budynków przeznaczonych na pobyt ludzi powinny umożliwiać adaptowanie w sytuacji zagrożenia wytypowanych pomieszczeń najniższej kondygnacji na miejsca schronienia dla osób przebywających w budynku.
6. Konieczne jest, aby ustawa zobowiązywała ministra właściwego do spraw budownictwa do określenia w drodze rozporządzenia szczegółowych zasad:
   - planowania, projektowania, utrzymania schronów i ukryć oraz określenia wymagań obrony cywilnej w budownictwie, wspomnianych w art. 5 ust. 1 pkt. 6 ustawy Prawo budowlane,
   - prowadzenia ewidencji i kontroli stanu technicznego budowli schronowych,
   - zapewnienia funkcjonowania publicznych urządzeń zaopatrzenia w wodę w warunkach specjalnych (schrony dla urządzeń wodociągowych).

   Pominięcie ww. przepisu w ustawie uniemożliwi wydanie aktów normatywnych niższego rzędu.
7. Do zadań wojewody oraz wójta (burmistrza, prezydenta miasta) jako organu ochrony ludności na obszarze województwa (gminy, miasta) powinno należeć również prowadzenie ewidencji systemów ostrzegania i alarmowania, budowli schronowych, awaryjnych ujęć wody oraz posiadanych rezerw materiałowych i sprzętowych służących ochronie ludności. Pochopne zaniechanie prowadzenia takich ewidencji w niektórych województwach i miastach uniemożliwia szczegółowe planowanie zadań związanych z zapewnieniem schronienia dla ludności i zabezpieczeniem mienia oraz przygotowywanie planów ewakuacji uwzględniających miejsca ochronne.

1.4.5. Zakończenie i wnioski

W referacie scharakteryzowano podstawowe problemy związane z utrzymaniem i finansowaniem istniejących schronów, będące skutkiem wieloletnich zaniedbań legislacyjnych i braku regulacji prawnych. Przedstawiono propozycje przepisów, które poprzez klarowne określenie praw i obowiązków właścicieli oraz zadań organów ochrony ludności pomogłyby rozwiązać opisane problemy. Wobec powyższego zachodzi konieczność systemowego uregulowania budownictwa schronowego, począwszy od sformułowania ogólnej koncepcji w ustawie, kończąc na aktach normatywnych określających szczegółowe wymagania techniczne, jakim powinny odpowiadać schrony, ukrycia oraz budynki zaprojektowane z uwzględnieniem wymagań obrony cywilnej.

Literatura

[1] Ocena stanu przygotowania Obrony Cywilnej w Polsce, Raport - stan na dzień 31 grudnia 2010 r., Szef Obrony Cywilnej Kraju, 2011.

[2] Szcześniak Zb., Budowle schronowe Obrony Cywilnej w Polsce - stan dzisiejszy i kierunki rozwoju, Wyd. WAT, Warszawa, 2011.
[3] Sobiech M., Wasilczuk J., Kierunki rozwoju budownictwa schronowego. I Krajowa Konferencja Naukowo – Techniczna pt. „Problemy badawcze i techni-czne związane z projektowaniem, wykonawstwem i eksploatacją budowli Obro-nnych i ochronnych". Bystra Śląska, 3-5.06.1996. Wyd. WAT, 1996, s. 59-66.
[4] Kujar J., Polakowski W., Stan istniejący oraz kierunki i problemy rozwoju budownictwa ochronnego Obrony Cywilnej. II Krajowa Konferencja pt. „Problemy badawcze i techniczne związane z proje-ktowaniem, wykonawstwem i eksploatacją budowli obronnych i ochronnych". Gdynia, 5-6.06.1997. Wyd. WAT, 1997, s. 14-18.
[5] Projekt zarządzenia Szefa Obrony Cywilnej Kraju z dnia 15 września1994 r. „Wymagania obrony cywilnej do planowania, projektowania oraz utrzymania budowli ochronnych".
[6] Bojarski A., Budownictwo schronowe na przykładzie miasta Gdyni, Wyd. AMW, Gdynia, 2012.
[7] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 Prawo budowlane (Dz.U. 2003, Nr 207 poz. 2016 z późn. zm.).
[8] Zakładowa ewidencja budowli ochronnych PKP S.A. Oddziału Gospodarowania Nieruchomościami w Gdańsku.
[9] Ewidencja budowli ochronnych WZKiOL UM Gdynia.
[10] Korytek M., Przygotowanie i utrzymanie budowlo ochronnych w warunkach zmian strukturalno-własnościowych, III Krajowa Konf. N-T „EKOSCHRON '98", Tarnowskie Góry, 8-9.06.1998. Wyd. WAT, 1998, s. 119-123.
[11] Szafrański M., Prawne problemy związane z budownictwem schronowym Obrony Cywilnej. XXIV Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS - 2010", Zakopane, 7-10.09.2010. Wyd. WAT, Warszawa, 2010, s. 378-383.
[12] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003 nr 80 poz. 717 z późn. zm.).
[13] Projekt ustawy o ochronie ludności z dnia 31 sierpnia 2009 r., Szef Obrony Cywilnej Kraju, 2009.
[14] Maliński W. Kwiatkowski P., Stan budownictwa ochronnego w Polsce. XXV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2011", Zakopane, 13-16.09.20011. Wyd. WAT, Warszawa, 2011, s. 362-368.
[15] Sołowin R., Rozwiązania systemowe budownictwa schronowego w krajach UE. Warsztaty Biura ds. Ochrony Ludności i Obrony Cywilnej KG PSP. Bydgoszcz, 27-28.04.2011.
[16] Szcześniak Z., Zieliński R. K., Rozwiązania schronowe jako element inżynierii bezpieczeństwa w zadaniu ochrony ludności. XXVI Międzynarodowa Konf. „EKOMILITARIS-2012", Zakopane, 3-6.09.20012. Wyd. WAT, 2012.

2. RODZAJE I WYKRYWANIE ZAGROŻEŃ ZEWNĘTRZNYCH

2.1. Charakterystyka podstawowych zagrożeń i czynników rażących uwzględnianych w procesie kształtowania schronów i ukryć

2.1.1. Wstęp

Schrony i ukrycia według szeregu opinii (por. [1,2]) są bardzo cennymi obiektami wspomagającymi funkcjonowanie systemów ochrony ludności i obrony cywilnej a w tym elementów infrastruktury krytycznej. Są wymaganymi rozwiązaniami w przedsięwzięciach inżynierii ochrony wojsk. Schrony i ukrycia umożliwiają bezpieczne wykonywanie wielu ochronnych i operacyjnych zadań w warunkach

występowania oddziaływań, które z uwagi na swój szczególny charakter nazywane są wyjątkowymi. Kształtowanie rozważanych obiektów musi być więc związane z określeniem parametrów czynników rażenia, które definiują ich założoną odporność. W związku z tym poniżej scharakteryzowano zagrożenia uwzględniane przy rozwiązywaniu schronów i ukryć dla celów ochrony ludności i obrony cywilnej. Zagrożenia podzielono na niemilitarne i militarne [3].

2.1.2. Zagrożenia niemilitarne

W grupie zagrożeń niemilitarnych rozważa się **zagrożenia naturalne** spowodowane zjawiskami środowiskowymi głównie o gwałtownym przebiegu. Zagrożenia te są istotne dla zadań systemu ochrony ludności. W ogólności rozważa się środowisko geologiczne, hydrologiczne, atmosferyczne i kosmiczne. Do zagrożeń naturalnych, które mogą wystąpić w Polsce należą huragany, powodzie, susze, śnieżyce, silne i długotrwałe mrozy, trzęsienia ziemi (aktualnie o niskiej magnitudzie), epidemie i epizootie.

Prędkość huraganowych wiatrów na terenie Polski sięga granic około 150 km/h [4]. Podczas burz przy spełnieniu szczególnych uwarunkowań natury meteorologicznej mogą pojawić się opady gradu lub tak zwane trąby powietrzne. Polskie trąby powietrzne charakteryzuje wąski pas zniszczeń, który w przybliżeniu odpowiada rozmiarom wiru i wynosi od 200 do 400 metrów. Średnio w ciągu roku pojawia się ich kilkanaście. W wyniku mogą wystąpić poważne uszkodzenia budynków, infrastruktury telekomunikacyjnej i energetycznej, niedrożność infrastruktury transportowej. W lipcu 2012 roku w okolicach Borów Tucholskich tornado zniszczyło około 550 hektarów lasów. Śnieżyce i mrozy mogą mieć charakter długotrwały. Powodując blokowanie lub znaczną niewydolność infrastruktury transportowej i energetycznej zaburzają zaopatrzenie ludności w żywność i artykuły codziennego użytku oraz usługi komunalne i ochrony zdrowia. Spowalniają normalny bieg procesów przemysłowych i grożą wyczerpaniem zapasów określonych nośników energii. Susze o charakterze długotrwałym mogą prowadzić do klęsk żywiołowych w zakresie planowanego funkcjonowania procesów produkcji rolnej.

Kolejnym zagrożeniem naturalnym są powodzie. Szacuje się, że zagrożeniem powodziowym w Polsce objętych jest około 2 mln hektarów, to jest około 7% powierzchni kraju. Przykładowo podczas powodzi, w 1997r. zalanych zostało 365 tys. hektarów powierzchni. W obszarze tym znalazło się 50 miast i 290 wsi a także około 1500 km dróg (por.[5]).

Trzęsienie ziemi Na terenach Polski to bardzo rzadkie zjawisko mimo to może zdarzyć się kilkakrotnie, w przeciągu kilku miesięcy. Przykładowo, trzęsienie ziemi o sile 4,9 stopnia w skali Richtera nawiedziło 30 listopada 2004 roku południową Polskę. Na terenach Polski północnej odnotowuje się również trzęsienia z obszaru akwenu bałtyckiego. Wstrząs o sile 4,7 stopnia w skali Richtera z 16 grudnia 2008 roku w Szwecji był odczuwalny również we wschodniej Danii, w północno-wschodnich Niemczech i w północnej i północno-zachodniej Polsce. Trzęsienie o sile nie przekraczającej 5 stopni nie jest określane jako silne. Skutkami trzęsienia w powiecie nowotarskim na Podhalu w 2004 roku były popękane ściany, okna, kominy w kilku szkołach i budynkach użyteczności publicznej oraz w co najmniej kilkunastu domach. Z powodu uszkodzeń budynków w dwóch szkołach podstawowych i gimnazjach nie odbyły się zajęcia.

Zagrożenia ekologiczne (dla środowiska naturalnego) mogą być pochodzenia naturalnego to znaczy z przyczyn opisanych powyżej natura generuje warunki, które zagrażają jej samej. Niektóre zagrożenia omawianego typu mogą być spowodowane zarówno przez człowieka jak i przez naturę.

Szczególną grupę zagrożeń stanowią zagrożenia pochodzenia cywilizacyjnego, które można określić jako zanieczyszczenie środowiska w wyniku działalności człowieka, głównie typu przemysłowego. Można tutaj wymienić obszary skażone radiologicznie po awarii elektrowni jądrowej, także w sensie potencjalnym. Polska znajduje się w zasięgu potencjalnego oddziaływania elektrowni jądrowych zbudowanych głównie za granicą wschodnią ale i południową. Obecnie Rosjanie budują nową elektrownię w Kaliningradzie.

Innym rodzajem zagrożeń są skażenia przemysłowe typu chemicznego zanieczyszczające atmosferę, powierzchnię i określone warstwy gruntu wraz z wodą gruntową. Działalność militarna w okresie pokoju bez respektowania zasad ochrony środowiska prowadzi również do analogicznych skutków. Przykładowo, miąższość warstwy produktów ropo-podobnych na obszarach stacjonowania wojska radzieckiego sięgały grubości pięciu metrów w gruncie [6].

Podsumowując omawiane zagrożenia można określić ogólnie jako radiologiczno – chemiczno - biologiczne. Zagrożenia radiologiczne i chemiczne charakteryzują się dużą intensywnością początkową natomiast biologiczne na ogół rozwijają się w miarę upływu czasu.

Zagrożenia awariami technicznymi są niekorzystne tak dla ludzi jak i dla środowiska. Mówi się o trójkącie oddziaływań człowiek – technika – środowisko. Awarie techniczne mogą wystąpić:

- w systemach instalacji rurociągowych (tranzytowych i przemysłowych),
- w katastrofach budynków i budowli (zapory wodne, budynki przemysłowe),
- w katastrofach komunikacyjnych (drogowe, kolejowe, morskie lotnicze).

Katastrofy powodują powodzie, pożary i skażenie środowiska wraz ze stratami w ludziach i mieniu. Szczególny wpływ na potencjalne skażenie środowiska mają tak zwane toksyczne środki przepływowe (TŚP). Komisja Gospodarcza ONZ zakwalifikowała 170 substancji chemicznych do grupy TŚP, które również identyfikowane są na terenie Polski. Stwierdzono, że 80 największych zakładów w Polsce potencjalnie zagraża dla blisko 1/3 terytorium naszego kraju.

Do rozważanej grupy zalicza się również zagrożenia radiologiczne, które już scharakteryzowano powyżej [6].

Okazuje się, że na terenie Polski znajduje się 37 zapór wodnych o dużym stopniu zagrożenia bowiem potencjalnie zagrażają one populacji około 1,2 mln osób.

Terroryzm

W wielu publikacjach stwierdza się, że w skali świata aktywność terrorystów ciągle wzrasta, a terroryzm jest „realny i potencjalnie możliwy". Raport amerykańskiego Departamentu Stanu z 2006 roku "Country Reports on Global Terrorism" stwierdza rosnącą aktywność terroryzmu, czego odzwierciedlaniem jest 14 tysięcy ataków określonych jako „terrorystyczne" i ponad 20 tysięcy ofiar śmiertelnych tych ataków. To oznacza 25% wzrost w odniesieniu do liczby ataków oraz 40% wzrost liczby ofiar śmiertelnych w stosunku do roku 2005.Wielu naukowców, analityków oraz publicystów uznało terroryzm za największe zagrożenie XXI wieku. Ataki z wykorzystaniem przedmiotów, urządzeń, a także samych materiałów wybuchowych mogą zdarzyć się wszędzie. Ładunki wybuchowe mogą być wykonane przez indywidualistów, grupy zorganizowane lub amatorów. Z pomocą przychodzą dostępne podręczniki jak również informacje zamieszczone na stronach internetowych. Ze względu na użyte urządzenia i środki możemy wyróżnić następujące podstawowe rodzaje ataków terrorystycznych: bombowy, chemiczny, radiologiczny i biologiczny.

ATAK BOMBOWY może być wykonany przy użyciu różnego rodzaju urządzeń i materiałów wybuchowych wykonanych metodami domowymi lub przemysłowymi. Istnieje możliwość zastosowania militarnych środków rażenia, a także specjalnie

przygotowanych urządzeń, mediów i ładunków materiałów wybuchowych wyłącznie dla celów ataków terrorystycznych.

ATAK CHEMICZNY może być wykonany przy użyciu związków chemicznych w różny sposób i różnymi drogami na przykład w celu spowodowania paniki wśród klientów i pracowników skupisk handlowych poprzez zanieczyszczenie w nich powietrza oraz wywoływanie podrażnienia dróg oddechowych. Środki chemiczne z grupy fluorooctanów można wykorzystać do zatrucia wody w sieci wodociągowej danego budynku. Środki chemiczne z grupy fosforoorganicznych takich jak *sarin*, którego użyła w 1994 roku sekta Aum Szinrikjo w Japonii w miejscowości Matsumoto. Zginęło 7 osób, a 280 uległo zatruciu. Kolejnym razem w 1995 roku Aum Szinrikjo atakuje sarinem tokijskie metro. Ginie 12 osób, zatruciu ulega 5 500 osób. W 1995 roku FBI uniemożliwia atak sarinem na Disneyland w USA.

ATAK RADIOLOGICZNY może być wykonany przy użyciu tak zwanej „brudnej bomby" złożonej z konwencjonalnych materiałów wybuchowych i materiałów radioaktywnych (izotopów). Wybuch powoduje rozrzucenie (rozpylenie) izotopów promieniotwórczych i groźne skażenie promieniotwórcze otoczenia, a także toksyczne oddziaływanie na ludzi.

ATAK BIOLOGICZNY może być wykonany przez zastosowanie bojowych środków biologicznych (BSB). Środki biologiczne mogą być wprowadzone do środowiska za pomocą brudnej bomby lub bezpośrednio do sieci wodociągowej, kanalizacyjnej, wentylacyjnej oraz do żywności. Zakażenie człowieka może odbywać się pośrednio przez zwierzęta. Okres inkubacji chorób (okres utajony) może trwać od 1 dnia do 3 tygodni. Wśród krajów głównie arabskich stwierdzono szereg przypadków zainteresowania w pozyskiwaniu drobnoustrojów chorobotwórczych i procedur ich hodowli. Według WHO organizacje terrorystyczne mogą mieć dostęp do zarodników laseczek jadu kiełbasianego a także wirusów ospy prawdziwej. Obecny poziom rozwoju transportu globalnego oraz nieunikniony rozwój biotechnologii stwarzają warunki działania z zakresu bioterroryzmu. W naturze omawianej sytuacji można dostrzec fakt, że czynniki biologiczne raz uwolnione mogą doprowadzić do katastrofy na skalę globalną. również W samej taktyce działania terrorystycznego istnieje również dużo możliwości inicjacji skażenia biologicznego na skalę globalną. Obecnie [7] z pośród tysięcy znanych czynników ustalono około 80 o walorach oczekiwanych po stronie twórców broni biologicznej lub zwolenników działalności bioterrorystycznej. Do ogólnie znanych czynników biologicznych można zaliczyć zarazki wąglika, dżumy i tularemii. Jedną z form omawianego zagrożenia są bioareozole oddziaływujące głównie na układ oddechowy. Przewożenie czynników biologicznych drogą powietrzną należy do najniebezpieczniejszych metod ich użycia w celach terrorystycznych lub militarnych [8] oraz stanowi jedną z najefektywniejszych dróg rozprzestrzeniania chorób zakaźnych. W [8,9] scharakteryzowano niebezpieczne czynniki biolologiczne przenoszone drogą powietrzną, zagrożenia zdrowia człowieka, zagrożenia dla środowiska życia człowieka oraz możliwości ochrony, a w tym metody detekcji i identyfikacji.W związku z powyższym w USA w ostatniej dekadzie XX wieku doszło do gwałtownego zwiększenia wydatków na wojskową obronę przeciwbiologiczną do około 1.5 mld dolarów i porównywalnie na przygotowanie kraju na atak biologiczny.

W pracach krajowego systemu ochronnego istotne byłoby współdziałanie i kierowanie się cennym doświadczeniem Wojskowego Centrum Reagowania Epidemiologicznego Sił Zbrojnych RP [7]. Warto podkreślić, że w sytuacji realnego zagrożenia niezbędny jest przeszkolony zespół specjalistów a także transport sanitarny, przygotowana baza szpitalna, zapasy antybiotyków i szczepionek oraz środków odkażających. Podstawowe znaczenie ma również ciągła ochrona przygotowanego systemu reagowania epidemiologicznego. W związku z tym, można zauważyć istotne

znaczenie stacjonarnego laboratorium mikrobiologicznego lub sieci takich laboratoriów. Ogromne znaczenie ma również badanie i rozwijanie technik detekcji omawianych zagrożeń [10]. Można zauważyć, że skutki tak zwanego ***ATAKU MIESZANEGO***, w którym jednocześnie wykorzysta się wymienione wyżej czynniki, mogą znacznie przedłużyć się w czasie.

2.1.3. Zagrożenia militarne

Zagrożenia militarne spowodowane są działaniem środków rażenia , które najogólniej można podzielić na: uzbrojenie wojsk lądowych, samolotów i śmigłowców oraz okrętów. Z uwagi na zasady funkcjonowania jakiegokolwiek elementu wymienionego uzbrojenia można wyróżnić sposób przenoszenia głowicy bojowej jak i samą głowicę bojową. Z kolei konstrukcja głowicy bojowej zapewnia wyzwolenie założonych czynników rażących dla osiągnięcia określonego celu niszczącego. W związku z tym istotne jest rozróżnienie głowic nuklearnych należących do zbioru nuklearnych środków rażenia (nuclear weapons) oraz głowic konwencjonalnych w zbiorze konwencjonalnych środków rażenia (nonnuclear weapons).

Wymienione wyżej głowice bojowe generują różne czynniki rażące, które można podzielić następująco: 1) skażające środowisko, a więc atmosferę oraz otaczające przedmioty i materiały, 2) mechaniczne, 3) termiczne, 4) pola elektromagnetyczne. Poniżej scharakteryzujemy główne rodzaje zagrożeń militarnych i czynników rażących.

SKAŻENIA ŚRODOWISKA

Skażenie środowiska podczas współczesnych działań wojennych może być spowodowane użyciem następujących środków rażenia:

- broni jądrowej (BJ) i neutronowej (BN),
- bojowych środków trujących (BST),
- bojowych środków biologicznych (BSB),
- klasycznych środków rażenia.

Klasyczne środki rażenia (bojowe środki zapalające, bomby lotnicze i rakiety z głowicami różnego przeznaczenia) niszcząc infrastrukturę przemysłową, komunikacyjną i miejską celowo lub przypadkowo mogą powodować awarie przemysłowe i ekologiczne. Skutki takich awarii są podobne do tych, które powoduje działanie broni masowego rażenia.

Promieniowanie przenikliwe

BJ i BN skażają teren głównie w wyniku działania promieniowania przenikliwego. Promieniowanie działające w ciągu pierwszych kilku minut wybuchu nazwano początkowym. Natomiast promieniowanie pochodzące z opadu radioaktywnego nazywa się resztkowym lub końcowym. W literaturze można znaleźć szereg opracowań dotyczących wyników badań poligonowych jak i teoretycznego ujęcia omawianych zjawisk [3]. Przykładowo w tabeli 1 podano dawki promieniowania początkowego D spowodowanego wybuchem jądrowym o mocy 100 Gg. Literą L oznaczono odległość od epicentrum wybuchu.

TABELA 1

Dawki promieniowania początkowego (BJ-100Gg)

L [m]	300	500	1100	2200
D [Gy]	2500	340	53	0,35

Dla porównania w tabeli 2 podano dawki promieniowania neutronowego spowodowane wybuchem ładunku neutronowego o mocy tylko 1 Gg. Działanie promieniowania przenikliwego na organizm ludzki objawia się chorobą popromienną, której zaawansowanie zależy od wielkości dawki pochłoniętej.

TABELA 2

Dawki promieniowania neutronowego (BN-1Gg)

L [m]	150	250	750	910	1500	1800
D [Gy]	$2*10^4$	1000	100	30	2,5	1,00

Dawki promieniowania D powodujące utratę zdolności bojowej żołnierzy i odpowiadające im odległości od epicentrum wybuchu ładunku neutronowego o mocy 1 Gg, na wysokości 150 m podano w tabeli 3 (por.[3]).

Zagrożenie promieniowaniem resztkowym zachodzi w przypadku naziemnego lub powietrznego niskiego wybuchu jądrowego. Promieniowanie resztkowe charakteryzuje się długotrwałym działaniem jednak ma znacznie mniejszą energię w porównaniu do energii promieniowania początkowego.

TABELA 3

Prawdopodobne straty w ludziach (BN-1Gg)

Rodzaj strat i czas ich występowania	Prawdopodobieństwo wystąpienia strat[%]					
	0		50		100	
	D [Gy]	L [km]	D [Gy]	L [km]	D [Gy]	L [km]
Straty natychmiastowe do 15 min.	5	1,36	50	0,95	100	0,8
Straty dalsze po 1 godz.	2	1,56	5	1,36	10	1,2
po 1÷2 dobach	1,5	1,65	2,5	1,48	3,5	1,4
po 1÷2 tygodniach	1	1,68	2	1,56	3	1,44

Bojowe środki trujące (BST)

BST mogą być stosowane do masowego niszczenia i obezwładniania wojsk, ludności cywilnej, zwierząt i roślinności. Można wyróżnić następujące grupy środków trujących: BST uśmiercające, BST obezwładniające, i BST nękające.

Czas działania tych środków jest od kilku godzin do nawet kilkunastu tygodni. O intensywności działania niektórych środków mogą świadczyć przykłady:

1) jedna kropla (ok. 50 mg) paralityczno-drgawkowego BST powoduje śmierć w ciągu kilku sekund,
2) koncentracja sarinu w ilości 1 g na 1 m^3 powietrza powoduje, że jeden wdech tego powietrza jest śmiertelny.

Jeden samolot bombowy może przenosić kilka ton bomb z BST i porazić teren o powierzchni 250÷300 km^2.

2.2. Podstawowe oddziaływania mechaniczne

2.2.1. Wybuch skondensowanych ładunków konwencjonalnych

Ładunki skondensowanych materiałów wybuchowych mogą występować w postaci wolnej lub zamkniętej jako składnik środków rażenia typu standardowego lub improwizowanego.

Rozróżnia się dwa przypadki usytuowania ładunku względem rozważanego obiektu:

a) w styczności z obiektem – ładunek kontaktowy,
b) w określonym oddaleniu.

W obszarze kontaktu ładunku, na powierzchni danego obiektu występują największe nadciśnienia rzędu 10 GPa. Czas działania najogólniej zależy od rodzaju materiału wybuchowego, kształtu ładunku i jego wielkości. W przypadku materiałów konstrukcyjnych w efekcie występuje lokalne wgniecenie w obszarze kontaktu zwane również wyparciem materiału. Powstała w ten sposób wolna przestrzeń, z uwagi na jej

kształt, nazywana jest lejem powybuchowym. Dalej w głębi materiału występuje strefa zróżnicowanych destrukcji struktury i odkształceń trwałych. W konsekwencji element konstrukcyjny lub osłonowy może podlegać widocznym i niewidocznym destrukcjom trwałym o różnej intensywności jak również przebiciu.

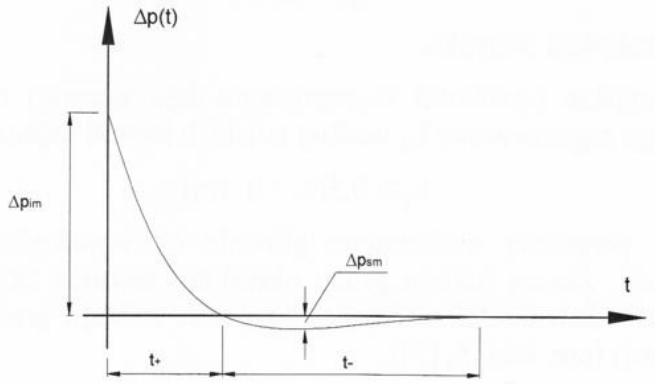
Oddziaływanie gazów powybuchowych poza granicami ładunku charakteryzuje się bardzo dużym nagle pojawiającym się nadciśnieniem i szczególnie krótkim czasem. Dlatego określane jest jako silna fala uderzeniowa. Zasięg gazów powybuchoych w przypadku ładunku kulistego można szacować średnio do około piętnastu jego promieni.

W przypadku ***mieszanek paliwowo–powietrznych*** obszar detonacji może obejmować szczególnie dużą przestrzeń o promieniu kilkuset i więcej metrów. Front fali uderzeniowej stanowi przemieszczającą się granicę powstających gazów powybuchowych. Nadciśnienie na froncie fali detonacyjnej można określić zgodnie z zasadami fizyki wybuchu. Obszar rozlotu gazów powybuchowych można oszacować promieniem większym o około 1.7 razy większym od promienia obszaru detonacji.

Fala uderzeniowa podmuchu

Fala uderzeniowa podmuchu jest jedynym z czynników rażących powstających po wybuchu różnego rodzaju ładunków w powietrzu. Spośród efektów mechanicznych wywołanych różnymi wybuchami fala uderzeniowa ma największy zasięg. Dlatego współcześnie wykorzystywana jest głównie jako podstawowy czynnik destrukcyjny. W przypadku ładunków nuklearnych opracowano nawet charakterystyczne efektywne wysokości wybuchu, przy których zasięg nadciśnień niszczących określone obiekty, jest największy. Wybuch określany jest wówczas jako ekonomiczny lub efektywny.

Maksymalne nadciśnienie Δp_{im} występuje na froncie fali uderzeniowej (por. rys. 1), i pojawia się w sposób skokowy, to jest uderzeniowy. Następnie, nadciśnienie monotonicznie maleje i płynnie przechodzi w fazę podciśnienia . Faza podciśnienia (ssania) charakteryzuje się znacząco mniejszą wartością maksymalnego ssania Δp_{sm} w porównaniu do wartości maksymalnego nadciśnienia Δp_{im}.



Rys. 1. Zmienność w czasie nadciśnienia i podciśnienia w miejscu przejścia fali uderzeniowej podmuchu

Efekty oddziaływania fali są silnie związane ze zjawiskiem jej odbicia na powierzchni danej przegrody. Maksymalne nadciśnienie odbicia zależy nie tylko od wartości nadciśnienia padającego ale i od kąta nachylenia przegrody względem kierunku uderzenia fali.

Powietrzna fala uderzeniowa generuje również **falę naprężeń w ośrodku posadowienia.** Fala naprężeń obciąża dynamicznie podziemne elementy danej budowli. Jej parametry zależą od rodzaju gruntu, jego właściwości odkształceniowych, sposobu uwarstwienia i usytuowania wód gruntowych (por.[11]).

Fala uderzeniowa podmuchu przy długim czasie działania, rzędu kilkuset milisekund, powoduje uszkodzenia budynków w stopniu zależnym od wartości nadciśnienia maksymalnego Δp_m. Wybrane informacje dotyczące rodzaju uszkodzeń, uzyskane na podstawie badań (por. [3]) podano w tablicy 4.

TABLICA 4

Zależność rodzaju uszkodzeń od nadciśnienia maksymalnego fali uderzeniowej

Δp_m[kPa]	Opis uszkodzeń
3÷5	Wypadanie szyb, wgniecenie drzwi, zerwanie dachówek
5÷10	Duże deformacje dachów, cienkich ścian zewnętrznych
10÷20	Częściowe zawalenie się stropów piwnicznych, pękanie ścian nośnych
15÷20	Zniszczenie płyt ściennych żelbetowych o grubości 0.2 m i betonowych 0.3 m.
20÷30	Całkowite zburzenie kondygnacji naziemnych budynków, silne pęknięcia elementów konstrukcyjnych piwnic
30÷40	Całkowite zniszczenie wszystkich możliwych kondygnacji murowych, częściowe zniszczenie konstrukcji szkieletowych

Zagruzowanie

W wyniku działania fali uderzeniowej podmuchu lub gazów powybuchowych, a także jednoczesnego oddziaływania wszystkich czynników rażenia w przypadku uderzenia lub wybuchu wspomnianych wyżej środków rażenia lub przedmiotów na część naziemną budynków może nastąpić ich zawalenie i przekształcenie w stan zagruzowania. Zagruzowanie oddziałuje na część podziemną danego budynku jak również na budynki i budowle sąsiednie oraz elementy infrastruktury podziemnej.

Prawdopodobny zasięg stosu gruzowego i jego wysokość szacowane są głównie na podstawie badań i obserwacji z okresów minionych konfliktów zbrojnych. Informacje w tym zakresie można znaleźć w literaturze (por.[3]). Można zauważyć, że zbieżne są dane polskie i niemieckie dotyczące wysokości zagruzowania H_g budynków o konstrukcji szkieletowej i wielokondygnacyjnych, wówczas:

$$H_g \geq 0.25H_b$$

gdzie H_b jest wysokością budynku.

Oszacowania rosyjskie wysokości zagruzowania dają wartości mniejsze. Natomiast szacowanie zasięgu zagruzowania L_g według polskich formuł daje największe wyniki :

$$L_g \geq 0.5H_b + 3 \ \text{(m)}$$

Omawiane parametry uzależniono głównie od wysokości budynku oraz od rodzaju konstrukcji. Zasięg rozlotu gruzu określono również stosownie do wartości maksymalnego nadciśnienia fali padającej Δp_m oraz rodzaju grubości ścian nośnych i liczby kondygnacji (por. tabl. 5, [3]).

TABLICA 5

Zasięg rozlotu gruzu

Rodzaj konstrukcji	Δp_m [MPa]	Zasięg rozlotu gruzu (m)			
		Liczba kondygnacji			
		2	4	6	8
mur ceglany gr. 0.64 m	0.05	6	8	10	13
	0.12	12 ÷ 18	16 ÷ 24	20 ÷ 30	26 ÷ 40
mur ceglany gr. 0.51 m	0.05	11	17	21.5	25
wielka płyta gr. 0.45 m	0.12	22 ÷ 28	34 ÷ 50	43 ÷ 50	50 ÷ 75

Intensywność obliczeniowego obciążenia statycznego od zagruzowania Δp_r ustala się w zależności od liczby kondygnacji n części naziemnej budynku. W przypadku budynków o konstrukcji szkieletowej żelbetowej albo stalowej omawiane obciążenie można wyrazić wzorem:

$$\Delta p_r = 10 \text{ kPa, dla } n \leq 2,$$
$$\Delta p_r = [10 + 2.5(n-2)] \leq 25 \text{ kPa, dla } n > 2$$

Z powyższego wynika, że obciążenie gruzem pozostaje na poziomie 25 kPa w przypadku budynków ośmiokondygnacyjnych i wyższych.

Uderzenia przedmiotów i odłamków

W przypadku pocisków i głowic bojowych wielostopniowego działania uderzenie stanowi pierwszą fazę ich działania. Istnieją rozwiązania pocisków, których działanie opiera się tylko na wykorzystaniu energii kinetycznej w celu przebicia określonych osłon. W budownictwie schronowym rozważa się również uderzenia ciężkimi spadającymi przedmiotami lub wydzielonymi podczas destrukcji budynku elementami konstrukcyjnymi. Głębokość wnikania spadającego elementu w materiał konstrukcyjny stropu schronu lub w zewnętrzną warstwę ochronną zależy od prędkości uderzenia, kształtu i wartości powierzchni przekroju poprzecznego elementu uderzającego oraz charakterystyk odkształceniowych elementów zderzanych.

Zjawisko uderzenia poza efektem wnikania charakteryzuje się również trwałymi zmianami struktury materiału i możliwością powstawania odłamków analogicznie do przypadku działania wybuchu ładunku kontaktowego. Poza wymienionymi efektami typu miejscowego uderzenie powoduje drgania całego elementu lub ustroju konstrukcyjnego.

Wymienione wyżej oddziaływania mechaniczne odpowiedniej intensywności mogą powodować zjawisko ***wstrząsu schronu***. Wstrząs charakteryzuje się krótkotrwałą reakcją bezwładnościową obiektu. Parametrami określającymi intensywność wstrząsu, ujawniającego się pikiem przyspieszenia są: czas narastania do wartości ekstremalnej, wartość ekstremalna przyspieszenia i czas zaniku. Pik przyspieszenia jest czasami określany g–siłą, co wyraża, że niegrawitacyjna siła wybuchu generuje w obszarze swojego działania silnie niestacjonarne pole przyspieszeń o relatywnie dużej intensywności w stosunku do przyspieszenia ziemskiego. Nie może to pozostawać bez wpływu na cały obiekt, jego konstrukcję jak i na załogę , instalacje, urządzenia czy wyposażenie schronu. Parametry wstrząsu zależą od zmiennej w czasie konfiguracji obciążeń na powierzchni zewnętrznej schronu, na którą składa się złożona interferencja fal naprężeń w ośrodku posadowienia, masa schronu i warunki posadowienia (por.[3,12])

2.2.2. Zagrożenia termiczne

Głównym zagrożeniem typu termicznego są pożary zewnętrzne kilku i kilkugodzinne, które powodują nagrzewanie obudowy obiektów ochronnych i w konsekwencji atmosfery wewnętrznej w stopniu eliminującym warunki do przebywania ludzi. Same pożary są inicjowane środkami rażenia. W aglomeracjach miejskich o gęstej zabudowie należy rozważać powstawanie burz ogniowych. Wartości temperatur ognisk różnych pożarów i czas ich oddziaływania, według danych niemieckich i rosyjskich(por.[3]) wynoszą:

a) burza ogniowa (1070^0 K) – nie przekracza 12 godzin,
b) pożar powierzchniowy ($770\text{-}870^0$ K) – 6-8 godzin,
c) pożar pojedynczy ($470\text{-}670^0$ K) – 6-8 godzin.

2.2.3. Pola elektromagnetyczne

Współcześnie prowadzi się badania a nawet prace wdrożeniowe w zakresie nowych środków i czynników rażących przy wykorzystaniu różnego rodzaju pól elektromagnetycznych. Czynnikami rażącymi mogą być: impuls elektromagnetyczny, mikrofale lub strumień światła laserowego. W związku z tym mówi się o tak zwanej broni skierowanej lub wiązkowej. Przykładowo impuls elektromagnetyczny niszczy z łatwością niezabezpieczone instalacje i rozwiązania typu elektronicznego.

2.2.4. Zakończenie

Współczesne zagrożenia uwzględniane w ramach budownictwa schronowego mogą być wywołane w wyniku następujących zdarzeń:

1) katastrof naturalnych,
2) awarii przemysłowych,
3) awarii związanych z transportem i składowaniem mediów i przedmiotów niebezpiecznych,
4) incydentów terrorystycznych,
5) działań militarnych.

Można zauważyć, że szczególnymi efektami działań terrorystycznych i militarnych mogą być awarie przemysłowe, transportowe i w rejonach magazynowania przedmiotów niebezpiecznych.

Rozmiar, intensywność i specyfika wymienionych czynników istotnie zależy od rodzaju zdarzeń i warunków, w których zostały zainicjowane. Charakterystyczna jest ogólnie większa przewidywalność cech i parametrów stosowanych militarnych środków rażenia w porównaniu do tych, które mogą być wynikiem akcji terrorystycznych albo awarii typu przemysłowego.

Charakterystyczne jest również to, że parametry oddziaływań wywołanych nuklearnymi środkami rażenia są porównywalne z parametrami jakie występują w przypadku specjalnych konwencjonalnych środków rażenia o działaniu selektywnym albo awarii typu przemysłowego. Przykładem mogą być awarie elektrowni jądrowych. W wyniku awarii elektrowni jądrowej może powstać obłok radioaktywny, którego rozmiar i zasięg jest analogiczny do wywołanego wybuchem ładunku nuklearnego.

Fala uderzeniowa podmuchu spowodowanego wybuchem bomby paliwowo – powietrznej, a więc typu konwencjonalnego, ma szeroki zasięg przestrzenny i stosunkowo długi czas działania powiększający się wraz z odległością od strefy detonacji.

Literatura

[1] Maliński W., Kwiatkowski P., Stan budownictwa ochronnego w Polsce. XXV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2011", Zakopane, 13-16.09.2011. Wyd. WAT, Warszawa, 2011, s. 362-368

[2] Szcześniak Z., Budowle schronowe obrony cywilnej w Polsce, stan dzisiejszy i kierunki rozwoju. XXV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2011", Zakopane, 13-16.09.2011. Wyd. WAT, Warszawa, 2011, s. 575-592

[3] Szcześniak Z., Charakterystyka podstawowych zagrożeń i czynników rażących uwzględnianych w procesie kształtowania schronów i ukryć. XXVI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2012", Zakopane, 3-6.09.2012. Wyd. WAT, Warszawa, 2012, s.595-614

[4] http://wiadomosci.dziennik.pl/wydarzenia/galeria/346104,1,tragiczne-skutki-nawalnic-burz-i-huraganow-w-polsce-galeria-zdjec-galeria-zdjec.html

[5] Raport o stanie systemu przeciwdziałania, zwalczania i usuwania skutków nadzwyczajnych zagrożeń dla ludzi i środowiska. Biuro Bezpieczeństwa Narodowego. Warszawa, 1997

[6] Szczurek T., Zadania Sił Zbrojnych RP w zwalczaniu zagrożeń powstałych w obszarze człowiek-technika-środowisko. XXIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2009", Zakopane, 8-11.09.2009. Wyd. WAT, Warszawa, 2009, s. 547-556
[7] Trochimiuk A., Rola Centrum Reagowania Epidemiologicznego Sił Zbrojnych w zagrożeniach biologicznych. XXIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2009", Zakopane, 8-11.09.2009. Wyd. WAT, Warszawa, 2009, s.601-609
[8] Trafny E.A., Lewandowski R., Narażenie Ludności na czynniki biologiczne Przenoszone drogą powietrzną- udział Laboratorium Mikrobiologicznego w detekcji i identyfikacji zagrożeń. XXIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2009", Zakopane, 8-11.09.2009. Wyd. WAT, Warszawa, 2009, s. 580-600
[9] Janiak M. K., Zagrożenia zdrowotne i pomoc medyczna poszkodowanym w aktach terroru radiologicznego i nuklearnego. XXIII Międzyn. Konferencja N-T „EKOMILITARIS-2009", Zakopane, 8-11.09.2009. Wyd. WAT, 2009, s.186-194.
[10] Mierczyk Z., Zygmunt M., Kopczyński K., Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia. Praca pod redakcją Z. Mierczyka. Zintegrowane wieloczujnikowe systemy detekcji, identyfikacji i analizy zagrożeń, WAT, 2008 s. 298-313
[11] Szcześniak Z., Modelowanie zachowania dynamicznego konstrukcji podziemnych w warunkach działania powietrznej fali uderzeniowej. Wyd. WAT, 1999.
[12] Bąk G., Szcześniak Z., Modelowanie wstrząsu schronu pod obciążeniem wybuchowym. Inżynieria i Budownictwo, nr 5, Warszawa, 2012, s. 280-282

3. ROZWIĄZANIA TECHNICZNE W ZAKRESIE UTRZYMANIA SCHRONÓW I UKRYĆ DLA OCHRONY LUDNOŚCI

3.1. Zasady kształtowania układów funkcjonalnych, ustrojów nośnych oraz warstw ochronnych schronów i ukryć

3.1.1. Wstęp

Podstawowymi elementami współczesnych wojskowych i cywilnych systemów fortyfikacyjnych są schrony i ukrycia. Schron jest budowlą zamkniętą konstrukcyjnie służącą do ochrony ludzi i mienia przed założonymi czynnikami rażącymi ze wszystkich możliwych kierunków. Ukrycie jest budowlą otwartą konstrukcyjnie i zapewnia osłonę tylko z określonych kierunków. Założony efekt ochronny schronu, który zwykle definiuje się w formule klasyfikacyjnej, uzyskiwany jest przez odpowiednie ukształtowanie następujących elementów składowych:

a) układu funkcjonalnego,
b) ustroju konstrukcyjnego,
c) obudowy,
d) kompletu specjalnych instalacji schronowych,
e) specjalnego wyposażenia oraz zabezpieczeń wewnętrznych i zewnętrznych.

W prezentowanym rozdziale scharakteryzujemy zasady kształtowania podstawowych elementów rozwiązania budowlanego obiektów schronowych. Odniesiemy się głównie do podstawowych koncepcji ochronnych przyjmowanych w systemach ochrony ludności i obrony cywilnej.

3.1.2. Kształtowanie układów funkcjonalnych

Przedstawiona poniżej problematyka rozwiązań funkcjonalnych jest silnie związana ze szczególnymi uwarunkowaniami. Należą do nich współczesne zagrożenia,

możliwości ochrony przed nimi oraz uwarunkowania eksploatacyjne. Na podstawie analizy powyższych czynników można opracować koncepcję ochronną dla każdego obiektu. Można również, jeżeli istnieje taka możliwość korzystać z formuł klasyfikacyjnych opracowanych przez specjalistów dla celów obronnych w różnych obszarach funkcjonowania państwa.

Poza zagrożeniami, podstawowe znaczenie na rozwiązanie funkcjonalne schronu dla ludzi mają czynniki eksploatacyjne jak: sposób użytkowania schronu w sytuacjach kryzysowych i poza nimi, czas pobytu, pojemność schronu, wymagany podział na strefy wewnętrzne. Schron poza sytuacjami kryzysowymi może być zupełnie niewykorzystany, wykorzystany do celów nie związanych z obronnością, a także do ciągłego wykorzystania zgodnie z podstawowym przeznaczeniem. Znacznie szerzej o wspomnianej problematyce napisano w [1-3].

Poniżej przedstawiono zasady kształtowania funkcjonalnego pomieszczeń i elementów przyjmując ich podział na strefy:

a) wejścia i komunikacja wewnętrzna,
b) pomieszczenia funkcji podstawowej,
c) strefa socjalna,
d) strefa techniczna.

3.1.3. Wejścia i komunikacja wewnętrzna

Poniżej scharakteryzujemy tylko wejścia dla ludzi. Zwykle zalicza się tutaj tak zwane wejścia normalnej eksploatacji (wejścia podstawowe) oraz wejścia zapasowe zwane również awaryjnymi. Rozwiązanie wejścia zawiera takie elementy jak, liczbę wejść, ich usytuowanie, strukturę z rozplanowaniem przestrzennym, pomieszczenia sterowania, ochrony i obrony wejścia, pomieszczenia specjalne.

Na liczbę wejść mają wpływ następujące czynniki:

a) pojemność schronu oznaczająca liczbę chronionych osób,
b) możliwości wykrycia zagrożenia i jego rodzaju,
c) okresu czasu od chwili wykrycia do chwili bezpośredniego zagrożenia,
d) założonej koncepcji lub naturalnego dla danego obiektu sposobu eksploatacji.

W schronach wymaga się wykonania wyjścia zapasowego w przypadku przyjęcia jednego wejścia podstawowego lub gdy pozostałe wejścia leżą w strefie prognozowanego zagruzowania lub innych zagrożeń.

Wejście do schronu zaburza ciągłość płaszczyzn ochronnych i hermetyzacji. W celu ich zachowania i zapewnienia założonych dla całej budowli walorów odpornościowych wejście musi mieć odpowiednią strukturę.

Niezbędnymi elementami tej struktury są (rys.1):

a) dojścia do przelotni,
b) przelotnia,
c) przedsionki lub śluzy,
d) drzwi schronowe.

Przelotnia to w pełni obudowana przestrzeń sąsiadująca bezpośrednio z drzwiami zewnętrznymi schronu. Przelotnia osłania drzwi zewnętrzne przed bezpośrednim działaniem typu mechanicznego oraz środków zapalających. Z przelotni poprzez drzwi zewnętrzne wchodzimy zawsze do przedsionka lub śluzy.

Przedsionek służy do realizacji następujących celów:

a) pozwala zwiększyć prawdopodobieństwo zachowania założonej odporności mechanicznej wejścia (równej co najmniej odporności całego schronu),
b) stanowi izolację termiczną w warunkach zaistnienia pożaru,
c) zwiększa hermetyczność wejścia,
d) osłabia promieniowanie przenikliwe,

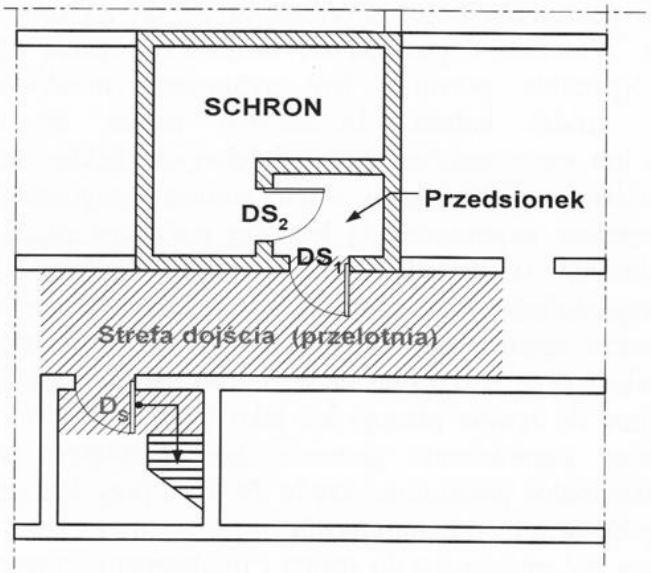
e) zapewnia wymaganą ochronę przed środkami toksycznymi i biologicznymi.

Jeżeli schron ma jeden przedsionek to może być wyposażony w następujące rodzaje drzwi:

a) drzwi zewnętrzne ochronne a następne ochronno-hermetyczne,
b) drzwi zewnętrzne ochronne a następne hermetyczne,
c) ochronno-hermetyczne a następne hermetyczne,
d) dwoje drzwi ochronno-hermetycznych,
e) dwoje drzwi hermetycznych jeżeli funkcja na to pozwala (na przykład schron przed promieniowaniem resztkowym).

Śluza ma umożliwić bezpieczne korzystanie z wejścia w warunkach bezpośredniego działania założonych czynników zagrożenia głównie typu mechanicznego. Stąd śluza musi mieć dwoje drzwi co najmniej ochronno-hermetycznych.

W przypadku gdy podstawowe wejścia uległyby zagruzowaniu lub z innych powodów nie można byłoby z nich korzystać (bezpośredni pożar i inne zagrożenia) to wtedy wejście i wyjście ze schronu powinno zapewnić wyjście zapasowe.



Rys.1 Elementy wejścia do schronu

3.1.4. Pomieszczenia funkcji podstawowej

Pomieszczenia funkcji podstawowej służą bezpośrednio do realizacji założonej funkcji podstawowej schronu. W przypadku schronów do biernej ochrony ludzi będą to pomieszczenia do siedzenia. W schronach stanowisk dowodzenia czy kierowania podstawową funkcję realizuje się w pomieszczeniach sztabowych i typu biurowego. Różnorodność funkcji realizowanych w schronach współczesnych przekłada się na różne zasady kształtowania omawianej strefy podstawowej. Poniżej rozważymy pomieszczenia do siedzenia.

Ogólna liczba miejsc do siedzenia na ogół przyjmowana jest na poziomie od ⅔ do 100% pojemności schronu. Zależy to od pojemności schronu i ustalonej koncepcji ochrony. Może to być narzucone odpowiednimi przepisami a głównie dotyczy organizacji okresów siedzenia i spania. Istotną kwestią jest ustalenie pojemności pomieszczenia do siedzenia. Najlepiej odbierane przez ludzi są małe pomieszczenia kilku lub kilkunastoosobowe. Jednak głównie ze względów ekonomicznych inwestorzy unikają takich rozwiązań. Praktycznie maksymalna pojemność wynika z geometrii stropu i sięga wartości około 50 osób. W schronach małej pojemności, na przykład rodzinnych, dopuszcza się przygotowanie miejsca na wentylator, na podgrzewanie

posiłków, na zapas wody i żywności oraz innych założonych potrzeb w pomieszczeniach do siedzenia.

3.1.5. Pomieszczenia socjalne

Sypialnie

Do pomieszczeń socjalnych zalicza się zwykle sypialnie, umywalnie, sanitariaty, kuchnie, magazyny żywności, jadalnie, zmywalnie, gabinety medyczne, izby chorych, suszarnie odzieży, magazyny odpadków i śmieci.

Do najbardziej podstawowych pomieszczeń dla ludzi należą sypialnie. Liczba miejsc do spania w schronie biernym ustala się jako ⅓ jego pojemności co wynika z ośmiogodzinnego okresu spania i obsługi jednej osoby. Zasadą jest pozostawienie pewnej nadwyżki miejsc – ok. 2÷4% pojemności. W innych schronach liczba omawianych miejsc zależy od specyfiki funkcji. W stanowiskach dowodzenia przygotowuje się miejsca do spania dla całej załogi. W stanowiskach kierowania obroną cywilną przyjęto 50% miejsc do spania [2].

Miejsca do spania powinny być urządzone w osobnych pomieszczeniach. Wyjątek stanowią tu małe schrony o pojemności około 20 do 25 osób albo o szczególnej specyfice funkcji. Wówczas dopuszcza się miejsca do spania i siedzenia w jednym pomieszczeniu. Sypialnie powinny być sytuowane możliwie jak najdalej od wewnętrznych źródeł hałasu. Dodatkowo zaleca się tworzenie boksów czteroosobowych lub sześcioosobowych wydzielonych lekkimi ściankami. Pojemność sypialni powinna być uzgodniona na etapie założeń programowo-użytkowych. Jest oczywiste, że mniejsze pojemności są bardziej pożądane przez człowieka stąd też wspomniane zalecenie o dodatkowym tworzeniu boksów. Ostateczną decyzję przyjmujemy uwzględniając takie czynniki jak bezpieczeństwo w warunkach awarii wewnętrznej, a także zewnętrznej (przykładowo zniszczenie części stropu), wymogi wynikające z funkcji oraz narzucone ze specyfiki samej budowli (metro – schron), ekonomikę. Miejsca do spania planuje się jako dwupoziomowe lub trzypoziomowe. Stąd uwzględniając ograniczenia geometryczne, rozpiętość stropu około 6 m, otrzymujemy maksymalne pojemności rzędu 24 osób przy łóżkach dwupoziomowych oraz 36 osób przy łóżkach trzypoziomowych.

Łóżka muszą być mocowane do stropu i fundamentu z uwagi na wstrząs. Głowy leżących powinny być zwrócone w kierunku przejść między łóżkami.

Umywalnie

W schronach publicznych, osiedlowych i zakładowych najbardziej typowymi urządzeniami są umywalki. Sporadycznie i w skromnych ilościach można spotkać natryski. Mogą pojawić się tam gdzie zakładamy dłuższy czas (tydzień lub więcej) pełnej realizacji funkcji schronowej. W przypadku stanowisk dowodzenia lub kierowania realizuje się łazienki w pełni wyposażone. Zaleca się aby poza indywidualnymi ustaleniami wykonywać osobne umywalnie w schronach o pojemności ponad 150 osób. W schronach do 150 osób potrzebną liczbę umywalek można umieścić w wymaganym przedsionku sanitariatów. Przy pojemności do 50 osób dopuszcza się montaż umywalek w pomieszczeniu do siedzenia.

W odpowiednich przepisach spotykamy normatywy w postaci liczby osób na jedną umywalkę, w granicach – 10 do 100. Zaleca się przygotowanie średnio jednej umywalki na 20 do 25 osób.

Sanitariaty

Stosuje się sanitariaty spłukiwane lub suche, jak również spłukiwane i suche jako rezerwowe, kiedy istnieje duże ryzyko awarii projektowanej instalacji wodociągowej czy kanalizacyjnej. Zaleca się aby przy pojemności większej od 75 osób, wykonać sanitariaty dla kobiet i mężczyzn oddzielnie. Każdy sanitariat oddziela się od pozostałych pomieszczeń, przedsionkiem z umywalką. Stosuje się rozwiązania, gdzie

w wymienionym przedsionku o odpowiednich wymiarach wykonuje się potrzebną umywalnię. W literaturze spotyka się informacje o liczbie ludzi przypadających na jedną kabinę sanitariatu w granicach od 15 do 75 osób. Zaleca się przyjmować jedną kabinę średnio na 25 osób.

3.1.6. Pomieszczenia strefy technicznej

Podstawowe grupy pomieszczeń należące do strefy technicznej schronów przeznaczone są dla:

a) urządzeń systemów wentylacyjnych,
b) urządzeń wodno-kanalizacyjnych,
c) urządzeń zaopatrzenia w energię elektryczną.

Wentylacja

Dostarczenie czystego powietrza i utrzymanie wymaganych przez ludzi parametrów to najbardziej podstawowe zadanie schronowego systemu wentylacji. Zadanie to musi być rozwiązane z uwzględnieniem zagrożeń zewnętrznych takich jak różnego rodzaju skażenia atmosfery środkami bojowymi, przemysłowymi, wysokim zapyleniu oraz w warunkach szczególnie wysokich temperatur. Zagrożenia wewnętrzne to mieszaniny szkodliwych gazów, atmosfery wybuchowe, nadmiar dwutlenku węgla czy skutki pożaru wewnętrznego.

Dla prawidłowego rozwiązania omawianego systemu wyróżnia się trzy główne okresy funkcjonowania schronów:

I okres – wentylacja normalna (bez zagrożeń zewnętrznych),
II okres – wentylacja ochronna zwana filtrowentylacją (działanie zagrożeń zewnętrznych),
III okres – pełna izolacja polegająca na zupełnym odcięciu systemu od atmosfery zewnętrznej.

Zasady projektowania odpowiednich urządzeń można znaleźć w [4-6]. W układzie funkcjonalnym pomieszczenia grupuje się według następujących stref czystości powietrza: strefa czysta, warunkowo-czysta, pośrednia i zanieczyszczona.

W przykładowym układzie wentylacyjnym można wyróżnić składniki: czerpnia powietrza, zawory przeciwwybuchowe, komory rozprężania, filtr pyłowy, zawory hermetyczne, przedfiltry, filtropochłaniacze, przepływomierze, wentylatory, przewody rozprowadzające. Wyprowadzenie powietrza można zrealizować przez wentylator wyciągowy, zawory przeciwwybuchowe i wyrzutnie powietrza.

Wielkość komory filtrowentylacyjnej zależna jest od liczby agregatów filtrowentylacyjnych oraz miejsca do ich montażu i obsługi. W omawianej komorze można przewidzieć miejsce do magazynowania części zapasowych takich jak: przedfiltry, filtry, zawory, złączki, a także komplety pochłaniaczy. Szczególne znaczenie w rozwiązaniu systemu wentylacyjnego współcześnie mają zawory przeciwwybuchowe.

Zaopatrzenie schronu w wodę

Woda w schronie dla ludzi potrzebna jest do picia, przygotowania posiłków, higieny osobistej, czystości i spłukiwania sanitariatów. Ponadto mogą być potrzeby techniczne i specjalne jak odkażanie. Ilość potrzebnej wody ustala się biorąc pod uwagę normalne funkcjonowanie schronu (bez awarii wodociągu) oraz awarię sieci kiedy trzeba korzystać tylko ze zgromadzonego zapasu. Najogólniej potrzeby są bardzo zróżnicowane, zależą od pojemności schronu i jego funkcji. Zapas wody może być gromadzony w pojemnikach stosowanych w typowej sprzedaży. Do małych schronów o pojemności do kilkunastu osób można omawiany zapas umieścić w pomieszczeniu do siedzenia. W większych schronach (ponad 100 osób) zapas powinien znajdować się w oddzielnym pomieszczeniu. Od pojemności około 1000 dm^3 wykonuje się zbiorniki. Z uwagi na ryzyko zniszczenia, zapasu nie można gromadzić w jednym zbiorniku. Przechowywanie i eksploatacja zapasu wody podlega specjalnym procedurom.

W schronach o pojemności co najmniej 250 osób wykonuje się własne ujęcie wody. Pozwala to zmniejszyć ryzyko braku wody i zwiększyć jej podaż.

Zaopatrzenie w energię elektryczną

Potrzebną energię elektryczną w schronie uzyskuje się z zewnętrznej sieci elektrycznej do momentu jej awarii. W warunkach awarii korzysta się z własnej siłowni lub akumulatorów, oświetlenie można uzyskać latarkami bateryjnymi. Energia elektryczna potrzebna jest bezwarunkowo do przygotowania posiłków, ogrzewania wody dla celów zgodnych z funkcją, napędu chłodziarki i ładowania akumulatorów, w tym dla potrzeb łączności. Obserwuje się tendencję wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, a w związku z tym kształtuje się pogląd o nieprzerwanym zasilaniu. Z drugiej strony wykonanie siłowni (agregatorowni) jest kosztowne. Dlatego w przypadku schronów biernych dla ludzi, siłownie wykonuje się przy pojemności około 300 osób i więcej albo jako oddzielny schron siłownię dla potrzeb kilku innych schronów. Dla celów wojskowych wykonuje się schrony-siłownie w wersji kontenerowej.

Dążąc do zmniejszenia ryzyka skutków awarii agregatu na ogół przyjmuje się dwa komplety. Ponadto w rozwiązaniu siłowni należy uwzględnić następujące elementy: chłodnię, zbiornik dobowy paliwa, rozdzielnię, zbiornik oleju. Siłownia powinna być oddzielona od korytarza przedsionkiem z drzwiami hermetycznymi. W celu uniesienia lub wymiany agregatu wykonuje się otwór transportowy z szybem. Otwór musi być odporny jak cały schron, a także hermetyczny. Jeżeli siłownia jest schłodzona powietrzem zewnętrznym, to z uwagi na skażenie nie może przebywać w niej obsługa. Wówczas potrzebne jest oddzielne pomieszczenie dla obsługi.

3.2. Kształtowanie ustrojów nośnych

3.2.1. Metoda projektowania konstrukcyjnego

Na wstępie należy podkreślić, że proces projektowania konstrukcji schronu jest ściśle powiązany z założoną koncepcją w zakresie odporności na oddziaływania mechaniczne. Wskazane jest aby w przypadku szerszych ochronnych ram systemowych, jaką jest ochrona ludności i obrona cywilna, taką koncepcję wyrazić za pomocą formuły klasyfikacyjnej. W znanych formułach klasyfikacyjnych spotyka się stopniowanie odporności mechanicznej na oddziaływania:

a) tylko głowic konwencjonalnych (bomb, pocisków, odłamków i innych),
b) tylko fal uderzeniowych,
c) głowic konwencjonalnych i fal uderzeniowych,
d) tylko zagruzowania,
e) fali uderzeniowej i zagruzowania.

Przechodząc do praktyki projektowej budownictwa zachodzi potrzeba uwzględnienia obowiązującej metody stanów granicznych. Projektowanie polega na sprawdzeniu wymagań stanów granicznych nośności i użytkowania. Przede wszystkim należy postulować aby konstrukcja nie uległa zniszczeniu na skutek działania:

1) założonych czynników rażenia jakim przykładowo jest fala nadciśnienia,
2) obciążeń wtórnych, jakimi mogą być zagruzowanie oraz spadające ciężkie elementy i przedmioty, które tworzą się dynamicznie i nie znikają, ale stają się obciążeniem statycznym.

Ponadto należy wyrazić postulat szczelności obiektu schronowego. Wnętrze schronu i jego konstrukcja – obudowa - zewnętrzna muszą być zabezpieczone przed działaniem wysokich temperatur.

Wobec powyższego w toku projektowania powinno się sprawdzić wymogi:

- stanu granicznego nośności podczas początkowej, dynamicznej reakcji ustrojów nośnych schronu,
- dodatkowo, stanu granicznego nośności, który należy uwzględnić w przypadku działania obciążenia jakim może być zagruzowanie,
- stanów granicznych ugięć i zarysowań, które nie naruszałyby wymogów szczelności.

Wybrane analizy i symulacje podstawowych zjawisk fizycznych z zakresu mechaniki konstrukcji budowlanych, które leżą u podstaw odpowiednich zasad projektowania, zostały przedstawione między innymi w pracach [8-10].

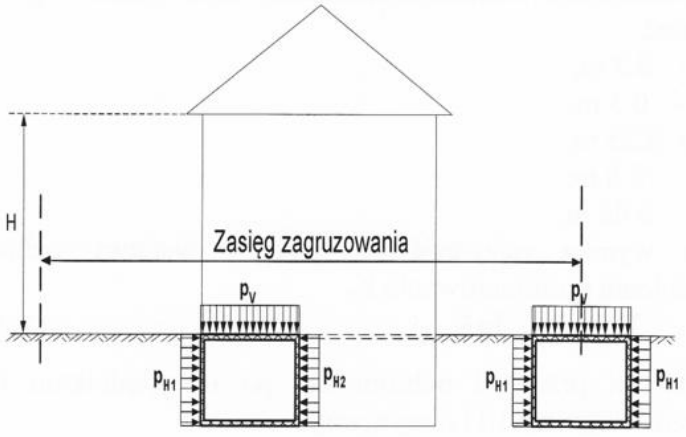
3.2.2. Charakterystyka ogólna metodyki projektowania konstrukcyjnego

Dla zaakcentowania specyficznego waloru jakim jest żądana odporność konstrukcji schronu na założone oddziaływania czynników rażących, wprowadza się pojęcie tak zwanej płaszczyzny ochrony. Płaszczyznę ochrony będą stanowiły wszystkie zewnętrzne elementy konstrukcyjne schronu, którym stawia się wymaganie odporności co najmniej zgodnej z przyjętymi w założeniach programowych i stanowiącymi jednocześnie o odporności schronu jako całości.

Miarodajny do obliczeń ustrojów i głównych elementów nośnych schronu jest stan graniczny nośności dla konfiguracji obciążeń wyjątkowych to znaczy z obciążeniem co najmniej od zagruzowania. Intensywność obciążenia zależy od liczby kondygnacji budynku oraz rodzaju jego konstrukcji nośnej. Obciążenie gruzem w przypadku budynków do dwóch kondygnacji należy przyjmować o wartości Δp_r=0.001MPa. Dla każdej następnej kondygnacji budynków obciążenie Δp_r należy zwiększać o 0.005MPa jednak do sumarycznej wartości nie większej niż $\Delta p_{r\,max}$=0.05MPa.

Można zauważyć, że w przypadku budynków jednorodzinnych obciążenie stropu gruzem najczęściej wyniesie Δp_r=0.001MPa. W przypadku budynków o konstrukcji szkieletowej z żelbetu lub ze stali o wysokiej odporności ogniowej obciążenie Δp_r dla wysokości do dwóch kondygnacji ustala się jak wyżej. Jednak powiększa się je o 0.0025MPa dla każdej następnej kondygnacji, ale do sumarycznej wartości nie większej niż Δp_{rmax}=0.025MPa. Schemat obciążeń spowodowanych zagruzowaniem schronu pod budynkiem i wolnostojącego przedstawia rysunek 2.

Pozostałe obciążenia wchodzące w skład konfiguracji wyjątkowej określa się zgodnie z normą obciążeń Eurokod 1. Ściany zewnętrzne schronu przenoszą parcie poziome wywołane również zagruzowaniem. Elementy albo całość konstrukcji nośnej znajdujące się poza strefą zagruzowania, a także będące w strefie zagruzowania lecz nie narażone na jego bezpośrednie działanie, projektuje się na określone obciążenie minimalne ,rozumiane jako maksymalne nadciśnienie fali uderzeniowej w sytuacjach, w których nie jest możliwe wystąpienie zjawiska odbicia fali. Jeżeli zjawisko to może wystąpić to wspomniane obciążenie powiększa się o współczynnik odbicia.



Rys.2 Schemat obciążeń spowodowanych zagruzowaniem

Elementy albo całość konstrukcji nośnej znajdujące się poza strefą zagruzowania, a także będące w strefie zagruzowania lecz nie narażone na jego bezpośrednie działanie, projektuje się na określone obciążenie minimalne ,rozumiane jako maksymalne nadciśnienie fali uderzeniowej w sytuacjach, w których nie jest możliwe wystąpienie zjawiska odbicia fali. Jeżeli zjawisko to może wystąpić to wspomniane obciążenie powiększa się o współczynnik odbicia.

W rozwiązaniach konstrukcyjnych uwzględnia się uwarunkowania wynikające z działania wysokich temperatur oraz promieniowania przenikliwego.

Rozważa się odporność na spadające w procesie zagruzowania pojedyncze elementy konstrukcyjne i ciężkie przedmioty.

Schrony usytuowane w obrębie terenów szkód górniczych należy projektować na kombinację obciążeń ujmującą efekty tych szkód. Oddziaływania od szkód traktuje się jako wyjątkowe i uwzględnia współczynnik jednoczesności ich występowania.

Rozważać należy również zagrożenie wybuchem wewnętrznym.

Elementy wbudowane należy konstruować i projektować z uwzględnieniem obciążeń wstrząsowych.

W przypadku obiektów dwufunkcyjnych ich konstrukcję należy zaprojektować tak, aby według obowiązujących norm konstrukcyjnych i obciążeń spełniała wymogi właściwe dla pokojowej funkcji użytkowej. Na ten aspekt rzutują również wymagania ustawy „Prawo budowlane". Wówczas elementy nośne należy projektować z rozróżnieniem wymagań dla dwóch stadiów wytężenia, I i II.

- *Stadium I* wiąże się z wypełnieniem pokojowej funkcji obiektu. Stosowane parametry projektowe należy ustalić metodą stanów granicznych zgodnie z obowiązującymi normami konstrukcyjnymi i normami obciążeń.
- *Stadium II* wytężenia konstrukcji, wynika z wypełnienia podstawowej schronowej funkcji obiektu. Właściwą konfiguracją obciążeń dla tego stadium są obciążenia własne konstrukcji oraz wywołane zagruzowaniem.

3.2.3. Warstwy ochronne

Ochrona przed promieniowaniem przenikliwym

Poniżej przedstawimy zasady obliczania warstw ochronnych tylko przed promieniowaniem resztkowym z opadu radioaktywnego. Do podstawowych zadań należy więc określanie grubości warstw ochronnych przed omawianym promieniowaniem. Zastosujemy tutaj zależność pomiędzy dawką osłabioną D_o a dawką ekspozycyjną promieniowania D, które przenika warstwę materiału o grubości H:

$$D_o = \frac{D}{10^{\frac{H}{d_{r10}}}} \qquad (3.1)$$

gdzie d_{r10}-jest warstwą dzesięciokrotnego osłabienia promieniowania resztkowego.
Warstwy d_{r10} można przyjmować:

dla betonu - 0.2 m,
dla gruntu - 0.3 m,
dla cegły - 0.25 m,
dla drewna - 0.8 m,
dla stali - 0.06 m.

Z powyższego wzoru wynika zależność na grubość warstwy ochronnej w zależności od krotności osłabienia promieniowania K_r:

$$H = d_{r10} \ \lg K_r. \qquad (3.2)$$

W przypadku warstwowych przegród ochronnych, po uwzględnieniu fizyki tłumienia promieniowania resztkowego z (3.1) otrzymamy:

$$\sum_{i=1}^{i=m} h_i \rho_i \geq \rho_1 d_{r10(1)} \lg K_r , \qquad (3.3)$$

gdzie : h_1,.....h_m – grubości poszczególnych warstw [m],

ρ_1,..... ρ_m – gęstości materiałów [kg/m^3].

Powyższy wzór odniesiony jest do parametrów warstwy wyróżnionej o numerze 1. Jeżeli warstwą wyróżnioną będzie warstwa stropu lub ściany żelbetowej to zależność (3.3) można zapisać w postaci:

$$m_{pow} \geq 500 \lg K_r , \qquad [kg/m^2], \qquad (3.4)$$

gdzie $m_{pow} = \sum_{i=1}^{i=m} h_i \rho_i$ -jest tzw. masą powierzchniową.

Z powyższego można zauważyć, że bezpiecznym oszacowaniem na ogół jest (3.4).

Krotność osłabienia promieniowania powinna być stopniowana przynajmniej w zakresie od 100 do 5000 w zależności przeznaczenia schronu.

Sprawdzając własności ochronne stropu należy uwzględnić dwie drogi promieniowania przenikliwego:

a) w kierunku pionowym przez wszystkie stropy i dach,
b) z kierunku poziomego po przejściu przez ściany kondygnacji sąsiadującej ze schronem , następnie załamanie drogi pod kątem 90^0 i dalej przez strop schronu.

Dodatkowo należy pamiętać, że warstwy ochronne muszą być szczelne a więc nie mogą mieć otworów, szczelin, zarysowań.

Najskuteczniejszą ochronę wejść do schronów i ukryć przed promieniowaniem przenikliwym zapewniają przelotnie i przedsionki. Grubość obudowy przedsionków i przelotni powinna być tak dobrana aby spełniony był odpowiednio jeden z wyżej wymienionych warunków dotyczących wielkości masy powierzchniowej.

Do ochrony wejść i otworów przed promieniowaniem zaleca się wykorzystywać efekt załamania drogi promieniowania. Jedno załamanie pod kątem 90^o odpowiada osłabieniu promieniowania rzędu $K \approx 10$ razy.

Grubość ścian pomiędzy pomieszczeniem do przebywania ludzi a komorą filtrowentylacyjną, magazynem odzieży skażonej lub agregatornią powinna spełniać wyżej wymienione warunki.

Odporność na działanie wysokich temperatur

Zewnętrzne elementy konstrukcji schronów muszą spełniać wymagania:

a) izolacji termicznej wnętrza schronu – temperatura wewnętrznych powierzchni elementów konstrukcji nie może być większa niż 303^oK,
b) ochrony przed nadmiernym nagrzaniem materiałów konstrukcyjnych w tym zbrojenie nośnego.

Zaleca się aby wymagania te były spełnione przy założonej klasie odporności pożarowej o jedną wyżej w porównaniu do ustalonej dla warunków pokojowych.

W Polskim prawie budowlanym ustanowiono pięć klas odporności pożarowej budynków od A do E odpowiednio od najwyższej do najniższej.

Każda wyższa klasa charakteryzuje się podwójnie większą minimalną odpornością ogniową od klasy o stopień niższej. W przypadku najwyższej klasy A ustalono minimalną odporność ogniową na poziomie 240 minut, przy jednoczesnym wymaganiu nierozprzestrzeniana ognia.

Można zaproponować wyższą klasę odporności dla celów budownictwa schronowego w taki sposób aby minimalna odporność ogniowa była równa czasowi trwania pojedynczego pożaru (według założeń programowych) zgodnie z ustaleniami niemieckimi na poziomie 6 godzin, przy temperaturze ogniska pożaru 670^oK (400^oC).

Trzeba przy tym podkreślić, że przepisy niemieckie niezależnie od ustalonych klas odporności pożarowej w budownictwie powszechnym, w przypadku schronów dla ludności nakazują przyjmować minimalną odporność ogniową na poziomie 6 godzin. Jest to istotne spostrzeżenie z uwagi na podobieństwa geopolityczne i urbanizacyjne Polski i Niemiec. Ważne jest również jednoczesne uwzględnienie możliwości ratownictwa w sytuacjach kryzysowych.

Wymaganą izolację termiczną wnętrza schronu spełnia warstwa betonu grubości 0.40m lub 0.30m z odpowiednią warstwą izolacyjną (np.: 0.05 m sypkiego piasku lub 0.30 m gruntu organicznego). Otulina betonu o grubości 0.04m zapewnia ochronę przed nadmiernym nagrzaniem zbrojenia nośnego. Nie jest wówczas wymagane stosowanie dodatkowych warstw izolacyjnych. W przypadku gdy strop schronu stanowi zamknięty element budowli, nie dopuszcza się stosowania na jego powierzchni palnych wykładzin takich jak asfaltowe, bitumiczne itp. Osiąganie wymaganej izolacyjności termicznej wejść i wyjść do schronu ułatwia stosowanie przedsionków.

3.2.4. Zakończenie

W przypadku układów funkcjonalnych, w zakresie dotyczącym strefy podstawowej, uwzględniano tylko główne potrzeby ochranianej ludności ujęte w klasycznej wersji aranżacji przestrzeni schronu rodzinnego lub osiedlowego. W przypadku innego lub rozszerzonego programu uwzględniającego na przykład stanowisko kierowania, funkcje techniczne, magazynowe, czy dodatkowe funkcje pokojowe, należy uwzględnić dodatkowe zasady (por.[11]).

W przypadku rozwiązań konstrukcyjnych odniesiono się do jednego z najskromniejszych wymagań w zakresie odporności mechanicznej, to jest tylko na zagruzowanie. Takie podejście w systemach ochrony ludności i obrony cywilnej w wielu krajach nazywane jest podstawowym. Biorąc pod uwagę inne możliwe oddziaływania, należy zastosować znacznie szerszy aparat merytoryczny [2,9]. Wówczas konieczne jest również uwzględnienie zjawiska wstrząsu schronu (por. [12]).

Osłonę tylko przed resztkowym promieniowaniem przenikliwym z opadu radioaktywnego należy również uznać w kategorii podstawowego wymagania. Przedstawione podejście jest także odpowiednie w przypadku awarii elektrowni jądrowej. W przypadku schronów odpornych na działanie otwartych eksplozji nuklearnych należy uwzględnić początkowe promieniowanie przenikliwe.

Istnieje również potrzeba stosowania różnych zabezpieczeń, detektorów, automatyki i sterowania oraz rozwiązań telekomunikacyjnych. Do podstawowych można zaliczyć zawory przeciwwybuchowe [7] i zabezpieczenia przeciwwstrząsowe.

Można zauważyć że nie przestawiono szczególnych zasad kształtowania w odniesieniu do ukryć. Bowiem, ukrycia jako obiekty otwarte, należy stosować bardzo roztropnie szczególnie jako osłony przeznaczonej bezpośrednio dla ludzi. Należy wówczas pamiętać, że wymagane są środki indywidualnej ochrony człowieka, przede wszystkim w warunkach skażenia środowiska naturalnego. Decydując się jednak tylko na kierunkową osłonę, elementy osłonowe ukryć należy rozważać zgodnie z odpowiednimi zasadami określonymi dla schronów. Ukrycia mogą być zastosowane jako doraźnie organizowane obiekty ochronne w sytuacji braku innych możliwości, do osłony techniki oraz elementów infrastruktury krytycznej niewrażliwej na skażenia środowiska. Wówczas można rozważać również schrony składane doraźnie [13].

Pewnej uwagi wymaga również problem przygotowania osłony na wypadek działań terrorystycznych. Można zauważyć, że schrony w systemach ochrony ludności mogą spełnić pomocniczą rolę stosownie do stopnia zaawansowania określonych zagrożeń. Rozważa się również wzmacnianie (fortyfikowanie) konstrukcji typowych

budynków i budowli. Można to zrobić już w fazie projektowania ale także, w fazie modernizacji. Odpowiednie analizy i badania pod tym kątem przedstawiono w [14].

Literatura

[1] Rogalski M., Fortyfikacja, cz. I, z. 2, *Podstawy projektowania schronów*. WAT, Warszawa, 1989.

[2] Szcześniak Z., Zasady kształtowania układów funkcjonalnych, ustrojów nośnych oraz warstw ochronnych schronów i ukryć. XXVI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2012", Zakopane, 3-6.09.20012. Wyd. WAT, Warszawa, 2012. s. 628-648

[3] Szcześniak Z., Wybrane zagadnienia projektowania funkcjonalnego schronów. Wyd. Budownictwo i Prawo, Nr 4/2006, Warszawa, 2006.

[4] Wasilczuk J., *Funkcjonowanie schronowych instalacji wentylacyjnych. Praca zbiorowa pod redakcja naukową Mierczyka Z. pt. „Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń*, tom 1, podrozdz. 4.3. Wyd. WAT, Warszawa, 2010.

[5] Sobiech M., Systemy wentylacji i filtrowentylacji. Konferencja naukowo-techniczna n.t. „Inżynieria środowiska w eksploatacji kompleksów wojskowych", Bystra Śląska, czerwiec, 1996, Wyd. WAT, Warszawa, 1996.

[6] Harmata W., Nyszko *G., Przeciwdziałanie zagrożeniom chemicznym, biologicznym i radiacyjnym w sytuacjach kryzysowych.* Praca zbiorowa pod redakcja naukową Mierczyka Z. pt. „Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, tom 1, podrozdz. 1.1. Wyd. WAT, Warszawa, 2010.

[7] Szcześniak Z., Mierczyk Z., Zygmunt M., Wasilczuk J., Wrzesień S., Bąk G., Frant M., Gietka A., Knysak P., Onopiuk S., Pieńko B., Piotrowski W., Rekucki R., Skrodzki C., Stolarski A., *Schronowy zawór przeciwwybuchowy typu automatycznego nowej generacji.* Rozdział 6 w pracy zbiorowej pod redakcją Z. Mierczyka i R. Ostrowskiego p.t. *Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, tom 2.* Wyd. WAT, Warszawa, 2011

[8] Szcześniak Z., *Zagadnienie odporności mechanicznej schronów obrony cywilnej.* Podrozdział 1.2 Monografii pod redakcją Dornowskiego W. pt. „*Współczesne konstrukcje i instalacje w budownictwie*". Seria Monografii WSEiZ, Oficyna Wydawnicza WSEiZ W Warszawie, Warszawa, 2011.

[9] Szcześniak Z., *Modelowanie zachowania dynamicznego konstrukcji podziemnych w warunkach działania powietrznej fali uderzeniowej*. Wyd. WAT, Warszawa, 1999.

[10] Bąk G., Szcześniak Z., Schrony w budynkach użyteczności publicznej, Konf. Naukowa – „Problemy naukowo-badawcze budownictwa". Krynica, wrzesień, 2003. s. 1-18

[11] Szcześniak Z., Schrony przeznaczone do ochrony dóbr dziedzictwa kulturowego. XVII Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2003", Zakopane, 3-5.09.2003. Wyd. WAT, Warszawa, 2003, s. 345-355.

[12] Bąk G., Szcześniak Z., Modelowanie wstrząsu schronu pod obciążeniem wybuchowym. Inżynieria i Budownictwo, nr 5, Warszawa, 2012, s. 280-282

[13] Szcześniak Z., Pietruszka N., Wadas K., Doraźne schrony i ukrycia dla zadań obrony cywilnej z nowych materiałów kompozytowych. XXV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS-2011", Zakopane, 611.09. 2011. Wyd. WAT, Warszawa, 2011. S.593-601

[14] Poneta P., Giluń A., Jurczuk J., Śnieżelewski P., Stolarski A., Bąk G., Błażejewicz T., Krzewiński R., Onopiuk S., Rekucki R., Szcześniak Z., *Badania odporności elementów żelbetowych wzmocnionych laminatami polimerowymi na obciążenia wybuchowe*, (w:) *Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń.* Tom 1- praca zbiorowa pod redakcją Mierczyka Z., WAT, Warszawa, 2010.

4. UKŁADY INSTALACJI FILTROWENTYLACYJNYCH ZE SZCZEGÓLNĄ CHARAKTERYSTYKĄ ELEMENTÓW SKŁADOWYCH ORAZ ZASAD EKSPLOATACJI

4.1. Wprowadzenie

Pomimo tego, że istnieją odpowiednie akty prawne (konwencje) i międzynarodowe dwu i wielostronne umowy nie można jednoznacznie stwierdzić, że współczesny świat jest wolny od zagrożeń bronią masowego rażenia oraz cywilizacyjnych. Rozwój cywilizacyjny i przemysłowy, to nie tylko dobrodziejstwa, ale szereg zagrożeń w postaci wypadków i katastrof ekologicznych, głównie z uwolnieniem substancji chemicznych (Bhopal, Soveso) oraz promieniotwórczych (Czernobyl). Te zagrożenia były i są dostrzegane, a konsekwencją tego jest ciągłe doskonalenie metod i środków ochrony - głównie dróg oddechowych oraz skóry. Wraz z rozwojem jakościowym i ilościowym środków skażających równolegle, choć zawsze z opóźnieniem, rozwijały się środki ochrony. Zastosowanie chloru, jako bojowego środka trującego wymusiło konieczność opracowania i wyposażenia wojsk w indywidualne środki ochrony dróg oddechowych (maski przeciwgazowe). Z kolei zastosowanie iperytu siarkowego wymusiło konieczność opracowania i wyposażenia wojsk w indywidualne środki ochrony skóry wraz z metodykami ich stosowania. Wprowadzenie do arsenałów broni chemicznej związków fosforoorganicznych wymusiło konieczność nowego spojrzenia na problem ochrony równocześnie dróg oddechowych i skóry, a więc konieczność dobrego dopasowania i uszczelnienia. Jednocześnie opracowano nowe metody powiadamiania i ostrzegania o skażeniach oraz obsługi, szkolenia itp. Konieczność ochrony, nie tylko przed toksycznymi gazami, ale także przed aerozolami mogącymi zawierać materiał biologiczny lub promieniotwórczy wymusiła konieczność stosowania filtrów aerozolowych do ochrony układu oddechowego. Duża uciążliwość stosowania indywidualnych środków ochrony przed skażeniami, spowodowała, że do ich wytwarzania zaczęto stosować najnowsze technologie oraz materiały konstrukcyjne (tzw. kosmiczne). We współczesnych rozwiązaniach nie deklaruje się już tylko ochrony przed substancjami skażającymi, ale dąży się do ochrony przed odłamkami. Jednocześnie problem ochrony pojedynczego żołnierza został przeniesiony na ochronę załóg, sztabów, organów decyzyjnych oraz zbiorowisk ludzkich.

4.2. Współczesne zagrożenia skażeniami

4.2.1. Wysokotoksycznymi substancjami chemicznymi

Wzrastające uprzemysłowienie i coraz szersze wykorzystanie technologii i materiałów nuklearnych, biologicznych i chemicznych zwiększa niebezpieczeństwo uwolnienia do środowiska toksycznych środków przemysłowych (tsp)[1].

Kilka przykładów:

1. W Japonii do Zatoki Minamata z fabryki aldehydu octowego koncernu "Chisso" odprowadzano ścieki zawierające związki rtęci o niskim stężeniu.

[1] Toksyczne środki przemysłowe – substancje promieniotwórcze lub toksyczne w postaci stałej, ciekłej, gazowej lub aerozolowej, które mogą być używane albo stanowić zapas niezbędny do celów przemysłowych, handlowych, medycznych, wojskowych lub do użytku domowego. Toksyczne środki przemysłowe mogą stanowić substancje chemiczne, biologiczne i promieniotwórcze i być opisywane jako toksyczne środki biologiczne, toksyczne środki chemiczne lub toksyczne środki promieniotwórcze. [NO-01-A006, AAP-21]

2. W nocy z 2 na 3 grudnia 1984 roku z fabryki pestycydów i środków owadobójczych w miejscowości Bhopal (Indie) amerykańskiego koncernu „Union Carbide" uwolniło się ponad 30 ton par śmiertelnie trującego izocyjanianu metylu.

Rys. 1. Ofiary i skutki odległe skażenia katastrofy w Bhopolu[2]

3. 10 lipca rok 1976, Seveso we Włoszech w zakładach ICMESA, w których produkowano 2,3,5-trichlorofenol (TCP) w wyłączonym reaktorze nastąpiła nieoczekiwana reakcja egzotermiczna, której towarzyszył gwałtowny wzrost temperatury i ciśnienia, otworzenie się zaworu bezpieczeństwa i emisja około 2 ton substancji chemicznych, w tym ok. 2 kg 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzoparadioksyny (TCDD).
4. 21 sierpnia 2013r w Syrii w rejonie Damaszku użyto broni chemicznej do stłumienia powstania narodowego.

Rys. 2. Produkt i skutki skażenia [3]

Przyjmuje się, że wysokotoksyczne substancje chemiczne mogą występować w postaci par lub w formie aerozolowej o wielkości cząstek od 0,1 do 10 □m. Do ochrony ludzi powinny być stosowane skuteczne środki obrony i ochrony. Takimi środkami są urządzenia filtrowentylacyjne z filtropochłaniaczami o bardzo wysokiej efektywności oczyszczania powietrza z aerozoli i par. Środki te muszą charakteryzować

[2] http://fakty.interia.pl/galerie/fakty/25-lat-po-katastrofie-w-bhopalu/zdjecie (dostęp: 08.2011r.);

[3] http://katastrofakatastrofa.republika.pl/temat_09_17_soveso.html (dostęp: 09.2011r.)

się dużą efektywnością, gdyż działanie substancji chemicznych na organizm ludzki jest niemal natychmiastowe, a dawki toksyczne współczesnych środków bardzo małe.

4.2.2. Substancje promieniotwórcze

Eksplozja nuklearna w elektrowni jądrowej teoretycznie jest niemożliwa, nawet gdyby zawiodły wszystkie zabezpieczenia czy zawładnęliby nią terroryści. Paliwo używane w reaktorach składa się zaledwie w 3% z rozszczepialnego ^{235}U. Do wywołania eksplozji jądrowej konieczny jest uran znacznie bardziej wzbogacony. Nawet prędki reaktor powielający ma za mały stopień wzbogacenia, by eksplodować jak bomba atomowa. Jego elementy paliwowe zawierają tylko 20-30% materiału rozszczepialnego, podczas gdy bomba atomowa prawie 100%. Najbardziej prawdopodobna może być tylko kradzież elementów radioaktywnych, czy zniszczenie obiektów elektrowni.

W Stanach Zjednoczonych dla sprawdzenia skuteczności ochrony przed kradzieżą i zabezpieczenia elektrowni jądrowych raz na osiem lat każda ze 103 amerykańskich elektrowni atomowych poddawana jest testowi polegającemu na tym, że udający terrorystów agenci federalni przeprowadzają na nią pozorowany atak. I choć obsługa elektrowni jest o ataku uprzedzana, "terrorystów" nie może być więcej niż trzech, nie wolno im improwizować ani poruszać się większym pojazdem niż osobowy jeep, i tak regularnie udaje im się dotrzeć do centralnej sterowni i "uszkodzić" rdzenie uranowe. Na razie zakładano, że terroryści to bardzo cierpliwi, wykształceni i przebiegli osobnicy, którym chciałoby się napadać na rosyjskie magazyny albo amerykańskie elektrownie atomowe, a potem przetapiać uranowy proszek na metal, bo w takiej postaci wkłada się go do klasycznej bomby atomowej. Biorąc pod uwagę broń wykorzystaną 11.09.01 na Amerykę, bardzo prawdopodobne, że i tu mogą pójść po najmniejszej linii oporu. Nie wydaje się, aby w pozostałych obiektach elektrowni, materiały radioaktywne były bardziej chronione.

„Solidnie" zabezpieczone elektrownie jądrowe w sytuacji pokojowej nie stanowią istotnego zagrożenia. Wprawdzie, gdyby zbombardowano czy wysadzono w powietrze elektrownię jądrową o mocy 1300 MW, która już pewien czas pracowała, to ilość uwolnionego materiału promieniotwórczego byłaby równa tej, jaka powstałaby przy eksplozji 1000 bomb zrzuconych na Hiroszimę. Olbrzymie obszary byłyby przez stulecia niezdatne do zamieszkania.

Rys. 3. Widok reaktora w Czarnobylu po awarii; różne skutki napromienienia[4],[5]

[4] http://chemios.pl/articles.php?id=9 (dostęp: 09.2011r,)
[5] http://zerotabu.pl/katastrofa-atomowa-w-czarnobylu (dostęp: 09.2011r.)

Awaria reaktora w Czarnobylu jest tego najlepszym dowodem. Była najpoważniejszym wypadkiem w dziejach pracy wszystkich elektrowni jądrowych. W wyniku tej awarii reaktor został zniszczony całkowicie, a przy tym duża ilość materiałów radioaktywnych dostała się do środowiska. Do atmosfery ulotniło się w postaci aerozoli około 28 kg ^{137}Cs i 0,37 kg ^{131}I. Wymienione ilości są niewielkie, ale obszar, który objęło skażenie sięgał całej Europy. Na terytorium Ukrainy wysiedlono około 135 tysięcy ludzi. Awaria spowodowała narażenie pracowników elektrowni na pochłonięcie wysokich dawek promieniowania. Na Białorusi, Rosji i Ukrainie stwierdzono ponad tysiąc poważnych nowotworów tarczycy (ok. 1800) u dzieci. Oprócz nowotworów dodatkowo zarejestrowano jeszcze dużo innych chorób. Poza tym konieczna była ewakuacja ludności z terenów o największym skażeniu promieniotwórczym.

Do narażenia ludzi na promieniowanie jonizujące przyczyniły się przede wszystkim: jod ^{131}I, cez ^{134}Cs i ^{137}Cs. Wkład do dawki miały także inne krótko-życiowe radionuklidy rejestrowane w pierwszym okresie po awarii. Obecnie rejestruje się jeszcze w niebagatelnych ilościach ^{137}Cs w glebie i ściółce leśnej.

Dawki średnie dla osób najbardziej narażonych w czasie awarii reaktora wynosiły 100 mSv dla 240 ludzi pracujących przy reaktorze, 30mSv dla 116 000 ewakuowanych osób i 10mSv w czasie pierwszych dziesięciu dni po awarii dla tych, którzy przebywali jeszcze na skażonych obszarach. Maksymalne wartości dawek mogły być nawet o rząd wielkości wyższe. Poza granicami Białorusi, Rosji i Ukrainy, na terenach pozostałej części Europy uwolnione izotopy promieniotwórcze także dały znać o sobie. Tam dawki wynosiły 1mSv w pierwszym roku po awarii i zmniejszały się sukcesywnie w latach następnych. Przyjmuje się, że aerozol promieniotwórczy będzie zawierał się w granicach od 0,1 do 10 □m, a natomiast pył promieniotwórczy powyżej 10 □m. Do ochrony ludzi powinny być stosowane skuteczne środki obrony i ochrony. Takimi środkami są urządzenia filtrowentylacyjne z filtropochłaniaczami z wkładami z sorbentów o bardzo wysokiej efektywności oczyszczania powietrza z aerozoli.

4.2.3. Substancje biologiczne

Z końcem XX wieku pojawia się jednak niepokojący paradoks. Więcej państw niż kiedykolwiek wcześniej podpisuje międzynarodowe porozumienia w celu wyeliminowania broni chemicznej i biologicznej. Jednocześnie coraz więcej jest podejrzewanych o jej produkcję i udoskonalanie.

Odwrócenie tego trendu powinno być główną troską społeczności ogólnoświatowej. Wyeliminowanie z arsenałów broni chemicznej i biologicznej jest godnym, choć trudnym do realizacji celem. Jeżeli wysiłki te zakończą się fiaskiem, prawdopodobieństwo otrzymania w laboratoriach letalnego czynnika biologicznego z wirusa Ebola lub innego, równie przerażającego w skutkach będzie rosło.

Za zaangażowaniem się w sprawę „rozbrojenia biologicznego" przemawia jeszcze jeden argument: w wypadku ataku tą bronią nie ma możliwości ochrony większych zbiorowisk ludzkich. Szczepionki zapobiegają niektórym chorobom, jednakże, gdy czynnik patogenny nie jest znany odpowiednio wcześniej, ten sposób zabezpieczenia staje się bezwartościowy. Antybiotyki są skuteczne w przypadku poszczególnych rodzajów bakterii lub pewnych klas drobnoustrojów, ale nie wszystkich. Co więcej, na świecie coraz częściej notuje się występowanie groźnych, nieznanych wcześniej zakażeń drobnoustrojami. Jest to efektem narastania zjawiska oporności na antybiotyki, a więc pojawiania się nowych szczepów niewrażliwych na dane leki. Dziś, w erze biotechnologii, możliwe jest „stworzenie" metodami inżynierii genetycznej organizmu, wobec którego obecne szczepionki i antybiotyki są bezużyteczne.

Ochrony przed drobnoustrojami patogennymi nie zapewnią również żadne znane zabezpieczenia fizyczne. Na szczęście większość czynników biologicznych nie działa

na nieuszkodzoną skórę ani nie przenika przez nią w głąb organizmu. Dzięki temu dla większości ludzi wystarczającymi środkami ochronnymi mogą być maski przeciwgazowe oraz odzież ochronna. Już w niedługim czasie po ataku biologicznym niebezpieczeństwo maleje - część mikroorganizmów ginie na skutek promieniowania słonecznego czy temperatury. Znane są jednak drobnoustroje, które mogą przetrwać w środowisku nieograniczenie długo. Na Wyspie Gruinarda położonej u wybrzeży Szkocji jeszcze w 40 lat po przeprowadzeniu tam prób z bronią biologiczną w latach czterdziestych obecne były zarodniki pałeczek wąglika. Rex Watson, były przewodniczący brytyjskiego Chemical and Biological Defense Establishment, stwierdził w 1981 roku, że gdyby podczas II wojny światowej alianci użyli do ataku na Berlin pałeczek wąglika, miasto do tej pory byłoby skażone. Przyjmuje się, że wielkość wirusów zawiera się w granicach od 0,02 do 0,2 μm, a bakterii do 0,5 mm. Natomiast wielkość cząsteczek aerozolu biologicznego przyjmuje się w granicach od 0,1 do 1 μm.

Pomimo że podczas wojny w Zatoce Perskiej w 1991 roku wielu mieszkańców Izraela przyzwyczaiło się do noszenia, na co dzień masek przeciwgazowych, nie wydaje się realne, aby można je było stosować w przypadku większych zbiorowisk ludzkich przez miesiące czy lata, zwłaszcza w gorącym klimacie. Inspektorzy ONZ pracujący w Iraku twierdzili, że podczas upałów z trudnością wytrzymywali w maskach dłużej niż 15 minut.

W ostatnich latach, szczególnie po wojnie w Zatoce Perskiej, na świecie nasilają się żądania opracowania planów ochrony przed skutkami użycia broni biologicznej. Wnioskodawcy zwiększenia funduszy na te cele zwykle argumentują, że nowe szczepionki i inne środki ochronne mogą służyć zarówno społeczeństwu, jak i wojsku. Jednakże ludność cywilną i wojskowych obowiązuje ta sama gorzka prawidłowość: jeśli z odpowiednim wyprzedzeniem nie znamy czynnika zakaźnego, a w dodatku istnieje możliwość, że jest on oporny na działanie dostępnych leków i szczepionek, ochrona przed nim pozostaje jedynie iluzją.

Należy jednak zdawać sobie sprawę, że nie ma możliwości obrony przed atakami za pomocą mniej konwencjonalnych czynników. A zatem oczekiwanie, że badania przyniosą skuteczny środek ochronny przed czynnikiem zakaźnym, którego natura nie jest wcześniej znana, wydaje się całkiem nierealne. Przy tym koszt zorganizowania krajowego systemu obrony cywilnej przed skutkami zastosowania broni biologicznej i chemicznej (biorąc nawet pod uwagę wszystkie jego obiektywne ograniczenia) byłby niezwykle wysoki. Raport ONZ z 1969 roku oceniał koszty magazynowania masek przeciwgazowych, antybiotyków, szczepionek i innych środków ochronnych na ponad 20 mld dolarów. Obecnie, po uwzględnieniu inflacji, kwota ta przekroczyłaby 80 mld dolarów. Brak szczepionek i innych środków ochronnych nie jest jedynym problemem do przezwyciężenia. Również szybka identyfikacja drobnoustrojów w warunkach bojowych nastręcza dziś kłopoty. Trudno nawet określić, czy atak bronią biologiczną rzeczywiście już nastąpił. Pentagon zaczął się, więc koncentrować na metodach wykrywania. Przyjmuje się, że wielkość wirusów zawiera się niezaprzeczalnych granicach od 0,02 do 0,2 □m, a bakterii do 0,5 mm. Natomiast wielkość cząsteczek aerozolu biologicznego przyjmuje się w granicach od 0,1 do 1 □m.

Na szczęście większość czynników biologicznych nie działa na nieuszkodzoną skórę ani nie przenika przez nią w głąb organizmu. Dzięki temu dla większości ludzi wystarczającymi środkami ochronnymi mogą być maski przeciwgazowe oraz wysoko skuteczne urządzenia filtrowentylacyjne z filtropochłaniaczami z wkładem filtracyjnym klasy min. H14.

4.2.4. Pyły i aerozole

Wiele badań podjętych zarówno w Stanach Zjednoczonych, jak i w Europie wykazało, że kiedy koncentracja pyłu zawieszonego w powietrzu wzrasta, nawet

z niskiego poziomu, obserwuje się wzrost liczby zgonów z powodu chorób układu oddechowego i krążenia oraz więcej osób wymaga leczenia szpitalnego zapalenia oskrzeli i astmy. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO, 2005) podsumowuje stan wiedzy następująco:

- pył generalnie powoduje wzrost ryzyka śmieci z powodu niewydolności układu oddechowego u niemowląt do 1 roku życia, wpływa negatywnie na tempo rozwoju funkcjonowania płuc, zaostrza astmę i powoduje inne objawy ze strony układu oddechowego, takie jak kaszel i zapalenie oskrzeli u dzieci.
- pył drobny PM2,5 poważnie zagraża zdrowiu powodując wzrost zgonów w wyniku chorób serca, naczyń krwionośnych, dróg oddechowych oraz raka płuc. Wzrost stężenia pyłu PM2,5 powoduje wzrost ryzyka nagłych wypadków wymagających hospitalizacji z powodu problemów z krążeniem i oddychaniem.
- pył PM10 powoduje zwiększenie zachorowalności na choroby układu oddechowego, jak wykazała liczba przyjęć do szpitala z powodu chorób układu oddechowego.

Ludzie nie są jednakowo wrażliwi na zanieczyszczenia powietrza skrajne przedziały populacji są znacznie bardziej wrażliwe niż średnia. Zalicza się do nich dzieci, osoby starsze i osoby przewlekle chore, np. na astmę i inne choroby układu oddechowego.

Ekspozycja krótkotrwała

Światowa Organizacja Zdrowia utrzymuje, że krótkotrwałe zmiany w pyle PM10 na wszystkich poziomach prowadzą do krótkotrwałych zmian w ostrych skutkach zdrowotnych. Skutki ekspozycji krótkotrwałej obejmują:

- stany zapalne w płucach,
- objawy ze strony układu oddechowego, takie jak kaszel i zapalenie oskrzeli,
- ujemny wpływ na układ krążenia,
- wzrost zużycia lekarstw, liczby osób hospitalizowanych oraz liczby zgonów.

Chociaż długotrwała ekspozycja prowadzi do najpoważniejszych skutków zdrowotnych ostre zatrucia w wyniku krótkotrwałej ekspozycji na wysokie stężenia są ważne, od czasu gdy dotykają one dużej części populacji, np. w postaci dni ograniczonej aktywności.

WHO ostrzega, że, na podstawie znanego wpływu na zdrowie, są potrzebne zarówno krótkotrwałe (dobowe), jak i długotrwałe (roczne) wytyczne zarówno dla pyłów drobnych PM2,5 jak i pyłów PM10.

Ekspozycja długotrwała

Skutki długotrwałej ekspozycji mają wyraźnie większe znaczenie dla zdrowia publicznego niż efekty ekspozycji krótkotrwałej, ponieważ długotrwała ekspozycja na pył skutkuje istotnym skróceniem średniej długości życia. Skutki ekspozycji długotrwałej obejmują:

- wzrost objawów ze strony dolnych dróg oddechowych,
- przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POChP), która przez wiele lat rozwija się podstępnie, bezobjawowo. Objawy w postaci dokuczliwego kaszlu „bez powodu" oraz okresowych napadów duszności pojawiają się dopiero, gdy choroba zazwyczaj jest już wysoce zawansowana, a pacjent jest zwykle w średnim lub starszym wieku. W zaawansowanej chorobie płucom może brakować już ponad połowy rezerw oddechowych, czyli tej części, z której przy normalnym oddychaniu nie korzystamy; a po którą sięgamy podczas wysiłku fizycznego (Portal Farmaceutyczno Medyczny),
- ograniczenie wydolności płuc u dzieci i dorosłych,
- skrócenie średniej długości życia z powodu głównie umieralności w wyniku chorób serca i płuc oraz prawdopodobnie raka płuc.

Powyższe skutki są obserwowane nawet na poziomach dużo niższych niż wartości dopuszczalne. Pył PM2,5 wykazuje najsilniejszy związek z umieralnością: wzrost długotrwałej koncentracji PM2,5 o 10 $\mu g/m^3$ zwiększa ryzyko śmierci z różnych przyczyn o 6%. Powyższe szacunki opiera się na porównaniu ekspozycji pomiędzy miastami i przyjmuje się, że wszyscy mieszkańcy miasta są narażeni na taką samą średnią ekspozycję. Ale ostatnie badania w stanie Kalifornia wykazały, że oceny ekspozycji, które są oparte tylko na średnich stężeniach w społeczności mogą prowadzić do zaniżenia ryzyka zdrowotnego o współczynnik dwa lub trzy.

Dla większości ludzi wystarczającymi środkami ochronnymi mogą być respiratory, maski przeciwgazowe oraz wysokoskuteczne urządzenia filtrowentylacyjne z filtropochłaniaczami z wkładem filtracyjnym klasy min. H14.

4.3. Zbiorowe środki ochrony przed skażeniami

4.3.1. Użycie środków zbiorowej ochrony przed skażeniami

Publikacja Chem. 396/2004 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.

Wyróżnia się następujące rodzaje SOZ [6], [7], [8], [9], [10], [11]:

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 znajdą się w rejonie skażeń. W 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 wchodzą pojazdy lądowe, statki powietrzne i okręty, wyposażone w urządzenia uszczelniające, których celem jest niedopuszczenie do skażeń wewnętrznych oraz

---

[6] Chem. 396/2004 Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych (DD/3.8). MON SGWP.

[7] ATP-3.8.1 vol. 2- Specialist NBC Defence capabilities, wprowadzona stanagiem 2522 (Edycja 1), maj 2005.

[8] Chem. 396/2004 Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych (DD/3.8). MON SGWP.

[9] FM 3-11.4 - Multiservice tactics, techniques and procedures for nuclear, biological and chemical (NBC) protection, wyd. 2003

[10] Harmata W. i współautorzy: Ekspertyza naukowo – techniczna w zakresie wymagania długoterminowego – EG 4405. Udoskonalone środki ochrony przed bronią masowego rażenia (NBC). Sygn. WIChiR – ONIW – 837/2002

[11] 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

posiadające systemy filtracji powietrza. Systemy te powinny umożliwiać korzystanie z nich w ruchu i na postoju.

3. Przewoźne (transportowalne) zbiorowe środki ochrony przed skażeniami (przystosowane do transportu – kontenerowe i namiotowe) to systemy ochronne, które mogą być rozstawiane 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 śluzę. 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 śluzę, ale nie posiadające 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 nie posiadające śluzy ani strefy kontrolowanych skażeń. Obiekty wyposażone w takie systemy zapewniają ochronę przed skażeniami, jeśli włazy i drzwi pozostają zamknięte. Wejście do obiektu lub opuszczenie go powoduje utratę własności ochronnych obiektu. Przykładami takich obiektów są czołgi i wozy bojowe.

4.3.2. Zalecenia funkcjonalne i eksploatacyjne dla środków ochrony zbiorowej

Zabezpieczenie w systemy zbiorowej ochrony zależne jest od charakteru realizowanych przez nie zadań operacyjnych oraz poziomu zagrożenia. W skład systemów ochrony zbiorowej, w zależności od przeznaczenia, mogą wchodzić następujące moduły[12]:

- ***urządzenie filtrowentylacyjne***[13] (UFW) - oczyszcza powietrze ze skażeń, utrzymuje nadciśnienie wewnątrz systemu, umożliwia oczyszczanie śluz powietrznych,
- ***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,

---

[12] Stanag 2515 (Study) - ATP-70 - Collective protection in a nuclear, chemical and biological environment.

[13] Urządzenie filtrowentylacyjne (air filtration unit) - w zbiorowej ochronie przed skażeniami urządzenie, które dostarcza czyste powietrze do strefy nieskażonej. [NO-01-A006, AAP-21]

- ***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***[14] (SN) - w strefie tej personel może przebywać bez założonych ISOPS. 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***[15] - 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***[16] (SKS) - powinna znajdować się przed śluzą powietrzną. Konstrukcja i wyposażenie zależne są od przeznaczenia, przewidywanego zagrożenia, ilości 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***[17] (SZC) – wchodzi się do niej bezpośrednio z zewnątrz, wykonywane są w niej zabiegi specjalne, personel zdejmuje w niej i przechowuje wyposażenie,
  - przebieralnia[18] –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***[19] (particulate hazard area) – w strefie tej usuwane są pyły np. poprzez stosowanie pryszniców,

---

[14] Strefa nieskażona (toxic free area) – 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].

[15] Śluza powietrzna (airlock) - w zbiorowej ochronie przed skażeniami 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].

[16] Strefa kontrolowanych skażeń (contamination control area) - w zbiorowej ochronie przed skażeniami 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]

[17] Strefa zagrożenia ciekłymi środkami trującymi (liquid hazard area) – w zbiorowej ochronie przed skażeniami 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].

[18] Przebieralnia (changing booth) - w zbiorowej ochronie przed skażeniami pomieszczenie wewnątrz strefy kontrolowanych skażeń, do którego tłoczone jest oczyszczone powietrze i w którym ludzie mogą bezpiecznie zdjąć lub założyć odzież ochronną. [NO-01-A006, AAP-21].

[19] Publikacja ATP-3.8.1 cz. 2 strefę zagrożenia pyłami umieszcza za strefą zagrożenia parami środków trujących. W strefie zagrożenia parami zdejmuje się obuwie ochronne i rękawice, natomiast w strefie zagrożenia pyłami przeprowadza się końcowe odkażanie (zwykle przy pomocy natrysku) oraz

- ***strefa zagrożona parami środków trujących***[20] – 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.

Opracowywane aktualnie zalecenia[21] przewidują, że systemy ochrony zbiorowej, zależnie od przeznaczenia, powinny posiadać określone moduły. Z zalecanym wyposażeniem SOZ wiąże się ich podział na cztery poziomy (tabela 1).

TABELA .1

Zalecane ukompletowanie systemów ochrony zbiorowej w zależności od przeznaczenia [Stanag 2515]

Lp.	Moduł	Poziom SOZ (Przeznaczenie)			
		Poziom 1 (Schrony umożliwiające przeżycie)	**Poziom 2** (Realizacja zadań C^4I[22])	**Poziom 3** (Warsztaty naprawcze)	**Poziom 4** (Zapewnienie odpoczynku, szpitale, obiekty medyczne)
1	Strefa kontroli		X	X	X
2	Punkt kontrolny		X	X	X
3	Strefa zagrożona ciekłymi ST		X	X	X
4	Przebieralnia			X	X
5	Strefa zagrożona pyłami		X	X	X
6	Strefa zagrożona parami ST		X	X	X
7	Strefy magazynowe				X
8	Strefy przechowyw. odpadów				X
9	Śluza powietrzna	X	X	X	X
10	Strefa nieskażona	X	X	X	X
11	Moduł klimatyzacji			X	X
12	Moduł regeneracji tlenu			X	X
13	Filtr recyrkulacji powietrza			X	X
14	Urządzenie filtrowentylacyjne	X	X	X	X
15	Moduł zasilania	X	X	X	X

zdejmuje się maskę tranzytową, którą osoba wchodząca przechowuje przy sobie w strefie nieskażonej.

[20] Strefa zagrożona parami środków trujących (vapour hazard area) - w zbiorowej ochronie przed skażeniami 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].

[21] Stanag 2515 (Study) - ATP-70 - Collective protection in a nuclear, chemical and biological environment, luty 2005.

[22] C^4I – ang. Command, Control, Communications, Computers and Intelligence – dowodzenie, kierowanie, komunikacja, komputery i rozpoznanie

4.3.3. Sposoby zabezpieczenia obiektów przed przenikaniem powietrza skażonego[23]

Bardzo trudno jest usunąć zupełnie zjawisko przenikania powietrza skażonego do obiektów. Aby to osiągnąć należałoby zapewnić absolutną szczelność obiektów, co praktycznie jest niemożliwe. Dlatego należy dążyć do maksymalnego zmniejszenia ilości przenikającego do obiektu powietrza.

Można to osiągnąć na drodze:

- uszczelnienia i zamknięcia wszelkich powstałych w czas budowy otworów i szczelin;
- budowy szczelnych przedsionków w wejściach, dających kilka stopni uszczelnienia;
- wytworzenia pewnego nadciśnienia powietrza w schronie, przeciwdziałającego przenikaniu skażonego powietrza przez nieszczelności.

Nadciśnienie powietrza w obiekcie można wytworzyć przez puszczenie sprężonego powietrza z butli, nagrzanie powietrza schronie oraz głównie przez uruchomienie urządzenia filtrowentylacyjnego. Nadciśnienie powietrza wewnątrz obiektu nazywa się podporą i wyraża się w Pa. Jeżeli w schronie występuje nadciśnienie, to powietrze nieprzerwanie wychodzi na zewnątrz przez nieszczelności i w tym przypadku zewnętrzne powietrze skażone nie może przenikać do schronu.

W uszczelnianych schronach polowych nadciśnienia wytwarza się prawie natychmiast po uruchomieniu urządzenia filtrowentylacyjnego i natychmiast spada po jego wyłączeniu. Wielkość nadciśnienia zależy od: szczelności obiektu oraz wydajności urządzenia filtrowentylacyjnego lub ilości wypuszczanego powietrza z butli.

Dla obiektów stacjonarnych, podlegających działaniu wiatru podpora winna być nie mniejsza niż ***900 Pa.*** Dla obiektów, na które wiatr nie oddziaływuje, wystarcza podpora rzędu **300 – 400 Pa).** W praktyce wielkość podpory może być regulowana automatycznie przez zastosowanie odpowiednich zaworów regulujących szybkość wypływu powietrza z obiektu oraz układami elektronicznymi regulującymi wydatek wentylatorów.

4.3.4. Wentylacja obiektów[24]

Obiekty przeznaczone do ochrony zbiorowej winny być projektowane na stosunkowo długotrwałe przebywanie w nich ludzi, dla których muszę być zapewnione odpowiednie warunki sanitarno -higieniczne.

Wiadomo, że w pomieszczeniach niewietrzonych, w których przebywa wiele osób, powietrze po pewnym czasie staje się nieprzydatne do oddychania. Konieczne jest więc ciągłe dostarczanie do obiektu określonej ilości czystego powietrza. Jeśli powietrze zewnętrzne jest skażone należy go uprzednio oczyścić w specjalnych filtropochłaniaczach.

Potrzeba wentylacji obiektów związana jest również z usuwaniem z nich toksycznych par i gazów (tlenek i ditlenek węgla, akroleina, tlenki siarki, amoniak, produkty rozkładu tłuszczów itp.) oraz nadmiaru wilgoci i ciepła.

4.3.5. Zmiana składu i własności powietrza w pomieszczeniach zamkniętych[25]

Zmiana składu i własności powietrza w pomieszczeniach zamkniętych, hermetycznych i niewentylowanych, zachodząca w wyniku procesów fizjologicznych sprowadza się do:

---

[23] Harmata W., Ochrony przed skażeniami, cz. II, Podstawy teoretyczne i rozwiązania praktyczne w dziedzinie zbiorowych środków ochrony przed skażeniami. WAT, Warszawa 2012 r.

[24] Harmata W., Ochrony przed skażeniami, cz. II, Podstawy teoretyczne i rozwiązania praktyczne w dziedzinie zbiorowych środków ochrony przed skażeniami. WAT, Warszawa 2012 r.

[25] Harmata W., Ochrony przed skażeniami, cz. II, Podstawy teoretyczne i rozwiązania praktyczne w dziedzinie zbiorowych środków ochrony przed skażeniami. WAT, Warszawa 2012 r.

- zmniejszenia zawartości tlenu,
- wzrostu zawartości ditlenku węgla,
- wzrostu wilgotności powietrza,
- podwyższenia temperatury powietrza,
- pojawienia się w powietrzu nieprzyjemnych zapachów.

Według danych wielu autorów, ilość dwutlenku węgla, wydzielonego przez jednego człowieka w czasie spoczynku wynosi 18 - 22 dm^3/h, a ilość pochłoniętego tlenu 20-28 dm^3/h.

Nasycanie powietrza wilgocią, jak wiadomo, może zachodzić tylko do określonej granicy, zależnej od temperatury powietrza. Tak np. w temperaturze 20°C stanowi nasycenia odpowiada zawartość 17,7 g wody w 1 m^3 powietrza. Dlatego przy niedostatecznej objętości pomieszczenia wilgotność powietrza szybko osiąga stan nasycenia, a nadmiar wilgoci kondensuje na powierzchni sufitu, ścian, sprzętu, umundurowania itp.

Wydzielanie ciepła przez organizm ludzki jest wynikiem normalnej pracy organizmu. Większa część wydzielonego ciepła odprowadzona jest do otaczającego środowiska w wyniku odparowania wilgoci z powierzchni ciała, ogrzewania powietrza wydychanego oraz konwekcji i promieniowania. Około 85 % ciepła oddawana jest do otoczenia przez skórę. Ilość wydzielonego ciepła przez człowieka w ciągu jednej doby wynosi 2 200 ÷ 3 200 kcal (w stan spoczynku) – 9 211 ÷ 13 398 J. W tabeli 2 podano dane charakteryzujące te zależności[26]:

TABELA 2

Średnie dane dla 1 osoby na 1 godzinę

	Ilość pochłanianego tlenu w dm^3/h	Ilość wydzielonego		
		CO_2 w dm^3/h	H_2O w g/h	ciepła w kcal/h
Sen	20-25	16-20	40-50	50
Praca umysłowa lekka	25-30	20-25	60-70	75-100
Intensywna praca umysłowa	do 35	do 30	do 75	100
Praca fizyczna	60-120	50-100	do 130	200-300

Oprócz tego należy zwrócić uwagę na ważne zjawisko jaki jest powstawanie w pomieszczeniu nieprzyjemnych zapachów, pochodzących od produktów rozkładu substancji organicznych (siarkowodór, amoniak, różne kwasy) oraz oparów wydzielanych przez umundurowanie i wyposażenie pomieszczenia. Zanieczyszczenie powietrza tymi substancjami może ujemnie wpływać na samopoczucie człowieka.

Zagadnienia związane z wymaganiami w zakresie wentylacji, klimatyzacji pomieszczeń sa zawarte w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 75, poz. 690, ze zmianami .

Wymagania NATO dla obiektów ochrony zbiorowej STANAG 2515 (Study) - ATP-70 - Collective protection in a nuclear, chemical and biological environment:

- należy doprowadzić min. 8,5 m^3/h świeżego powietrza na osobę wypoczywającą,
- oraz min. 17 m^3/h świeżego powietrza na osobę pracującą.

[26] Mortka S., Środki ochrony zbiorowej przed bronią masowego rażenia, cz. I, WAT, Warszawa 1978

Uwzględniając toksyczność ditlenku węgla i jednoczesne obniżenie zawartości tlenu w powietrzu, stężenie ditlenku węgla w pomieszczeniach, w których przebywają ludzie, nie powinno przekraczać 0,2 % przy długotrwałym i 0,5 % przy okresowym przebywaniu w nich ludzi.

Dla mniej ważnych obiektów przyjmuje się:

- 0,5 % przy długotrwałym przebywaniu (NDS);
- 1,0 % przy okresowym przebywaniu;
- 2,0 % przy krótkim okresie przebywania w obiekcie.

W ciągu 1 - 2 godzin zdrowy człowiek może przebywać w atmosferze o stężeniu 3÷3,5 % CO_2 bez następstw szkodliwych dla zdrowia. Wzrostowi stężenia ditlenku węgla o 1 % odpowiada bowiem obniżenie zawartości tlenu o 1,15 ÷ 1,20 %. Jednak w praktyce mogą mieć miejsce przypadki, gdy stężenie dwutlenku węgla w powietrzu nie będzie odpowiadało spadkowi zawartości tlenu (sorpcja CO_2 przez wapno, cement). W tym przypadku należy znać granicę, do której może być obniżona zawartość tlenu. Dla większości przypadków granica ta wynosi 17 % przy długotrwałym i 15 % przy krótkim okresie przebywania ludzi w obiekcie.

Duży wpływ na samopoczucie ludzi w obiekcie zamkniętymi siadają fizyczne parametry powietrza, takie jak: temperatura i wilgotność. Im niższa temperatura otoczenia, tym szybsza jest wymiana ciepła między organizmem i otoczeniem. W temperatur powyżej 37°C organizm przyjmuje ciepło z otoczenia, co może prowadzić do udarów cieplnych

Ze wzrostem wilgotności powietrza maleje wymiana ciepła między organizmem i otoczeniem w wyniku odparowania wilgoć (potu), co może doprowadzić do przegrzania organizmu. Na wymianę ciepła między organizmem i otoczeniem ma również wpływ ruch powietrza. Przy bardzo wysokich wilgotnościach i temperaturach powietrza, bliskich temperaturze ciała, ruch powietrza nie ma na efekt ochłodzenia ciała.

4.3.6. Określenie niezbędnej ilości powietrza do wentylacji pomieszczeń

Rozpatrzymy sposoby określania ilości czystego powietrza potrzebnego do zapewnienia w obiektach odpowiednich warunków sanitarno-higienicznych.

a/ Określenie ilości czystego powietrza, potrzebnego do podtrzymania ustalonego stężenia ditlenku węgla

W zależności od przyjętej wartości $C_{max\ dop}$ i wartości m dla różnego rodzaju wysiłku fizycznego, otrzymamy wartości V, przedstawione w tabeli 7.9[27].

TABELA 3

Zapotrzebowanie na czyste powietrze dla 1 os. na 1 godz. ze względu na stężenie CO_2

Rodzaj wysiłku fizycznego	m w dm^3/h	$C_{max\ dop}$ w %					
		0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
		V w m^3/h					
Spokój (wypoczynek)	20	10,0	4,0	2,0	1,33	1,0	0,8
Praca umysłowa	25	12,5	5,0	2,5	1,67	1,25	1,0
Wytężona praca umysłowa	30	15,0	6,0	3,0	2,0	1,5	1,2
Praca fizyczna	50	25,0	10,0	5,0	3,3	2,5	2,0
Intensywny wysiłek fizyczny	100	50,0	20,0	10,0	6,7	5,0	4,0

[27] Mortka S., Środki ochrony zbiorowej przed bronią masowego rażenia, cz. I, WAT, Warszawa 1978

Przy zwiększeniu norm dostarczania powietrza odpowiednio do tego będzie się obniżać stężenie CO_2 w powietrzu.

b/ Określenie ilości czystego powietrza, potrzebnego do podtrzymania ustalonego stężenia tlenu (w tabeli 4 podano wartości V w m^3/h dla różnych wartości a i C[28])

TABELA 4

Zapotrzebowanie na czyste powietrze dla 1 osoby na 1 godzinę ze względu na tlen

Rodzaj wysiłku fizycznego	a w dm^3/h	C w %				
		20,5	20	19	18	17
		V w m^3/h				
Spokój (wypoczynek)	25	5,0	2,5	1,25	0,84	0,63
Praca umysłowa	30	6,0	3,0	1,5	1,0	0,75
Wytężona praca umysłowa	35	7,0	3,5	1,75	1,2	0,88
Praca fizyczna	60	12,0	6,0	3,0	2,0	-
Intensywny wysiłek fizyczny	120	24,0	12,0	6,0	-	-

Z przedstawionych tabel wynika, że przy tym samym wysiłku fizycznym dla podtrzymywania wysokiego stężenia tlenu (19-20 %) potrzeba stosunkowo mniej czystego powietrza niż dla niskiego stężenia CO_2.

c/ Określenie ilości powietrza, potrzebnego do usunięcia nadmiaru pary wodnej

Ilość powietrza zależy od masy wydzielanej wilgoci. Przy dostarczaniu zalecanych minimalnych ilości powietrza świeżego nie występuje zagrożenie nadmiernego wrostu wilgonosci względnej powietrza, dopuszczalny zakres wynosi od 30 do 70%.

d/ Określenie ilości powietrza potrzebnego do odprowadzenia nadmiaru ciepła

Odprowadzenie ciepła powietrzem wentylacyjnym uzyskuje się dzięki różnicy temperatur powietrza wywiewanego i nawiewnego oraz odpowiedniej masie wymienianego powietrza [3].

4.3.7. Sposoby dostarczania czystego powietrza do obiektu[29]

Dostarczanie do obiektów czystego powietrza najracjonalniej można zrealizować przy użyciu różnych systemów wentylacji. W pomieszczeniach zbudowanych z przeznaczeniem na obiekty ochrony zbiorowej mogą być stosowane następujące systemy wentylacji: nawiewny, nawiewno-wyciągowy i nawiewno-recyrkulacyjny.

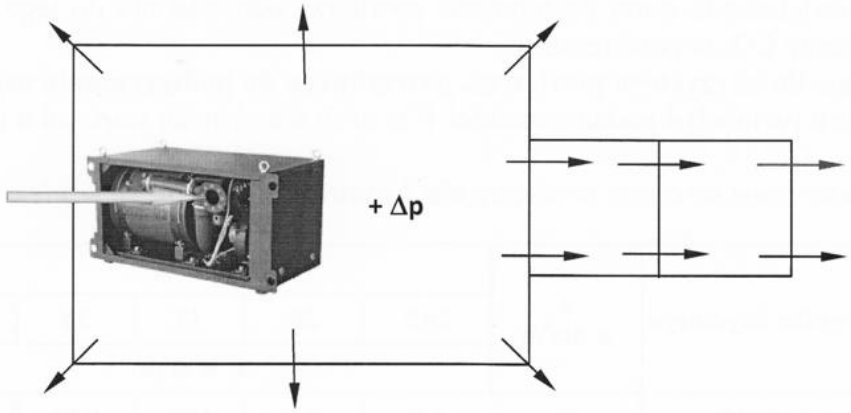
Wentylacja nawiewna opiera się na zasadzie doprowadzenia do pomieszczenia wentylowanego powietrza zewnętrznego, oczyszczonego w specjalnych filtrach od substancji trujących, promieniotwórczych i biologicznych. Ten system nosi nazwę ***filtrowentylacji*** i stosuje się go w większości obiektów ochrony zbiorowej. Obiekty takie nazywa się wentylowanymi, a urządzenia dostarczające powietrze urządzeniami filtrowentylacyjnymi. W obiekcie można utrzymać nadciśnienie.

W czasie pracy tych urządzeń do obiektu podawane jest nieprzerwanie czyste powietrze, które miesza się z powietrzem wewnętrznym. Wtłaczane powietrze wywołuje pewne niewielkie nadciśnienie (podporę), pod wpływem którego zmieszane powietrze wychodzi z pomieszczenia na zewnątrz przez zawory i inne nieszczelności, przewietrzając przedsionki. Schemat wentylacji nawiewnej obiektu pokazano na rys. 5.

---

[28] Mortka S., Środki ochrony zbiorowej przed bronią masowego rażenia, cz. I, WAT, Warszawa 1978

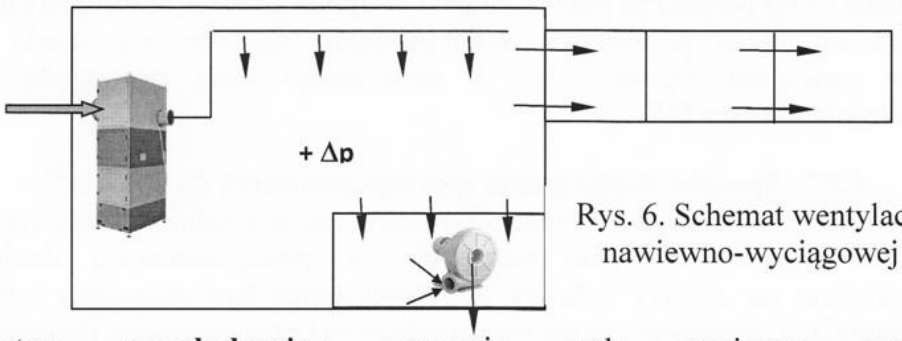
[29] Harmata W., Ochrony przed skażeniami, cz. II, Podstawy teoretyczne i rozwiązania praktyczne w dziedzinie zbiorowych środków ochrony przed skażeniami. WAT, Warszawa 2012 r.



Rys. 5. Schemat wentylacji nawiewnej

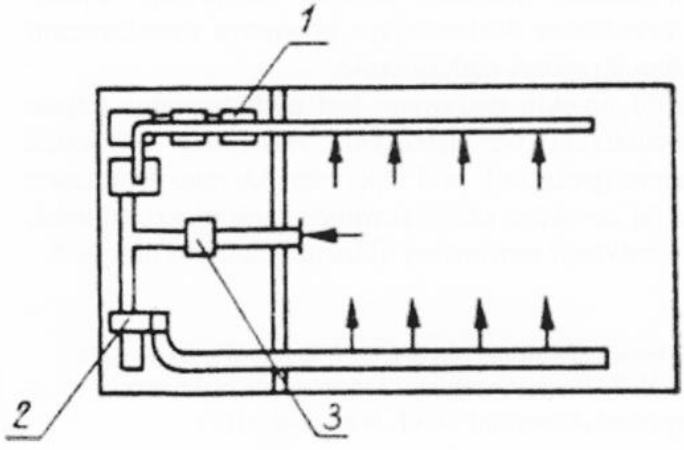
System nawiewno-wyciągowy stanowi kombinację filtrowentylacyjnej i wyciągowej wentylacji, przy czym wentylacja wyciągowa posiada nieco mniejszą wydajność niż nawiewna w celu wytworzenia w pomieszczeniu nadciśnienia.

System ten stosowany jest w większości obiektów stałych, fortyfikacyjnych i specjalnych i jest bardziej efektywny niż system nawiewny. Jednakże system ten posiada pewne wady, polegające na tym, że przy niespodziewanej awarii układu nawiewnego może wystąpić niebezpieczeństwo skażenia obiektu. Dlatego też w tym przypadku musi być przewidziane automatyczne wyłączenie wentylacji wyciągowej. Oddzielne urządzenia wyciągowe mogą być zainstalowane w takich pomieszczeniach, jak węzły sanitarne, akumulatorownie, magazyny itp. Schemat wentylacji nawiewno - wyciągowej pokazano na rys. 6.



Rys. 6. Schemat wentylacji nawiewno-wyciągowej

System recyrkulacyjny zapewnia ruch powietrza zamkniętego w pomieszczeniach. Recyrkulacja może być całkowita (doraźnie) lub częściowa (nawiewno-recyrkulacyjny). Przy częściowej recyrkulacji pewna ilość powietrza wewnętrznego zasysana jest przez urządzenie filtrowentylacyjne (rys. 7).



Rys. 7. Schemat częściowej i całkowitej recyrkulacji powietrza w obiekcie:
1-urządzenia regeneracyjne;
2-wentylator; 3-zawór regulujący zasysanie recyrkulującego powietrza

Zastosowanie częściowej recyrkulacji celowe jest w dużych obiektach, gdzie możliwe jest ustawienie urządzeń do chłodzenia i osuszania powietrza. Przy całkowitej recyrkulacji powietrze wewnętrzne oczyszcza się z dwutlenku węgla i wzbogaca w tlen w urządzeniach tlenowo – regeneracyjnych. Oprócz tego w dużych obiektach mogą być zainstalowane urządzenia klimatyzacyjne.

Warunkiem zastosowania systemu całkowitej recyrkulacji powietrza musi być zupełna izolacja pomieszczeń od otaczającej atmosfery. W celu utrzymania w obiekcie nieznacznego nadciśnienia (podpory) korzysta się z powietrza sprężonego w butlach. Należy przy tym podkreślić, że system ten nie może być jedynym w obiekcie. Jest on na ogół systemem rezerwowym, wykorzystywanym w przypadku, gdy niemożliwe jest zastosowanie nawiewnego systemu filtrowentylacyjnego, np. gdy nie wiadomo czym skażone jest powietrze zewnętrzne, lub gdy z jakichkolwiek powodów nie mogą pracować urządzenia filtrowentylacyjne.

Przy pomocy urządzeń regenerujących w zasadzie można otrzymać powietrze o dowolnie założonej zawartości dwutlenku węgla i tlenu, a przy pomocy urządzeń klimatyzacyjnych - również o określonej wilgotności i temperaturze. Zaletą tego systemu oczyszczania powietrza jest jego niezależność od stanu zewnętrznej atmosfery. W dobrze uszczelnionym i mocnym obiekcie zapewnia on długotrwałą ochronę przed dowolnymi środkami trującymi, promieniotwórczymi i biologicznymi. Należy jednak mieć na uwadze, że systemy filtrowentylacyjne obliczone są na dłuższe okresy działania i dlatego są tańsze niż systemy regenerujące.

Obiekty, w których nie ma żadnego systemu wentylacyjnego nazywają się niewentylowanymi. Pewność ochrony w takich obiektach opiera się na dobrym uszczelnieniu i wykluczeniu wchodzenia lub wychodzenia ludzi gdy otaczająca obiekt atmosfera Jest skażona. Czas przebywania ludzi w takich obiektach oblicza się wychodząc z uwzględnienia dopuszczalnego stężenia ditlenku węgla w obiekcie, ilości ludzi przebywających w obiekcie, objętości i czystości powietrza w obiekcie.

4.4. Urządzenia filtrowentylacyjne (UFW)

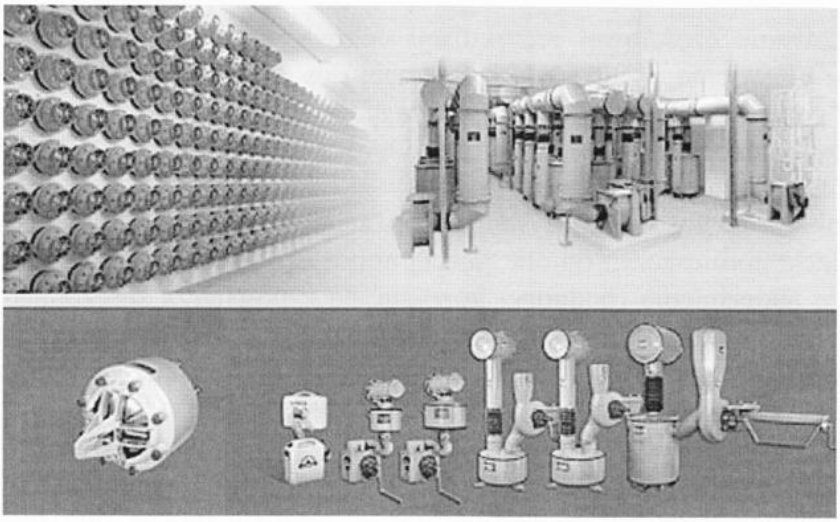
4.4.1. Klasyfikacja urządzeń filtrowentylacyjnych

W zależności od przeznaczenia wyróżnia się następujące typy urządzeń filtrowentylacyjnych:

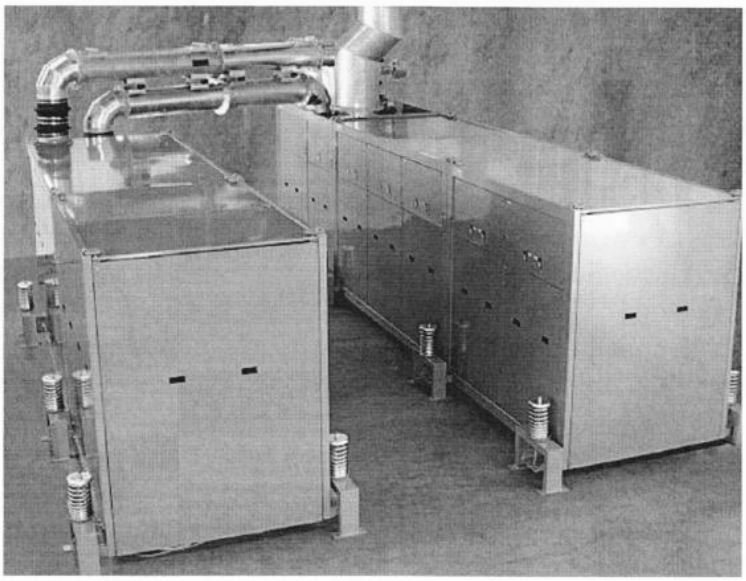
a) urządzenia filtrowentylacyjne do stacjonarnych obiektów ochrony zbiorowej:
   - obiektów obronnych i umocnionych oraz schronów o przeznaczeniu wojskowym,
   - schronów i ukryć dla ludności cywilnej,

b) urządzenia filtrowentylacyjne do polowych obiektów ochrony zbiorowej:
   - obiektów specjalnych (schronów) o przeznaczeniu wojskowym;
   - schronów i ukryć dla ludności cywilnej,
   - uszczelnionych obiektów ruchomych:
   - wozów bojowych,
   - uszczelnionych pojazdów specjalnych,
   - okrętów,

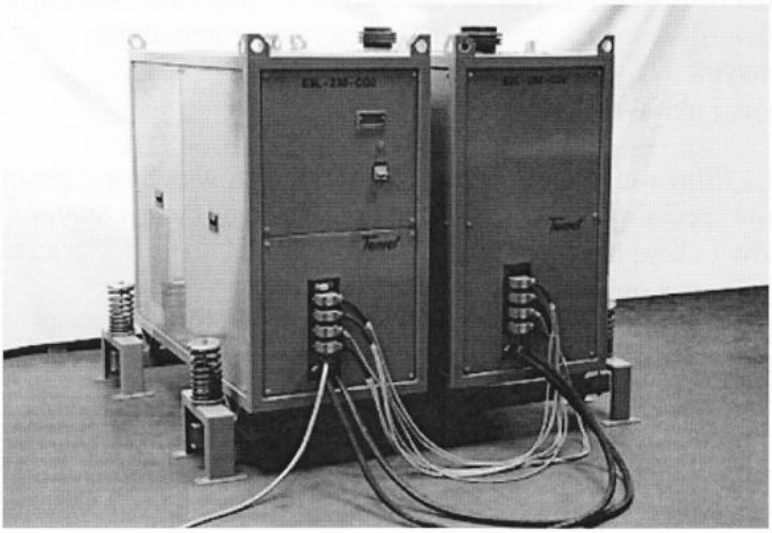
c) kolektorowe urządzenia filtrowentylacyjne do nie uszczelnionych obiektów ruchomych (wozów bojowych i pojazdów specjalnych nie uszczelnionych).



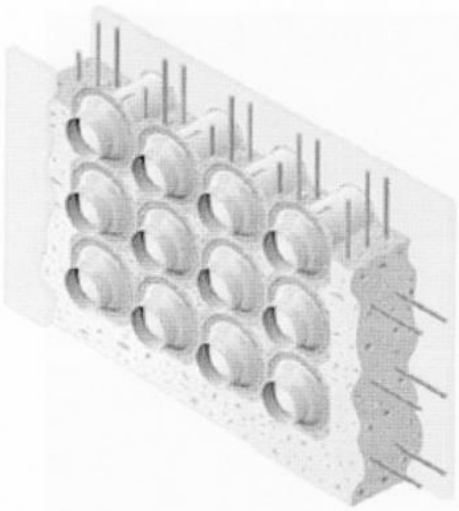
Rys. 8. UFW w schronach stałych z nadcisnieniem wewnątrz



Rys. 9. Kompaktowe urządzenie filtrowentylacyjne

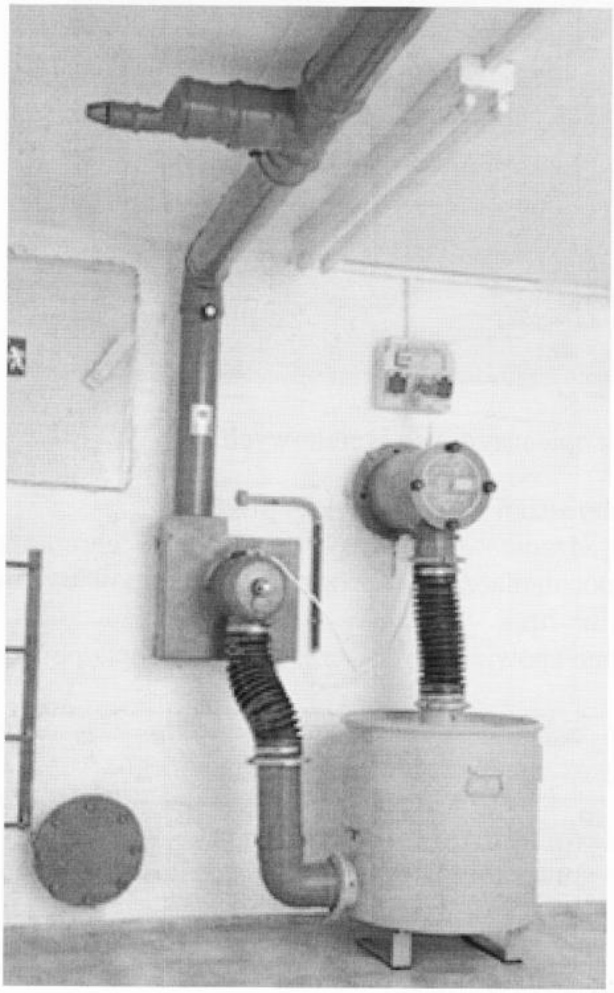


Rys. 10. Kompaktowe urządzenie usuwania CO_2

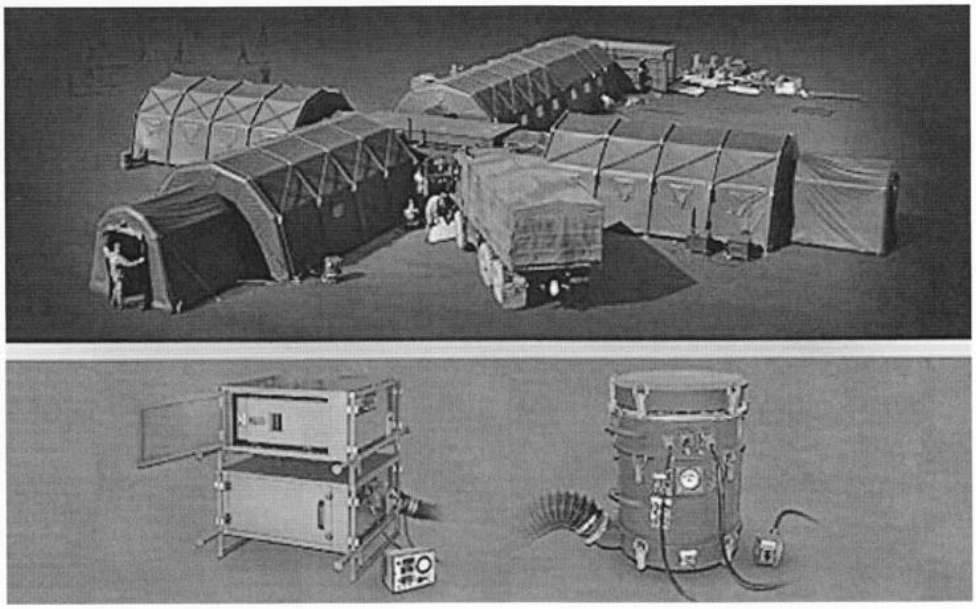


Rys. 11. Bateria zaworów przeciwwybuchowych – czerpnie i wyrzutnie powietrza

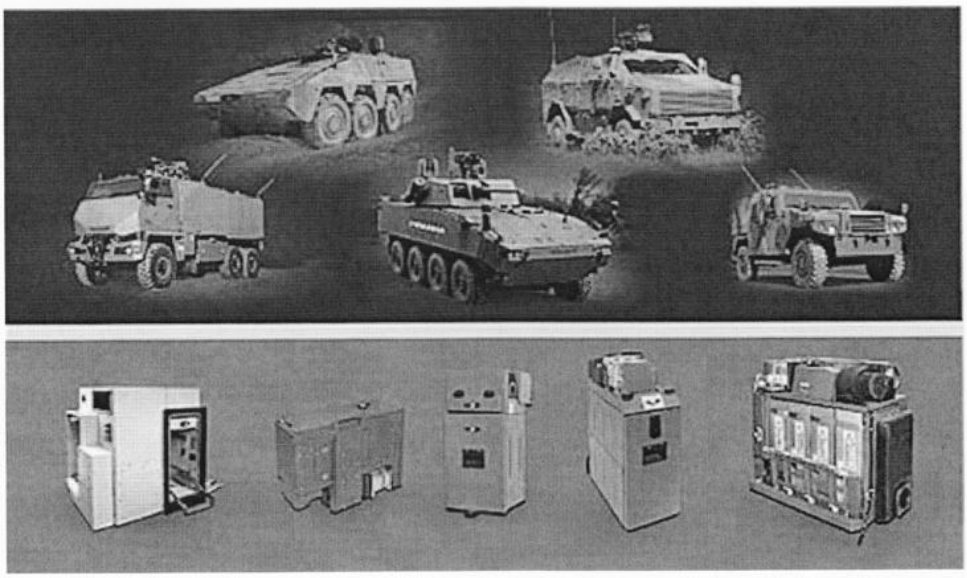
Rys. 12. Filtr abc w schronie rodzinnym - ścienny



Rys. 13. Filtr abc w schronie rodzinnym - stojący



Rys. 14. W namiotach polowych – schrony lekkie



Rys. 15. W pojazdach opancerzonych i terenowych

4.4.2. Reżimy pracy urządzeń filtrowentylacyjnych

a) *„wentylacja czysta"* – doprowadzanie powietrza do części chronionej z pominięciem pochłaniaczy (filtropochłaniaczy), ale z oczyszczaniem powietrza w układzie wstępnym (cyklon, przedfiltry itp.),
b) *„filtrowentylacja"* – doprowadzanie powietrza do części chronionej poprzez wszystkie stopnie oczyszczania,
c) *„regeneracja"* – oczyszczanie w układzie zamkniętym powietrza zasysanego z części chronionej przez układ oczyszczający urządzenia wentylacyjnego.

4.4.3. Dobór urządzenia filtrowentylacyjnego

Urządzenie filtrowentylacyjne powinno zabezpieczyć następujące ilości czystego powietrza:

- ilość powietrza na osobę pracującą – 17 - 20 m^3/h;
- ilość powietrza na osobę wypoczywającą – 8,5 m^3/h;

- powietrze wewnątrz obiektu powinno być zabezpieczone przed narastaniem stężenia CO_2 powyżej 0,5 % obj.
- minimalne nadciśnienie w obiekcie ochrony zbiorowej -100 Pa.

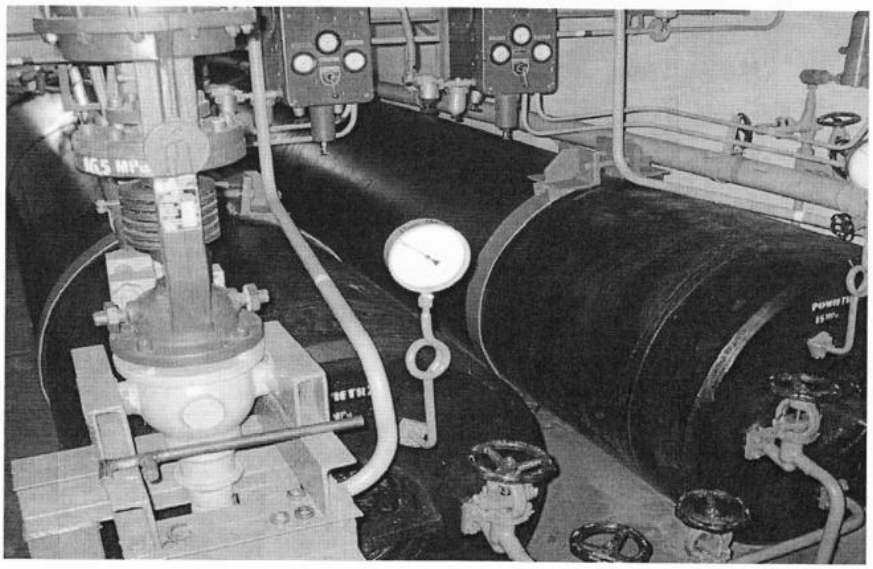
W rozwiązaniach praktycznych układy filtrowentylacji pracują w systemie nawiewowym (nadciśnieniowym) z trzystopniowym układem oczyszczania powietrza:

1. ***I stopień*** – filtr zgrubnego odpylania lub układ cyklonów do zatrzymywania pyłów i aerozoli o wielkości cząstek powyżej 5 μm;
2. ***II stopie***ń – przedfiltr do zatrzymywania aerozoli stałych i ciekłych o wielkości cząstek powyżej 0,3 μm;
3. ***III stopień*** – filtropochłaniacz do zatrzymywania aerozoli stałych i ciekłych o wielkości cząstek poniżej 0,3 □m, par wysokotoksycznych substancji chemicznych oraz substancji biologicznych.

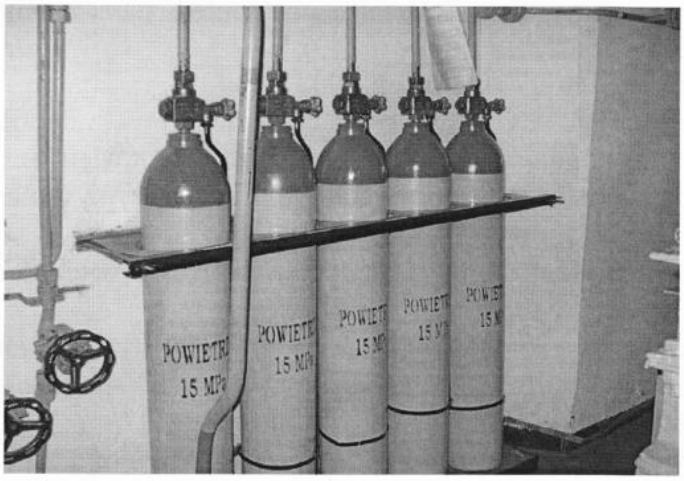
Stacjonarny obiekt ochrony zbiorowej typu dowódczego – konstrukcja z lat 70-tych XX wieku

Rys. 16. Kolumny filtropochłaniaczy FP-300

Obiekt może pracować w okresie izolacji, co zapewniają mu rezerwuary lub butle ze sprężonym powietrzem:

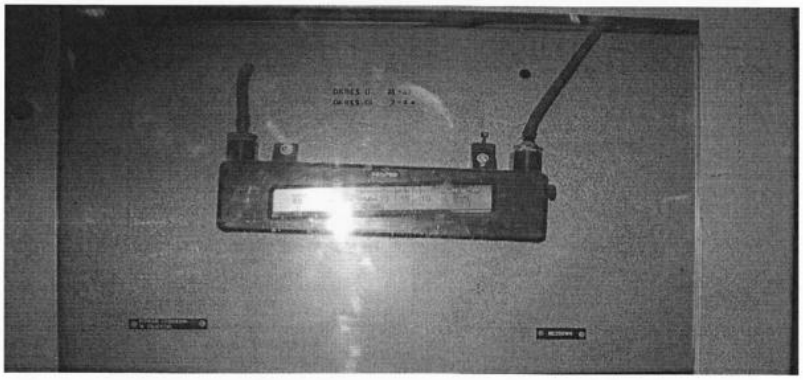


Rys. 17. Zbiorniki ze sprężonym powietrzem oraz wysokowydajne sprężarki

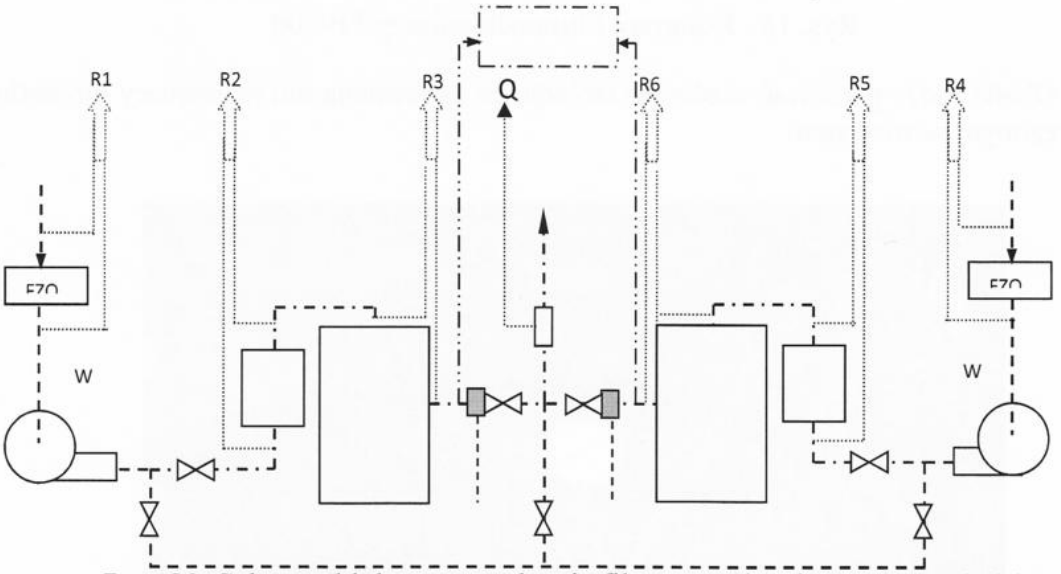


Rys. 18. Butle ze sprężonym powietrzem

Cały system sterowany jest ręcznie, bez wskaźników przepływu i kontroli elementów oczyszczających.



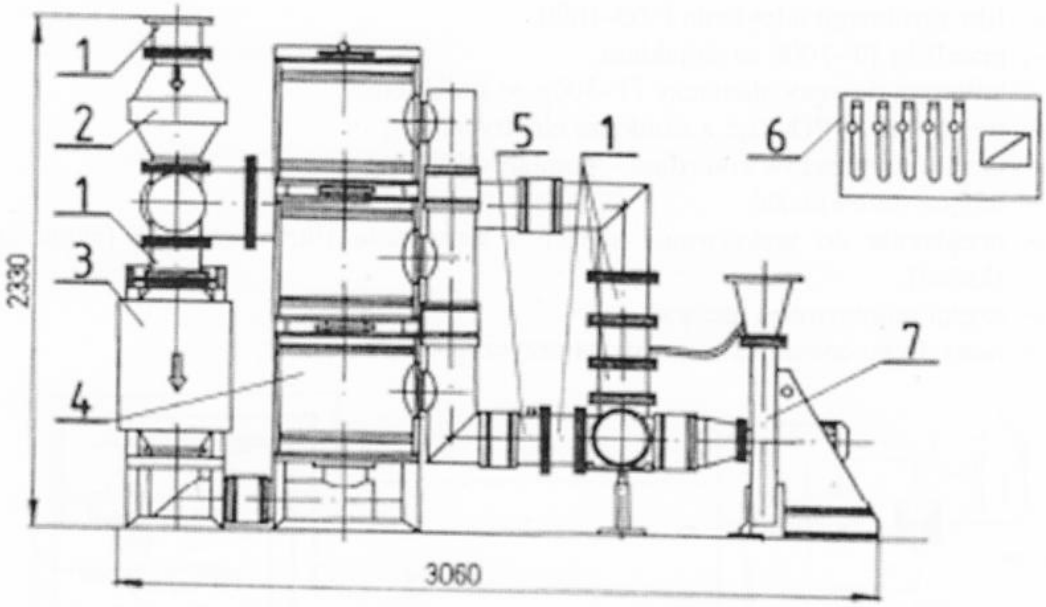
Rys. 19. Zdwojone urządzenie filtrowentylacyjne UFW-900C dla systemu ochrony zbiorowej typu lekkiego „OZYRYS" – konstrukcja 2001 r.:



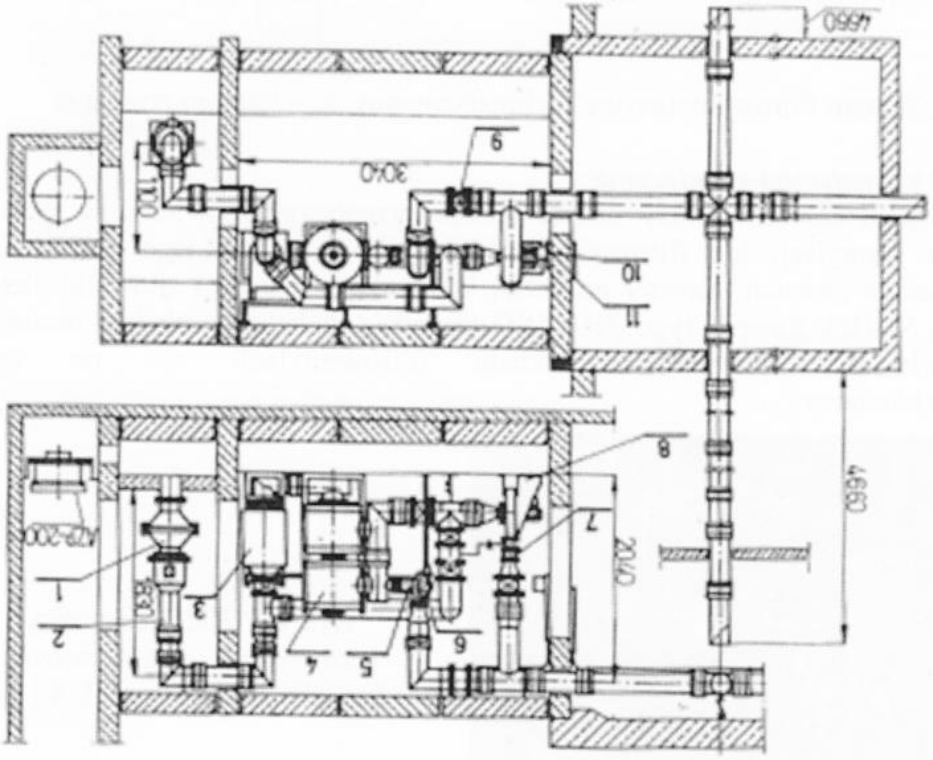
Rys. 20. Schemat blokowy urządzenia filtrowentylacyjnego UFW-900C
1,2,3,4,5,6,7 – zawory ZHR; W1,W2 – wentylatory; O1,O2 – odpowietrzenie; R1,R2,R3,R4, R5,R6 – wskaźniki oporów przepływu; Q – wskaźnik przepływu

- - - - - - - - wentylacja czysta;
- · - · - · - · filtrowentylacja;
— · · — · · — · pobór próbek powietrza przez sygnalizator skażeń

URZĄDZENIE FILTROWENTYLACYJNE
UFW — 900

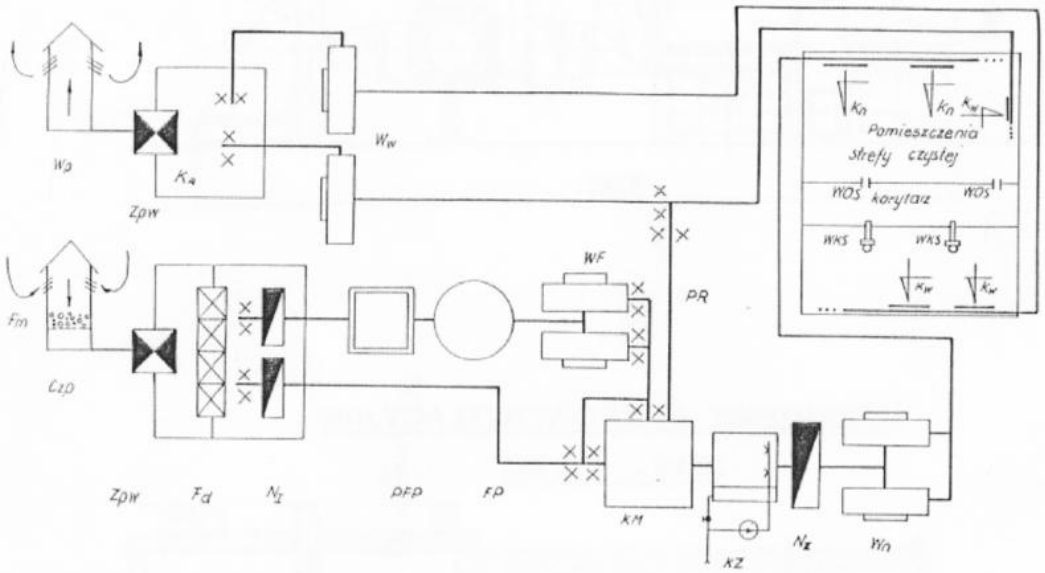


URZĄDZENIE FILTROWENTYLACYJNE
UFW — 600 SM



W skład zestawu wchodzą dwa urządzenia filtrowentylacyjne typu UWF-900 mogące pracować przemiennie każde o wydajności 900 m^3/h.
W skład zestawu wchodzą następujące zasadnicze elementy składowe:

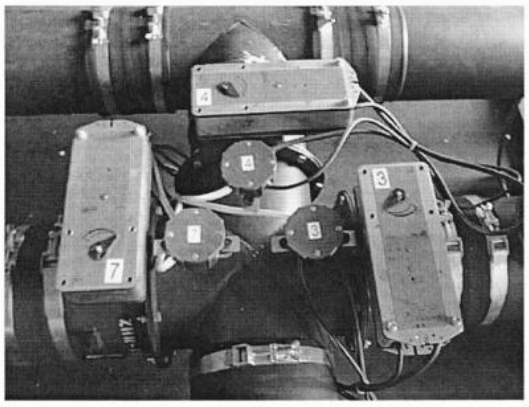
- zawory hermetyczno – regulacyjne ZHR-1S i ZHR-1SO;
- filtr zgrubnego odpylania FZO-1000;
- przedfiltr PF-1000 ze stojakiem;
- kolumna filtropochłaniaczy FP-300p ze stojakiem;
- wentylator WPO-12,5 z silnikiem elektrycznym;
- tablica przyrządów kontrolno – pomiarowych;
- tablica sterownicza;
- urządzenie do wykrywania skażeń i sterowania filtrowentylacją (sygnalizator skażeń);
- części montażowe i łączące;
- rama do mocowania zestawów na przyczepie.



Rys. 21. System filtrowentylacyjno – klimatyzacyjny, k_z – komora zraszania

Zawory hermetyczno-regulacyjne

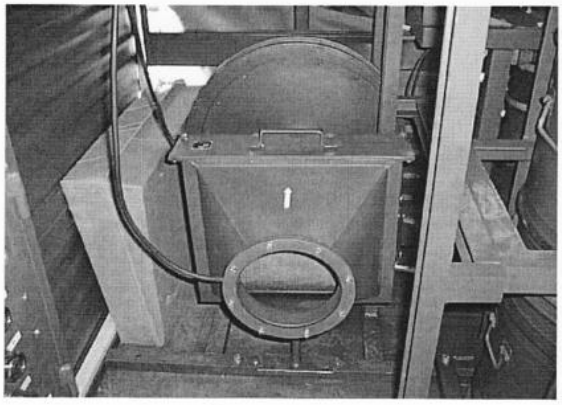
Układ zaworów służy do sterowania przepływem powietrza w przewodach w czasie wentylacji lub filtrowentylacji oraz do gazoszczelnego odcięcia wlotu powietrza do zestawu. Zawory posiadają konstrukcję stalową i siłowniki elektryczne (230 V, 50 Hz). Zawory typu ZHR-1SO posiadają dodatkowo obejmę uszczelniającą umożliwiającą odpowietrzenie układu filtrowentylacji np. po wymianie filtropochłaniaczy.



Rys. 22. Widok zaworów hermetyczno – regulacyjnych (na zdjęciu zawory nr 3, 4 i 7)

Filtr zgrubnego odpylania

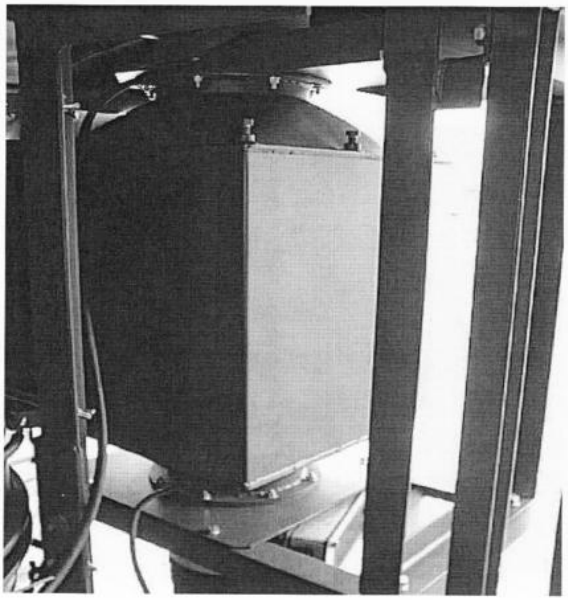
Służy do odpylania powietrza z aerozoli i pyłów grubodyspersyjnych (powyżej 5 μm). Jak element do oczyszczania powietrza służy filtracyjny wkład siatkowy FWS-1/2000. Obudowa filtra wykonana jest z blachy stalowej z pokrywą umożliwiającą wymianę wkładu siatkowego.



Rys. 23. Filtr zgrubnego odpylania

Przedfiltr PF-1000

Służy do oczyszczania powietrza z aerozoli i pyłów drobnodyspersyjnych (powyżej 0,3 μm). Przedfiltr jest elementem ochronnym układu filtropochłaniaczy przed zbyt szybkim zapyleniem. Jako element do oczyszczania powietrza służy wkład filtracyjny – kartonowy (bezazbestowy). Obudowa wykonana jest z blachy stalowej, otwieranej dla umożliwienia wymiany wkładów filtracyjnych.□

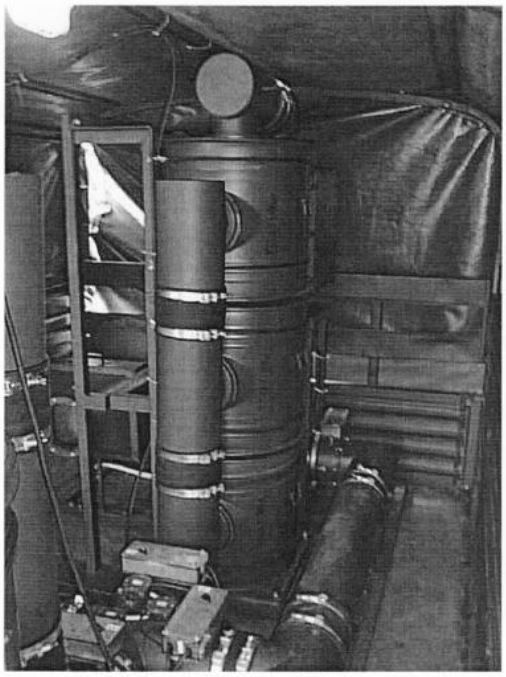


Rys.24. Przedfiltr PF-1000

Kolumna filtropochłaniaczy FP-300P

Służy do oczyszczania powietrza z aerozoli i par środków chemicznych i biologicznych oraz dymów. Filtropochłaniacz składa się z trzech zasadniczych elementów:

- filtra kartonowego do zatrzymywania aerozoli – klasa H14;
- warstwy sorbentu węglowego do oczyszczania powietrza z par substancji chemicznych;
- nierozbieralnej obudowy metalowej.



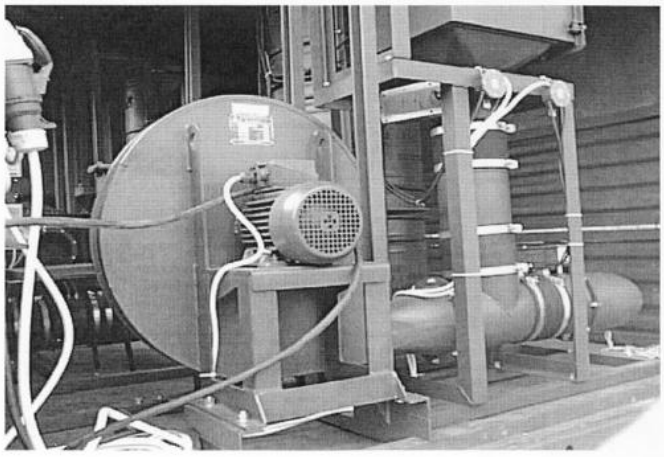
Rys. 25. Kolumna filtropochłaniaczy FP-300P

Wentylator WPO-12,5

Wentylator WPO-12,5 przeznaczony jest do zasilania w powietrze układu filtrowentylacji i posiada następujące parametry:

- zakres wydajności V = 470 ÷ 1170 m^3/h;
- zakres spiętrzania H = 4500 ÷ 3600 Pa;
- napęd bezpośredni silnikiem elektrycznym: Se-90L lub Sf-90L-2 (U = 3x220/380V, 50 Hz; N = 2,2 kW; n = 2900 obr/min);

Każdy wentylator zasilany jest przez falownik, który umożliwia płynną regulację jego obrotów.



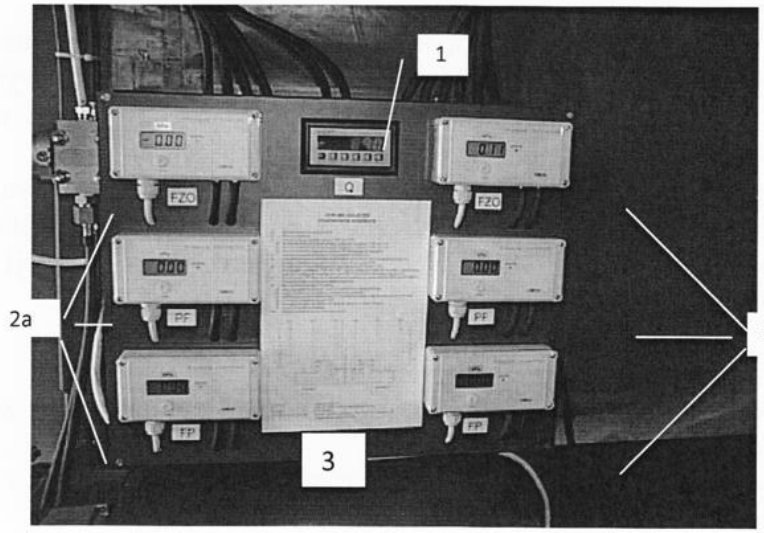
Rys. 26. Widok wentylatora WPO-12,5 z elementami montażowymi i łączącymi

Przyrządy kontrolno-pomiarowe

W skład przyrządów kontrolno -pomiarowych wchodzą:

* przepływomierz,
* tablica kontrolno- pomiarowa z manometrami i wskaźnikiem przepływu

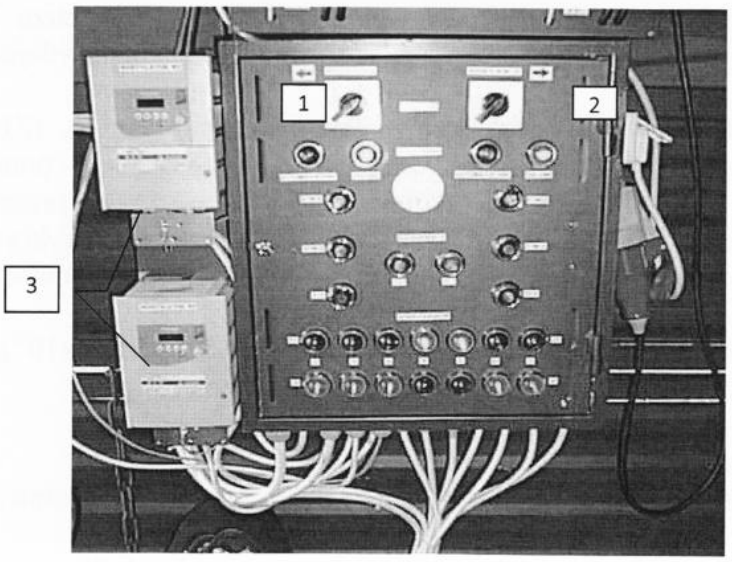
Przepływomierz powietrza łącznie ze wskaźnikiem przepływu jest przeznaczony do ciągłego pomiaru ilości powietrza przepływającego przez urządzenie. Dokładność pomiaru : ±10%. Konstrukcja przepływomierza stalowa, typ zwężkowy, zwężka na stałe połączona z obudową. Zainstalowane na tablicy manometry wskazują wielkość oporów zespołów oczyszczających powietrze.



Rys. 27. Tablica przyrządów kontrolno – pomiarowych
1-przepływomierz; 2a-manometry różnicowe zestawu I; 2a-manometry różnicowe zestawu II; 3-instrukcja obsługi

Panel sterujący

Jest to metalowa szafka *z* otwieraną płytą czołową, na której umieszczone są wszystkie przyciski do sterowania i lampki kontrolne, a wewnątrz zamocowana jest płyta z przekaźnikami. Na lewym boku zamontowane są falowniki do sterowania obrotami wentylatorów, a na prawym gniazdo do zasilania lampy oświetleniowej. Rozmieszczenie elementów płyty czołowej przedstawia poniższy schemat.



Rys. 28. Tablica sterownicza
1-elementy sterowania zestawem I; 2-elementy sterowania zestawem II; 3-falowniki

4.4.4. Wymiana lub regeneracja elementów oczyszczających

Filtr zgrubnego odpylania - wkład siatkowy FWS-1/2000 należy regenerować, jeżeli jego opory przepływu, określone na manometrze różnicowym wzrosną ponad 200 Pa. Wkład siatkowy może być regenerowany przez wypłukanie go w gorącej wodzie z dodatkiem środków powierzchniowo czynnych, wysuszenie i natłuszczenie olejem wazelinowym. Sprawdzić opory.

Przedfiltr PF-1000 - przy wzroście oporów przepływu, określanych na manometrze różnicowym tablicy kontrolno - pomiarowej, ponad 250 Pa należy wymienić wkład filtracyjny. W tym celu należy odkręcić pokrywę, wyjąć zużyty filtr, włożyć nowy, zakręcić pokrywę i sprawdzić opory przepływu.
Kolumna filtropochłaniaczy FP-300P - przy wzroście oporów przepływu, określanych na manometrze różnicowym tablicy kontrolno - pomiarowej, ponad 1000 Pa należy wymienić filtropochłaniacze FP-300P, a także po stwierdzeniu substancji skażającej za układem filtropochłaniaczy.

Opis sterowania urządzeniem filtrowentylacyjnym

Sterowanie urządzeniem filtrowentylacyjnym może odbywać się sposobem ręcznym lub automatycznym.

Opis kontroli pracy urządzeniem filtrowentylacyjnym

Do kontroli pracy UFW przeznaczone są przyrządy kontrolno – pomiarowe umieszczone na tablicy.

Do kontroli pracy zestawu filtrowentylacyjnego służą manometry:

- cyfrowy manometr różnicowy FS – kontrola oporów przepływu za filtrem siatkowym – maksymalna wartość oporów przepływu nie powinna przekraczać 160 Pa;
- cyfrowy manometr różnicowy PF - kontrola oporów przepływu za przedfiltrem – maksymalna wartość oporów przepływu nie powinna przekraczać 200 Pa;
- cyfrowy manometr różnicowy FP - kontrola oporów przepływu za kolumną filtracyjną – maksymalna wartość oporów przepływu nie powinna przekraczać 1000 Pa.
- cyfrowy przepływomierz – maksymalny przepływ powietrza przez układ filtrowentylacji nie powinien być większy niż nominalna wydajność kolumny FP-300P.

Do kontroli pracy zaworów hermetyczno – regulacyjnych (ZHR) zestawu filtrowentylacyjnego służą lampki znajdujące się na tablicy sterująco – pomiarowej.

Do kontroli warstwy sorpcyjnej kolumny filtropochłaniaczy przeznaczony jest automatyczny sygnalizator skażeń „ALERT-2M". Druga nitka toru wykrywania skażeń chemicznych włączona jest bezpośrednio za kolumną filtropochłaniaczy. Przyrząd posiada automatycznie ustawione progi wykrywalności:

- par fosforoorganicznych BST, których stężenie przekracza $5x10^{-5}g/m^3$;
- par iperytu i luizytu, których stężenie przekracza $5x10^{-3}g/m^3$;
- chloru w stężeniu przekraczającym $1,5x10^{-3}$ g/m^3;
- amoniaku w stężeniu przekraczającym $20x10^{-3}$ g/m^3.

Przekroczenie tych progów powoduje sygnalizację za pomocą diod umieszczonych na pulpicie:

- dolna dioda czerwona – **przekroczenie progu detekcji;**
- górna dioda czerwona - **stężenie niebezpieczne (możliwość przebicia układu filtrowentylacji);**
- dioda żółta – sygnalizacja włączenia urządzenia filtrowentylacyjnego.

Dioda czerwona dolna - przekroczenie progu detekcji, alarm o wykryciu skażenia.
Dioda czerwona górna - wystąpiło bardzo wysokie stężenie dla BST lub TSP (ok. 100 krotnie przekraczające próg detekcji). Zapalone są wtedy obie diody.
oraz włączenie sygnału akustycznego i wyświetlenie informacji **„PRZEB.FW"** na wyświetlaczu LCD (informacja wyświetlana jest również na pulpicie wynośnym gazosygnalizatora).

4.5. Wnioski

1. Z uwagi na fakt, że pomimo podpisanych konwencji i umów międzynarodowych zagrożenie użyciem broni masowego rażenia nie zmniejszyło się, a wraz rozwojem przemysłu wzrasta, zagrożenie od toksycznych środków przemysłowych - równolegle rozwojowi powinien ulegać system ochrony zbiorowej przed skażeniami.
2. System ochrony zbiorowej powinny ulec przebudowie, tak aby spełniał współczesne wymagania taktyczno - techniczne. Przebudowa powinna dotyczyć sfery:
   - sprzętowej, a w szczególności:
     a) filtropochłaniacze tak, aby zapewniały ochronę przed substancjami chemicznymi, biologicznymi oraz promieniotwórczymi ($d_{cząstek} \leq 0{,}1$ □m) oraz z osprzętem umożliwiającym kontrolę przebicia warstwy sorpcyjnej;
     b) urządzenia filtrowentylacyjne z panelami kontrolno – sterującymi;
     c) systemy rozpoznania skażeń zintegrowane z urządzeniami filtrowentylacyjnymi poprzez sterownik umożliwiający sterowanie reżimami pracy urządzenia;
   - organizacyjnej i eksploatacyjnej, a w szczególności:
     a) prowadzenia ewidencji pracy filtropochłaniaczy;
     b) prowadzenia ewidencji kontroli wydatków urządzeń, stanu hermetyzacji obiektów (nadciśnienie)
     c) wymiany filtropochłaniaczy po okresie gwarancyjnym.
1. Dokonać przeglądu stałych obiektów obronnych pod kątem ich przydatności. Obiekty przewidziane do eksploatacji poddać modernizacji pod kątem wyposażenia ich w nowoczesne systemy filtrowentylacji zintegrowanymi z systemami rozpoznania i ostrzegania przed skażeniami.

Literatura

[1] Harmata W. i współautorzy: Ekspertyza naukowo – techniczna w zakresie wymagania długoterminowego – EG 4405. Udoskonalone środki ochrony przed bronią masowego rażenia (NBC). Sygn. WIChiR – ONIW – 837/2002

[2] 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

[3] Harmata W., Ochrony przed skażeniami, cz. II, Podstawy teoretyczne i rozwiązania praktyczne w dziedzinie zbiorowych środków ochrony przed skażeniami. WAT, Warszawa 2012 r.

[4] Harmata W., Szmigielski R., Ceremuga W., Różycki Cz., System ochrony zbiorowej załogi przed skażeniami bronią masowego rażenia na jednostkę projektu 621, Warszawa, WIChiR – ONIW – 8(1273)2008

[5] Mortka S., Środki ochrony zbiorowej przed bronią masowego rażenia, cz. I, WAT, Warszawa 1978

[6] ATP-3.8.1 vol. 2- Specialist NBC Defence capabilities, wprowadzona stanagiem 2522 (Edycja 1), maj 2005.

[7] Chem. 396/2004 Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych (DD/3.8). MON SGWP.

[8] FM 3-11.4 - Multiservice tactics, techniques and procedures for nuclear, biological and chemical (NBC) protection, wyd. 2003

[9] Stanag 2515 (Study) - ATP-70 - Collective protection in a nuclear, chemical and biological environment, luty 2005

[10] www.csa.com

[11] http://upieks.files.wordpress.com/2007/04/bhopal-diagram_semcosh.gif
[12] http://fakty.interia.pl/galerie/fakty/25-lat-po-katastrofie-w-bhopalu/zdjecie
[13] http://www.ptitrain.com/
[14] http://katastrofakatastrofa.republika.pl/temat_09_17_soveso.html
[15] http://chemios.pl/articles.php?id=9
[16] http://zerotabu.pl/katastrofa-atomowa-w-czarnobylu
[17] http://www.sejm.gov.pl/prawo/prawo.html

5. SYSTEMY ZAOPATRZENIA SCHRONÓW I UKRYĆ

5.1. Miejsca gromadzenia odpadów stałych

1. Schrony powinny być wyposażone w pojemniki na odpady stałe umożliwiające ich gromadzenie w ilości odpowiadającej 1 dm^3/ osobę i dobę.
2. Odpady powinny być segregowane wg następujących grup:
   a) papier,
   b) folia, plastyk,
   c) metal,
   d) kartony foliowane,
   e) odpady żywności.
3. W schronach pojemniki na odpady powinny być wyłożone workami foliowymi. W Węźle Zabiegów Specjalnych pojemniki należy wykładać podwójnie.
4. Urządzenie do zgniatania odpadów według grup segregacji należy lokalizować w pobliżu wejścia lub w komorze filtrowentylacyjnej.

5.2. Przyłącza do sieci zewnętrznych

1. Schrony bez warunków przyłączenia do zewnętrznych urządzeń infrastruktury technicznej powinny posiadać indywidualne ujęcie wody, urządzenia do biologicznego oczyszczania ścieków (jeśli ilość ścieków przekracza 4,5 m^3/dobę) lub zbiornik do czasowego gromadzenia nieczystości ciekłych, jeżeli ich ilość jest mniejsza niż 4,5 m^3/dobę. Niezbędne jest przy tym uzgodnienie dokonane we właściwym inspektoracie obrony cywilnej czy organie administracji terenowej.
2. Schrony powinny mieć możliwość przyłączenia do zewnętrznej sieci wodociągowej, kanalizacyjnej, elektroenergetycznej i telekomunikacyjnej.
3. Wody opadowe powinny być odprowadzone na własny teren.
4. Dokonywanie zmiany naturalnego spływu wód opadowych w celu kierowania go na teren sąsiedniej nieruchomości bez zgody jej właściciela lub zarządcy, jest zabronione.
5. Usytuowanie na działce z ukryciem ujęć wody, urządzeń do gromadzenia i oczyszczania ścieków oraz odpadków stałych powinno być zgodne z wymaganiami i przepisami ochrony gruntu, wody i powietrza.

5.2.1. Studnie

1. Odległość studni głębinowej dostarczającej wodę dla ukrycia, mierzona od osi studni, powinna wynosić co najmniej:
   - do granicy działki - 25 m,
   - do rowu przydrożnego - 25 m,
   - do studni sąsiedniej - 100 m,
   - do urządzeń biologicznego oczyszczania ścieków - 100 m,
   - do ukrycia - 50 m.
2. Studnia głębinowa przy powierzchni gruntu powinna mieć obudowę. Złącza elementów obudowy i elementów wodociągowych powinny być uszczelnione.

3. Teren otaczający ujęcie wody powinien być ogrodzony w promieniu 15 m od osi studni głębinowej.

5.2.2. Instalacje ciepłej i zimnej wody

1. Schrony powinny być wyposażone w instalację zimnej wody i lokalne urządzenie do przygotowania c.w.u.
2. Woda dla potrzeb technologicznych powinna być określona wg bilansów cieplnych.
3. Jakość wody powinna odpowiadać wymaganiom i przepisom państwowym.
4. Zaopatrzenie schronu w wodę ustala się następująco:
   a) do celów gospodarczych 15 l/osobę i dobę;
   b) do celów technologicznych wg potrzeb wynikających z projektu technologicznego;
5. Zapas wody dla schronu gromadzi się w zbiornikach zamkniętych przepływowych: na zbiorniki wody zapasowej mogą być wykorzystane typowe zbiorniki hydroforowe (lub inne) poziome lub pionowe, o odpowiedniej pojemności;
6. Układ technologiczny zaopatrzenia schronu w wodę powinien być identyczny jak dla schronu.
7. Instalację ciepłej wody w schronie wykonuje się do następujących punktów poboru:
   a) umywalki - w węźle sanitarnym dla personelu chronionego,1 punkt czerpania ciepłej wody przyjmuje się na każde 200 osób;
   b) w schronach dla załóg zakładów pracy i pozostałej ludności:
      - umywalki - w węźle sanitarnym, przyjmując 1 punkt czerpania ciepłej wody na każde 200 osób chronionych.
8. Instalację ciepłej wody w punkcie zabiegów specjalnych wykonuje się w nawiązaniu do przyjętej technologii prowadzenia zabiegów.
9. Zaopatrzenie w ciepłą wodę przewiduje się z podgrzewaczy przepływowych elektrycznych - w przypadku zasilania wielu punktów poboru i dla indywidualnych punktów poboru.

5.2.3. Kanalizacja specjalna, sanitarna i deszczowa

1. Kanalizację w schronie przewiduje się dla odprowadzenia ścieków z węzła zabiegów specjalnych, ścieków bytowo-gospodarczych, deszczowych i technologicznych wg zasad przytoczonych dla schronów.
2. Przybory sanitarne projektuje się przy uwzględnieniu następujących wymagań:
   a) liczbę przyborów sanitarnych określa się następująco:
      - miska ustępowa - 50 osób,
      - umywalka - 50 osób,
      - pisuar - 50 osób,
      - natrysk - 200 osób,
      - zlewozmywak - 1 na kuchnię.
   b) montaż przyborów wykonuje się zgodnie z normami dla budownictwa powszechnego;
   c) przy doborze przyborów sanitarnych w pierwszej kolejności należy projektować przybory metalowe (stal nierdzewna, żeliwo), a następnie przybory ceramiczne (kamionka, fajans, porcelana itp.);
3. Zewnętrzną sieć kanalizacyjną projektuje się przy uwzględnieniu następujących wymagań:
   a) ścieki odprowadza się z schronu niezależnymi przewodami, a następnie łączy ze ściekami sanitarnymi (kanalizacją):
   b) ścieki z punktu zabiegów sanitarnych - do pierwszej studzienki rewizyjnej poza ukryciem;

c) przewody kanalizacyjne łączące schron ze studzienkami rozprężnymi wykonuje się z rur stalowych łączonych za pomocą spawania lub na kołnierze i zabezpieczonych odpowiednio przed korozją;
d) przekroje, spadki, straty ciśnienia, głębokość ułożenia itp. projektuje się zgodnie z zasadami stosowanymi w budownictwie powszechnym;

4. Zbiorniki i przepompownie ścieków projektuje się przy uwzględnieniu wymagań w zakresie odporności i szczelności, jak dla schronów.

5.2.4. Instalacja elektryczna

Schrony powinny posiadać zasilanie w energię elektryczną (podstawowe i rezerwowe):

a) zasilanie podstawowe stanowią:
- sieć elektryczna o napięciu 380/220 V i częstotliwość 50 Hz,

b) zasilanie rezerwowe stanowią:
- agregaty prądotwórcze,
- baterie akumulatorów.

Zasilanie rezerwowe przy pomocy zespołów prądotwórczych przewiduje się w schronie przewidzianym jako stanowisko kierowania np. OC, PSP.

Szczegółowe zasady wykonywania instalacji elektrycznych w schronach powinny być zgodne z Polskimi Normami i zasadami określonymi każdorazowo dla danego schronu.

5.2.5. Instalacja sygnalizacji skażeń

1. Schrony powinny być wyposażone w urządzenia ostrzegawcze sygnalizacji skażeń chemicznych i radiologicznych.
2. Skażenia chemiczne powinny być sygnalizowane w pomieszczeniach dyspozytorskich.
3. Urządzenia sygnalizacyjne powinny informować o skażeniach substancjami gazowymi, ciekłymi i promieniotwórczymi.
4. Urządzenia, o których mowa w 3. powinny odpowiadać jakości i standardom technicznym właściwym dla danego etapu technologii stosowanej powszechnie.
5. W schronie należy stosować urządzenia do pomiaru:
   a) skażeń chemicznych
   b) skażeń promieniotwórczych
   c) stężeń tlenku i dwutlenku węgla
6. Do celów wykrywania i pomiaru skażeń na potrzeby ukryć powinny być stosowane urządzenia nowoczesne, zautomatyzowane i niezawodne.

5.2.6. Instalacja sterowania i sygnalizacji procedurami wejścia - wyjścia w schronach

Schrony powinny być wyposażone w instalację wejścia – wyjścia, tj. brak możliwości otwierania 2 drzwi jednocześnie.

5.2.7. Instalacja sieci komputerowych dla schronów

Tylko schrony ze stanowiskami kierowania OC mogą być wyposażone w stanowisko komputerowe wg zasad identycznych jak w przypadku schronów.

5.2.8. Instalacje kontrolno-pomiarowe

1. W schronie przewiduje się kontrolę lub wykrywanie:
   a) ilości powietrza podawanego do budowli,
   b) zanieczyszczeń powietrza na zewnątrz schronu skażeniem promieniotwórczym, chemicznym i TŚP;

c) zawartości CO w powietrzu zewnętrznym;
d) zawartości CO_2 w powietrzu wewnętrznym;
e) temperatury i wilgotności powietrza;
f) wielkości oporów przepływu powietrza przez urządzenia filtrowentylacyjne;

2. Instalacje kontrolno-pomiarowe wykonuje się z rur stalowych bez szwu ∅ 10 mm;
3. Normy przyrządów kontrolno-pomiarowych określa poniższa tabela:

Budowla	Wyszczególnienie przyrządów oraz normy należności				
	Rentgenometr sygnalizacyjny	Rentgenometr przenośny	Przyrząd rozpoznania skażeń chem.	Rurki wsk. do pomiaru stęż. CO i CO_2 w kpl.	Hygrograf włosowy z termometrem
schron	1	-	1	2	2

5.2.9. Instalacje i ochrona przeciwpożarowa

1. Schrony (dostosować do aktualnych przepisów ochrony ppoż.) zalicza się:
   a) ze względu na kategorię niebezpieczeństwa pożarowego - do III klasy niebezpieczeństwa pożarowego;
   b) ze względu na kategorię zagrożenia ludzi:
      - budowle o pojemności do 300 osób - do kategorii ZLIII,
      - budowle o pojemności ponad 300 osób - do kategorii ZLI.
2. Do pomieszczeń zagrożonych wybuchem zalicza się pomieszczenie akumulatorni – (kategoria WIII zagrożenia wybuchem).
3. Wymagania konstrukcyjno-budowlane:
   a) Schron powinien spełniać wymagania przewidziane dla klasy A odporności ogniowej budynków;
   b) obciążenie ogniowe pomieszczeń obliczone wg normy państwowej, nie powinno przekraczać 25 kg drewna na 1 m^2 powierzchni. Pomieszczenia o większym obciążeniu ogniowym wydziela się od pozostałej części ścianami, stropem i drzwiami o odpowiedniej odporności ogniowej;
   c) elementy oddzieleń przeciwpożarowych powinny posiadać następujące klasy odporności ogniowej:
      - ściany i stropy - klasę A - o odporności ogniowej 4 godziny,
      - drzwi - klasę C - o odporności ogniowej 1 godziny;
   d) do wykończenia i wyposażenia ukryć dopuszczalne jest stosowanie materiałów i sprzętu wykonanego z materiałów trudnozapalnych. Nie należy stosować tworzyw sztucznych, z których w czasie pożaru mogą wydzielać się gazy toksyczne.
4. Wymagania w zakresie urządzeń i instalacji sanitarnych:
   a) układ wentylacji schronu powinien być dostosowany do określonych stref pożarowych i zapewniać możliwość wyłączenia wentylacji w tych strefach. Układ wentylacji powinien być także dostosowany do oddymiania poszczególnych stref;
   b) przejścia przewodów instalacyjnych przez ściany i stropy, które stanowią elementy oddzieleń przeciwpożarowych należy wykonywać jako szczelne przy użyciu materiałów niepalnych;
   c) instalacje wodne ppoż. należy wykonywać zgodnie z zasadami stosowanymi w budownictwie powszechnym.
5. Wymagania w zakresie urządzeń i instalacji elektrycznych:
   a) w akumulatorniach wyposażonych w dopalacze wodoru oraz wyposażone w akumulatory bez wydzielania wodoru, instalacja elektryczna może być wykonana jak w pomieszczeniach nie zagrożonych wybuchem;

b) rozwiązania (układ) instalacji elektrycznych w miarę możliwości dostosowuje się do podziału schronu lub ukrycia na strefy pożarowe;
c) na drogach ewakuacyjnych należy instalować światła bezpieczeństwa zasilane z akumulatorni;
d) wszystkie przejścia (przepusty) kabli przez ściany i stropy, które stanowią elementy podziału przeciwpożarowego budowli ochronnej na strefy pożarowe, wykonuje się jako szczelne przy użyciu materiałów niepalnych.

5.2.10. Instalacje łączności

1. Zasady organizacji łączności w schronach. Łączność w schronie powinna być wykonywana w nawiązaniu do potrzeb czasu pokoju oraz potrzeb funkcji ochronnej. Łączność powinna zapewniać możliwość porozumiewania się:
   a) w układzie zewnętrznym niezależnymi przewodami,
      - z terenowym organem OC,
      - pomiędzy ukryciem a zakładem, w tym ze służbami dyżurnymi OC zakładu,
2. Środki łączności schronu. Schron wyposaża się w środki łączności:
   a) telefonicznej - w układzie zewnętrznym, na łączach i urządzeniach sieci miejskiej - użytku publicznego lub na łączach i urządzeniach zakładu, połączonych z siecią miejską,
   b) rozgłaszania przewodowego,
   c) łączności telefonicznej wewnątrz zakładowej,
   d) sterowania systemem alarmowym zakładu,
   e) radiowej - za pomocą odbiorników radiowych przystosowanych do odbioru programu UKF, CB, itp.

5.2.11.Szczelność schronów

1. Schrony powinny cechować się taką szczelnością, aby eksfiltracja powietrza przez szczeliny i przegrody nie przekraczała 10 dm^3/m^2h.
2. W celu utrzymania nadciśnienia wewnątrz schronu należy zapewnić nadwyżkę powietrza nawiewanego nad wywiewanym wynoszącą 15 %.
3. Poszczególne strefy schronu (czysta, umownie czysta, umownie brudna, brudna) powinny być wydzielone płaszczyznami hermetyzacji.
4. Zapewnienie szczelności należy realizować poprzez stosowanie materiałów takich jak: beton, żelbet, drewno, aluminium, o wysokiej jakości oraz w specjalnym wykonaniu.
5. Obliczenia ilości powietrza eksfiltrującego należy wykonywać zgodnie z zasadami stosowanymi w fizyce budowli.

5.2.12. Ochrona przed wilgocią i Toksycznymi Środkami Przemysłowymi

1. Schron powinien być zaprojektowany i wykonany w taki sposób aby opady atmosferyczne, woda w gruncie, woda w nim użytkowana oraz para wodna w powietrzu ukrycia nie powodowały zagrożenia zdrowia i higieny użytkowania.
2. Schron powinien być lokalizowany w taki sposób aby możliwe do wydostania się na zewnątrz TŚP nie mogły wpływać bezpośrednio ciągami komunikacyjnymi lub przewodami instalacji sanitarnych do jego wnętrza.
3. Schrony powinny być odporne na ciekłe i gazowe substancje toksyczne. Odporność ta jest osiągana poprzez wykonanie obsypki gruntem i wykonanie izolacji przeciwwilgociowej wraz z dotrzymaniem szczelności schronu.
4. Schrony lokalizowane w gruncie, w którym poziom wód gruntowych może powodować przenikanie wody do pomieszczeń, powinny mieć izolację przeciwwilgociową typu ciężkiego.

5. Schrony lokalizowane w gruncie wilgotnym powinny posiadać izolację przeciwwilgociową typu lekkiego.
6. Dojazdy, dojścia i wejścia do schronów powinny być zabezpieczone przed przenikaniem wody opadowej i z topniejącego śniegu.
7. Temperatura wewnętrznych powierzchni przegród powinna być wyższa co najmniej o 1 °C od punktu rosy, obliczonego zgodnie z Polskimi Normami.
8. Odpowiednie elementy oraz materiały konstrukcyjne przegród budowlanych, warunki cieplno-wilgotnościowe oraz system wentylacyjny i filtrowentylacyjny powinny eliminować możliwość zawilgocenia i zagrzybienia.
9. Do wykonywania schronów należy stosować materiały, wyroby i elementy budowlane odporne na zagrzybienie i inne formy biodegradacji.

5.2.13. Ochrona przed hałasem i drganiami

1. Schron powinien zapewniać ludziom przebywającym wewnątrz oraz w jego sąsiedztwie właściwe warunki bytowe, związane z dopuszczalnym poziomem hałasu nie zagrażającym ich zdrowiu.
2. Pomieszczenia w których wytwarzany jest hałas lub drgania przekraczające poziom dopuszczalny (agregatornie, wentylatornie) należy kształtować i zabezpieczać w taki sposób, aby poziom tych czynników w pomieszczeniach sąsiednich nie przekraczał wartości dopuszczalnych, określonych w Polskich Normach.
3. Urządzenia i instalacje będące wyposażeniem technicznym nie mogą powodować powstawania nadmiernych hałasów i drgań utrudniających lub uniemożliwiających pobyt ludzi.
4. Posadowienie, mocowanie i połączenia urządzeń i instalacji powinny zapobiegać powstawaniu i rozchodzeniu się hałasów i drgań do pomieszczeń i do otoczenia.

6. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA MIKROKLIMAT I JAKOŚĆ POWIETRZA W SCHRONACH

Streszczenie

Rozdział dotyczy ilości i jakości powietrza dostarczanego ludziom przebywającym w schronach w różnych okresach ich wykorzystywania związanych z zagrożeniami zewnętrznymi. Na podstawie własnych badań oraz zmiany potencjalnych zagrożeń zewnętrznych zaproponowano kierunki modernizacji istniejących budowli chroniących ludzi przed zagrożeniami związanymi z jakością powietrza zewnętrznego.

6.1. Wprowadzenie

Budowle ochronne lub ukrycia przygotowuje się w czasie pokoju, przede wszystkim w podpiwniczeniach budynków, a także poprzez odpowiednie dostosowanie do pełnienia funkcji ochronnej: obiektów podziemnych, pomieszczeń komunikacyjnych, handlowych, usługowych, magazynowych itd.

Problematyka rozwoju budownictwa schronowego nabrała nowego wymiaru po 1989 roku tj. od czasu wystąpienia nowej sytuacji politycznej i wojskowej. Zniknęło bezpośrednie źródło konfliktu wynikające z różnicy ustrojowej państw europejskich i pozaeuropejskich. Pojawił się natomiast odmienny zestaw spraw, które mogą stanowić zagrożenie bezpieczeństwa życia ludzi danego kraju. Odnosi się to szczególnie do możliwości wystąpienia katastrof przemysłowych, klęsk żywiołowych i zagrożenia kryzysami politycznymi na tle religijnym lub kulturowym.

Zagrożenie dla życia ludzi w obecnej sytuacji stanowią więc produkty końcowe katastrof przemysłowych lub energetycznych TSP (toksyczne środki przemysłowe) oraz czynniki rażenia po użyciu broni współcześnie dostępnej. Uwzględnienia wymagają również efekty unowocześnienia techniki zbrojeniowej i różnych gałęzi przemysłu, które mogą w przyszłości być w przypadkach awaryjnych jeszcze bardziej toksyczne niż dotychczas stosowane technologie, a ponadto mogą mieć zasięg kontynentalny lub światowy np. awaria elektrowni atomowych. Zatem kierunki rozwoju budownictwa schronowego muszą być przeciwwagą dla zagrożeń i swoim wyposażeniem oraz odpornością zapewniać warunki bytowania i pracy dla ludzi w sytuacji powstania awarii lub zagrożenia (kryzysu politycznego lub religijnego). Budowle schronowe powinny mieć następujące cechy:

- powszechna dostępność,
- szybki system monitoringu zagrożeń,
- elastyczność w realizacji funkcji w czasie pokoju i zagrożenia,
- uniwersalność w zakresie odporności na możliwe czynniki rażenia,
- możliwość zapewnienia właściwych warunków mikroklimatycznych i bytowych dla ludzi, wartościowej aparatury lub dóbr kultury narodowej.

Ludność wielu krajów europejskich we własnym zakresie zabezpiecza się przed skutkami działania klasycznych i masowych środków rażenia, a także przed katastrofami ekologicznymi (chemicznymi). W Polsce obecnie istnieje szansa poprawy indywidualnego stanu ochrony przed współczesnymi zagrożeniami na wypadek wojny, klęsk ekologicznych lub zamachów terrorystycznych. Wzrasta zainteresowanie osób fizycznych (prywatnych) budową schronów o małej pojemności (5 – 15 osób). Budowle ochronne o niedużej pojemności powinny być funkcjonalnie połączone z częścią mieszkalną budynku oraz być dwufunkcyjne, tj. przydatne do przebywania w nich (np. w okresach weekendowych) oraz zapewniać ochronę ludzi w okresach zagrożenia. Muszą więc one zapewniać ochronę przed określonym oddziaływaniem rażących czynników współczesnych środków bojowych oraz przed wtórnymi skutkami ich użycia, a także skutkami rażenia środowiska substancjami promieniotwórczymi i chemicznymi, w tym toksycznymi środkami przemysłowymi.

Wyposażenie schronów w instalacje i urządzenia techniczne trzeba więc dostosować do ich funkcji zasadniczej (ochronnej), a także uwzględniać warunki ich eksploatacji i wykorzystywania w okresie pokoju. Wskazane więc jest podłączenie części schronowej do instalacji budynku (prąd, woda, centralne ogrzewanie, kanalizacja, telefon itp.) oraz jednocześnie spełnienie wymagań związanych z autonomią schronu, konieczną w przypadku np. zniszczenia budynku. Okres samowystarczalności wiąże się z autonomią budowli ochronnej, oznaczającą konieczność zapewnienia warunków do ciągłego przebywania w nim ludzi bez konieczności korzystania z pomocy z zewnątrz, a przede wszystkim z zaopatrzenia w żywność.

W budowlach ochronnych należy zapewnić warunki do przetrwania przebywających w nich osób niezależnie od sytuacji zewnętrznej. W związku z tym należy zapewnić odpowiedni mikroklimat przez okres nienormowany w warunkach nieskażonej atmosfery zewnętrznej, a w warunkach skażenia atmosfery zewnętrznej zagwarantować warunki bytowania wynikające z higieny utrzymania się przy życiu.

6.2. Ilość i jakość powietrza wewnętrznego w schronach

Odczucie ludzi pod względem cieplno – higienicznym związane jest nie tylko z jakością powietrza, ale również z innymi czynnikami, a mianowicie:

- temperaturą promieniowania między otaczającymi płaszczyznami a ciałem ludzkim,

- poziomem i jakością oświetlenia (powinno się stosować taki rodzaj oświetlenia, który ma rozkład widmowy zbliżony do rozkładu światła naturalnego np. oświetlenie fluorescencyjne),
- zapełnieniem ludźmi 0,5÷0,7 m^2 powierzchni dla osoby w budowlach ochronnych (4÷8m^2 i więcej w budownictwie powszechnym),
- stopniem ubrania ludzi,
- aktywnością ludzi (spoczynek, lekka praca itd.),
- stanem emocjonalnym, wiekiem, płcią,
- wyposażeniem wnętrza w meble i urządzenia,
- nadciśnieniem powietrza.

Parametry mikroklimatu odnoszące się do fizyko – chemiczno – bakteriologicznego składu powietrza wewnętrznego, wielkości termodyna-micznych, zapachu powietrza i jego ciśnienia można regulować i utrzymywać na odpowiednim poziomie za pomocą instalacji wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych. Pozostałe czynniki należy uwzględnić i właściwie dobierać w fazie projektowania, wykonawstwa i eksploatacji budowli ochronnej.

Zapewnienie znośnego mikroklimatu dla organizmu ludzi chroniących się w budowli ochronnej wymaga kompleksowego spojrzenia na:

- parametry zalecane normatywami i określające jego stan,
- czynniki zakłócające jego przeciętny stan,
- sposoby umożliwiające asymilację zakłóceń i zapewniające odpowiedni rozkład pól temperatury, wilgotności względnej, prędkości przepływu powietrza oraz ilości bakterii.

Z punktu widzenia filtrowentylacji nie jest możliwa bezpośrednia i jednoznaczna odpowiedź na pytanie o niezbędną ze względów higienicznych ilość powietrza świeżego. Ilość ta zależy od przyjętego kryterium oceny: najczęściej w oparciu o koncentrację CO_2 lub ze względu na usunięcie zapachów. Ilość ta zależy ponadto od przyjęcia stopnia obniżenia jakości powietrza, a tym samym pogorszenia warunków dobrego samopoczucia użytkowników (wzrostu zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniu). W tym aspekcie jest to więc wielkość względna, ustalana także na podstawie przesłanek ekonomicznych.

W pomieszczeniach zbiorowego przebywania ludzi, zagęszczonych i niedostatecznie wietrzonych występują zakłócenia w odprowadzaniu ciepła od organizmów ludzi związane ze wzrostem temperatury i wilgotności względnej powietrza. Do tego może przyłączyć się zakłócenie związane ze wzrostem zawartości CO_2 w powietrzu, a także ze wzrostem intensywności zapachów.

Stwierdzono, że stężenie CO_2 nie jest dobrym wskaźnikiem normy powietrza zewnętrznego przy ilości tego powietrza powyżej 17 m^3/h.os. Stężenia CO_2 są wtedy zawsze mniejsze od przewidywanych (wobec dużej ilości powietrza).

Podsumowując rozważania przedstawione w referacie i w innych opracowaniach stwierdzić można, że za wymaganą i uzasadnioną ilość powietrza dla ludzi przebywających w budowlach ochronnych uznać należy 8m^3 na godzinę dla jednej osoby. W tabelach 1, 2 i 3 podano minimalne ilości powietrza świeżego, przyjmowane w różnych krajach. Przyjęte do obliczeń parametry powietrza wewnętrznego oraz ilość powietrza na osobę przebywającą w schronie w zasadniczy sposób wpływają na rozwiązania instalacji wentylacji i filtrowentylacji.

Podstawowym zadaniem elementów wyposażenia i urządzeń wentylacyjnych oraz filtrowentylacyjnych jest:

- utrzymanie parametrów mikroklimatu wnętrza budowli ochronnej na odpowiednim poziomie,

- doprowadzanie, oczyszczanie, rozdział powietrza wentylacyjnego oraz odprowadzenie powietrza zużytego,
- wytworzenie nadciśnienia w stosunku do atmosfery zewnętrznej, zabezpieczającego przed przenikaniem środków trujących do wnętrza obiektu,
- zabezpieczenie ludzi znajdujących się w obiekcie schronowym przed skutkami działania fali uderzeniowej wybuchu jądrowego (zawory przeciwwybuchowe, praca układu w warunkach izolacji obiektu od powietrza zewnętrznego.

TABELA 1

Zalecane objętości powietrza zewnętrznego w wentylacji schronów

Wielkość	Niemcy	Francja	Szwecja	Szwajcaria	USA
Wentylacja normalna (m^3/h. osobę)	9	8	6	8	5,07
Wentylacja schronów (m^3/h. osobę)	1,8	2	1,5	3	1,69
Jednostkowa powierzchnia schronu (m^2/osobę)	0,5	-	0,5	-	1,00
Jednostkowa kubatura schronu (m^3/osobę)	-	2	10	2	-

TABELA 2

Wartości mocy cieplnej i strumienie masy pary wodnej wydzielane przez ludzi (do obliczania wentylacji schronów)

Wielkość	Niemcy	Francja	Szwecja	Szwajcaria	USA
Moc cieplna (W/osobę)	92	112	140	98	115
Strumień masy pary wodnej (g/h. osobę)	82	80	120	80	95-130

TABELA 3

Parametry powietrza w pomieszczeniach schronowych

Parametry powietrza	Niemcy	Francja	Szwecja	Szwajcaria	USA
Temperatura (°C)	30	27	28	26	32,5; 35; 37,8
Wilgotność względna (%)	65	82	80	70	32; 50; 34

6.3. Czynniki zakłócające jakość powietrza wewnętrznego

Jednym z ważniejszych czynników charakteryzujących środowisko człowieka w pomieszczeniach, przeznaczonych na stały pobyt ludzi, jest promieniowanie jonizujące. Źródłami promieniowania gamma wewnątrz budynków są *naturalne pierwiastki promieniotwórcze* (zawarte w wyrobach budowlanych, produkowanych z surowców mineralnych i w gruncie na którym posadowiony jest budynek) oraz część *promieniowania kosmicznego* przenikającego przez ściany, dach, stropy i otwory okienne lub drzwiowe. Znajdujący się w powietrzu pomieszczeń budynków radon i jego pochodne pochodzą głównie z gruntu oraz – w znacznie mniejszym stopniu – z wyrobów budowlanych. Oddziaływanie biologiczne radonu (dawka pochodzi od cząstek promieniowania alfa) dotyczy prawie wyłącznie oskrzeli i płuc. O bezpieczeństwie użytkowników, przebywających w określonej przestrzeni powietrza wewnątrz budynku, decyduje także skład chemiczny powietrza oraz jego parametry. Sposób oddziaływania poszczególnych czynników, przy nie zawsze dających zidentyfikować się warunkach ich współzależności, może być w istotny sposób zróżnicowany. Bardzo silnie rozwinięta powierzchnia właściwa płuc stwarza dogodne

warunki dla wchłaniania przez organizm człowieka wszelkich substancji zawartych w powietrzu. Niekorzystny wpływ jego składu chemicznego może wynikać z zakłócenia naturalnych proporcji głównych składników np. z niedoboru tlenu (deficyt tlenowy) oraz obecności substancji chemicznych (nieorganicznych lub organicznych).
Głównymi źródłami promieniowania jonizującego w budynku, które oddziaływają na człowieka przebywającego w pomieszczeniu, są: naturalne izotopy promieniotwórcze K, Ra, Th, znajdujące się w wyrobach budowlanych oraz radon pochodzący w 75% z podłoża, na którym posadowiony jest budynek i w 25% z materiałów, z których wykonana jest obudowa pomieszczenia. Wobec funkcjonującego sytemu eliminacji wyrobów budowlanych, w których występują nadmierne stężenia izotopu radu Ra-226, ewentualna podwyższona zawartość radonu w powietrzu wewnątrz budynku wynika z jego napływu z podłoża, na którym stoi obiekt. Dlatego też zmniejszenie narażenia na promieniowanie alfa, wywołanego zwiększonym stężeniem w powietrzu, można uzyskać tylko przez ograniczenie infiltracji radonu z podłoża do budynku. Na etapie planowania budowy należy preferować zasadę wstępnej oceny danego terenu pod względem emanacji radonu z gruntu, wykonując pomiary stężenia radu w próbkach gruntu pochodzących z warstwy wierzchniej terenu oraz z poziomu przyszłych posadzek pomieszczeń podziemnych obiektu schronowego.
W istniejących budynkach ograniczenie infiltracji radonu z podłoża można uzyskać za pomocą jednego z trzech sposobów lub ich kombinacji:

- zastosowanie specjalnie zaprojektowanego systemu wentylacji, zapewniającego skuteczne usuwanie powietrza skażonego lub zmniejszającego stężenie radonu wewnątrz pomieszczeń,
- redukcja napływu radonu do budynku z podłoża przez zastosowanie bariery mechanicznej w postaci gazoszczelnej izolacji całej części podziemnej budynku oraz uszczelnień wszelkich otworów, kanałów, szczelin, pęknięć itp.,
- obniżenie ciśnienia powietrza w gruncie znajdującym się pod budynkiem i w jego otoczeniu uzyskane przez wprowadzenie przewodu ssącego pod posadzkę lub podwyższenie ciśnienia powietrza w pomieszczeniach wewnętrznych, przylegających do gruntu.

Wybór metod i rozwiązań techniczno – budowlanych, ograniczających poziom radonu w istniejących budynkach lub modernizowanych jest uzależniony od uprzednio stwierdzonego stężenia radonu i oceny stopnia zagrożenia. Stosowanie metod, zwłaszcza ingerujących w podziemną część budynku, wymaga zawsze uciążliwych i kosztownych prac.

Podejmowanie jakichkolwiek działań zabezpieczających przed radonem musi być uzasadnione miarodajnymi wynikami pomiarów stężenia radonu *in situ,* przy czym dotyczy to zarówno badań diagnostycznych terenu pod zabudowę, jak również budynków istniejących. Ze względu na trudności realizacyjne i koszty zalecane jest stopniowanie stosowanych środków ograniczających stężenie radonu wewnątrz budynku, poczynając od najprostszych: na przykład od uszczelnienia otworów i kanałów oraz szczelin na stykach ścian i przegród podziemnych, poprzez wymuszoną wentylację, stosunkowo prostą barierę z podwyższonego ciśnienia w części podziemnej, aż do pełnej bariery mechanicznej (izolacji gazoszczelnej) powierzchni budynku stykających się z gruntem i aktywnej metody obniżenia ciśnienia powietrza w podłożu pod budynkiem.

Parametry powietrza (temperatura i wilgotność) mogą oddziaływać na człowieka w sposób bezpośredni (w warunkach przekroczenia optymalnych granic komfortu cieplnego), wpływając na zakłócenia chwilowej równowagi cieplnej ciała, lub też pośredni powodując możliwość wzrostu stopnia toksyczności obecnych w powietrzu

substancji oraz intensyfikację rozwoju mikroustrojów w warunkach nadmiernego zawilgocenia pomieszczeń.

Zanieczyszczenia środowiska wewnętrznego pochodzą z wielu źródeł. Są wśród nich czynniki występujące naturalnie (np. mikroorganizmy, radon), zanieczyszczenia migrujące ze środowiska zewnętrznego (np. pyły, gazy), czynniki związane z materiałami budowlanymi itp. (tabela 4).

TABELA 4

Zestawienie najczęściej występujących zanieczyszczeń chemicznych oraz ich możliwy wpływ na zdrowie

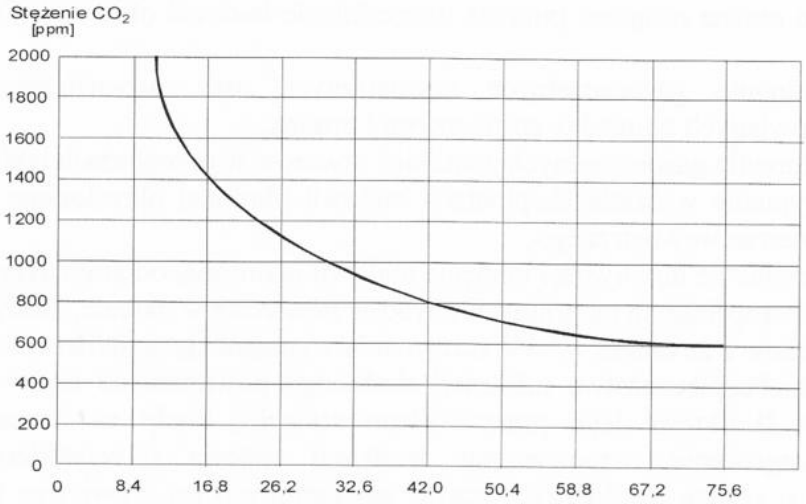
Substancja szkodliwa	Pochodzenie	Wpływ na zdrowie	Możliwe stęże-nie w pomie-szczeniach
Rozpuszczalniki (benzen, dwuchloroetan, toluen, ksylen)	Farby, lakiery, żywice, politury, środki czyszczące, kleje, lepiki, papy	Bóle głowy, podrażnie-nie błon śluzowych, zaburzenia układu nerwowego, uszkodze-nia wątroby i nerek, działania rakotwórcze	Niebezpieczne
Formaldehyd	Kleje, lepiki, lakiery, płyty paździerzowe, pianki, meble,papy	Bóle głowy, podrażnie-nie błon śluzowych, zapalenie dróg oddechowych, działania rakotwórcze	Niebezpieczne
Dwutlenek węgla (CO_2)	Urządzenia grze-wcze, piec gazowy, powietrze wydecho-we atmosfery	Bóle głowy, zawroty, nadciśnienie	W normalnych warunkach nie jest niebezpieczne
Tlenek węgla (CO)	Powietrze atmosfer-ryczne (pojazdy), paleniska, urządze-nia grzewcze	Zblokowanie transportu tlenu, zaburzenia krążeniowo-oddechowe	W normalnych warunkach nie jest niebezpieczne
Tlenki azotu (NO_x)	Urządzenia grze-wcze, piec gazowy, dym tytoniowy, po-wietrze zewnętrzne	Kaszel, ślinotok, katar nosa, zaburzenia w oddychaniu	Niebezpieczne
Dwutlenek siarki (SO_2)	Urządzenia grze-wcze, piec gazowy, dym tytoniowy	Podrażnienie błon śluzo-wych, zapalenie dróg oddechowych i tkanki łącznej, zapalenie oskrzeli, duszność	W normalnych warunkach nie jest niebezpieczne
Wielochlorowe dwufenyle, fenol, styren,	Plastyfikatory, kleje, lepiki, materiały izolacyjne, papy	Bóle głowy, zawroty, senność, uszkodzenia nerek i wątroby, działanie rakotwórcze	Niebezpieczne[x]
Radon	Cegły, kamienie naturalne, gaz ziemny, żużlobeton	Nudności, zaburzenia żołą-dkowe i jelitowe, osłabienie i inne skutki typowe dla prom. jonizującego	Niebezpieczne[x]

[x]) szczególnie niebezpieczne w pomieszczeniach dobrze uszczelnionych

W konkretnych przypadkach skarg na złą jakość powietrza wentylacyjnego najczęściej przekroczenia dopuszczalnych norm stężenia odnoszą się do wielu substancji jednocześnie. Dlatego w krajach, gdzie problem jakości powietrza wewnętrznego został ujęty w normy, stosuje się uproszczone metody oceny skuteczności działania systemów wentylacyjnych np. przez ocenę stężenia dwutlenku węgla w powietrzu wewnętrznym. Metoda ta sprawdza się bardzo dobrze w obiektach, gdzie źródłem CO_2 są ludzie.

W sytuacjach typowych powietrze wydychane przez człowieka zawiera 2 do 3% dwutlenku węgla. Celowe jest przyjęcie stężenia tego gazu, jako naturalnego wskaźnika czystości powietrza, skorelowanego z liczbą ludzi przebywających w pomieszczeniu. Zewnętrzne stężenie CO_2 z reguły zawiera się w przedziale 300 do 400 ppm; natomiast powietrze wewnątrz budynków zawiera ten gaz w koncentracji 500 do 2000 ppm,

zależnie od liczby przebywających tam ludzi oraz ilości powietrza dostarczanego z zewnątrz przez system wentylacyjny. Równocześnie ze wzrostem stężenia CO_2 powyżej 1000 ppm, u ludzi pojawia się poczucie dyskomfortu i przygnębienia; ponadto wyczuwalny staje się zapach ludzkiego ciała. Bezpośrednie niebezpieczeństwo dla zdrowia pojawia się dopiero, gdy stężenie CO_2 przekroczy 10000 ppm. Zależność między stężeniem CO_2 a ilością powietrza wentylacyjnego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Zależność między stężeniem CO_2 i ilością powietrza wentylacyjnego (jako stężenie zewnętrzne przyjęto 350 ppm[3]

Wykorzystując zależność przedstawioną na rys. 1, można określić rzeczywistą skuteczność działania systemów wentylacyjnych. Taki wykres jest pomocny dla określenia, czy system wentylacyjny dostarcza w odpowiedniej ilości powietrze i czy pracuje prawidłowo. Koncentracja CO_2 w powietrzu wewnątrz budynku, wynosząca 800 ÷1500 ppm, odpowiada ilości powietrza wentylacyjnego o wartości 20 ÷ 30 (m^3/h osoba), a więc normom określonym przez niektóre standardy, w tym amerykańskie, skandynawskie czy niektórych krajów Unii Europejskiej.

Budynki zagłębione w gruncie, m.in. budowle obronne i ochronne, w których przebywają ludzie, są szczególnie narażone na szkodliwe oddziaływanie promieniowania jonizującego. W przypadku budowli obronnych i ochronnych (z uwagi na ich charakter) istnieją jeszcze dodatkowe ograniczenia w swobodnym kształtowaniu systemów filtrowentylacyjnych i wentylacyjnych. Ze względu na występujące w tych budowlach potencjalne możliwości pogorszenia jakości powietrza wewnętrznego, należy szczególną uwagę zwrócić na skuteczność działania wentylacji. Jednym ze sposobów oceny tej skuteczności może być metoda oparta na pomiarze stężenia dwutlenku węgla w powietrzu wewnętrznym.

Materiały budowlane, z których najczęściej są wznoszone obiekty obronne tzn. żelbet, cegła itp. odznaczają się dużą porowatością i przepuszczalnością powietrza. Cecha ta pozytywna dla obiektów użytku powszechnego jest bardzo niekorzystna, a nawet niebezpieczna dla obiektów, które mogą znaleźć się np. w zasięgu pożarów masowych. Przykłady z historii (II wojna światowa) wskazują, że w obiektach znajdujących się w zasięgu pożarów i nie naruszonych pod względem konstrukcyjnym ludzie ginęli z powodu braku tlenu w powietrzu lub z nadmiaru tlenku węgla. Doświadczenie i obliczenia teoretyczne wykazują, że na skutek przenikania powietrza skażonego do obiektu może z upływem czasu wytworzyć się wewnątrz pomieszczeń niebezpieczne toksyczne stężenie środków trujących, promieniotwórczych i biologicznych. Jeżeli przy

tym pomieszczenie nie jest wentylowane czystym powietrzem, to stężenie wewnątrz obiektu może osiągnąć wartość równą stężeniu zewnętrznemu.
Bardzo trudnym zadaniem jest zlikwidowanie zjawiska przenikania powietrza skażonego do obiektów obronnych (ochronnych). Aby to osiągnąć, należy zapewnić absolutną szczelność tych obiektów, co w praktyce jest prawie niemożliwe. Dlatego należy dążyć do maksymalnego zmniejszenia ilości przenikającego do obiektów powietrza, co można osiągnąć poprzez uszczelnienie budowli obronnej. Cel ten osiąga się przez:

- wykonanie gazoszczelnych zewnętrznych oraz wewnętrznych przegród budowlanych pomiędzy strefą czystą i brudną,
- wykonanie gazoszczelnych zamknięć otworów w przegrodach budowlanych,
- utrzymanie w czasie eksploatacji budowli obronnej określonego nadciśnienia powietrza wewnętrznego,
- zapewnienie możliwości odcięcia budowli ochronnej od atmosfery zewnętrznej oraz uzupełniania naturalnych ubytków powietrza w okresie, kiedy nie jest ono czerpane z zewnątrz, w celu utrzymania wymaganego nadciśnienia.

Szczególne niebezpieczeństwo infiltracji skażonego powietrza do budowli ochronnej występuje w II okresie jego pracy (filtrowentylacji), kiedy na zewnątrz schronu występuje zagrożenie rozpoznanymi środkami rażenia (z wyjątkiem substancji toksycznych o silnym działaniu), pożarów zewnętrznych itp. Powietrze wtłaczane do budowli ochronnej jest oczyszczone w urządzeniach filtrowentylacyjnych (łącznie z filtropochłaniaczami). W tym okresie wentylacja powinna wytworzyć i utrzymywać w strefie czystej np. budowli ochronnej nadciśnienie minimum 100Pa.
W III okresie pracy układu wentylacji, kiedy na zewnątrz budowli obronnej występują nie rozpoznane skażenia i zakażenia oraz niebezpiecznie oddziaływują pożary zewnętrzne i występują substancje o silnym działaniu toksycznym należy izolować budowle od atmosfery zewnętrznej (tzw. okres izolacji). W tym okresie bardzo ważne jest utrzymanie w budowli nadciśnienia powietrza i odpowiednie ukierunkowanie jego przepływu. Powoduje ono wypieranie infiltrującego powietrza na zewnątrz budowli, a tym samym – w przypadku istnienia nieszczelności – uniemożliwia dopływ skażonego powietrza do wewnątrz obiektu. W III okresie pracy do obiektu nie jest dostarczane powietrze zewnętrzne. Nadciśnienie utrzymuje się, wykorzystując powietrze zgromadzone w butlach lub zbiornikach wysokociśnieniowych. Spadek nadciśnienia spowodowany może być nieszczelnościami, podsysaniem powietrza przez agregaty prądotwórcze, a także opróżnianiem wodnych zbiorników wewnętrznych.

6.4. Funkcjonowanie wentylacji i filtrowentylacji

Funkcjonowanie instalacji wentylacyjnych lub filtrowentylacyjnych ma ważne znaczenie dla przetrwania ludzi i jest szczególnie istotne w okresie możliwych katastrof ekologicznych lub innych zagrożeń. Systemy wentylacji lub filtrowentylacji są techniczną formą realizacji dostawy i rozprowadzenia (dystrybucji) oczyszczonego powietrza do pomieszczeń. Przyjęte w fazie projektu koncepcje rozdziału powietrza określają warunki przepływu powietrza wentylacyjnego w strefie przebywania osób i innych strefach schronu oraz kształtują jakość mikroklimatu pomieszczeń.

W obiektach ochronnych możemy mieć do czynienia z bardzo dużą różnicą obciążeń cieplnych. Urządzenia wentylacyjne powinny zatem charakteryzować się dużą elastycznością pracy, rozumianą jako zdolność do wytwarzania wymaganych warunków w obsługiwanych przez nie pomieszczeniach schronowych, mających różne przeznaczenie oraz zdolność do przystosowywania swojej wydajności do zmiennych w czasie (doby, roku) obciążeń cieplnych obsługiwanych pomieszczeń i zmiennych ilości wydzielanych w nich zanieczyszczeń.

Dokonanie prawidłowego doboru wielkości i typu instalacji wentylacyjnej, filtrowentylacyjnej lub klimatyzacyjnej stosowanej w schronie, wymaga uwzględnienia wszystkich zagrożeń wynikających z użycia BMR lub pojawienia się TŚP, ponadto powinno się uwzględnić następujące zagadnienia techniki wentylacji:

- funkcji schronu i wymagania użytkowe instalacji,
- sejsmoodporność instalacji,
- wielkość strat i zysków ciepła oraz wilgoci, parametry mikroklimatu,
- zanieczyszczenia zewnętrzne i wewnętrzne powietrza,
- problemy rozprowadzania powietrza, poziom regulacji parametrów,
- możliwości uzyskania energii cieplnej i chłodniczej.

Najtrudniejszym problemem jest zabezpieczenie otworów wentylacyjnych (czerpnie i wyrzutnie powietrza) przed możliwością przenikania fali uderzeniowej wybuchu jądrowego do wnętrza schronu (ukrycia). Problem zabezpieczenia otworów wentylacyjnych jest o tyle trudny, że w porównaniu z innymi, otwory te muszą być bez przerwy czynne (otwarte). Otwory te zalicza się do newralgicznych miejsc schronu (ukrycia). Projektant musi sobie zdawać sprawę z faktu, że fala uderzeniowa przenikająca do schronu (ukrycia) przez niezabezpieczony otwór może śmiertelnie razić, bądź kontuzjować ludzi oraz spowodować uszkodzenie urządzeń i elementów wyposażenia schronu.

Do najbardziej skutecznych sposobów zabezpieczenia otworów wentylacyjnych można zaliczyć stosownie:

- automatycznych zaworów przeciwwybuchowych lub o działaniu mechanicznych,
- żwirowych tłumików fali lub kombinacji zaworów przeciwwybuchowych i żwirowych tłumików fali z komorami rozprężnymi.

Odporność zaworu na oddziaływanie fali uderzeniowej powinna być równa odporności zewnętrznych elementów konstrukcyjnych schronu. Tylko w tym przypadku można mówić o efektywnym wykorzystaniu konstrukcji zaworu oraz schronu. Minimalne nadciśnienie zamykające zwór zapewniające ochronę filtrów pyłowych przed przebiciem powinno wynosić:

$$\Delta p = 0{,}010 \div 0{,}015 \text{ MPa}$$

Dodatkowymi wymaganiami szczegółowymi zapewniającymi prawidłową pracę zaworów są: należyta szczelność zamknięcia otworu, uodpornienie elementów zaworu przed korozją i temperaturami rzędu 500°C. Dostęp do elementów ruchomych winien umożliwiać ich wymianę w razie zniszczenia i ułatwiać bieżącą konserwację. Zawory przeciwwybuchowe dwustronnego działania mają za zadanie zabezpieczyć otwory wentylacyjne przed oddziaływaniem nadciśnienia i podciśnienia fali uderzeniowej.
Obiekty specjalne, znajdujące się w ciągłej eksploatacji powinny podlegać okresowym badaniom efektywności działania wentylacji, filtrowentylacji i klimatyzacji, ponieważ zmiana wymaganych parametrów mikroklimatu wnętrza budowli może w krótkim czasie doprowadzić do zaburzenia zdolności do pracy, a po przekroczeniu dopuszczalnego poziomu, spowodować nawet nieodwracalne zmiany patologiczne.

W wyniku badań, pomiarów i analiz przeprowadzonych w eksploatowanej od kilkunastu lat jednej z budowli specjalnych, przygotowywanej do przeprowadzenia remontu stwierdzono, że:

a) istnieją pomieszczenia o zyskach ciepła znacznie przekraczających wartości projektowe. Spowodowane to było zgrupowaniem starych lampowych urządzeń elektronicznych w jednym pomieszczeniu,

b) ogólna ilość świeżego powietrza w budowli była prawie dwukrotnie niższa w stosunku do potrzeb, także rozdział tego powietrza we wnętrzu budowli był nieprawidłowy ze względu na różnice w rzeczywistych i projektowych wartościach oporu przepływu powietrza przez przewody i urządzenia,
c) poziom natężenia dźwięku wytwarzanego przez wentylatory i anemostaty przekraczał dopuszczalne dla pomieszczeń wartości,
d) elementy sprężyste zaworów przeciwwybuchowych utraciły swe właściwości wskutek czego budowla specjalna nie była zabezpieczona przed nagłym (niespodziewanym) działaniem fali uderzeniowej.

Przeprowadzone badania, pomiary i analizy pozwoliły na szczegółowe ustalenie zakresu prac remontowych polegających na przywróceniu urządzeniom i układom początkowej sprawności, a także na określenie zakresu prac modernizacyjnych. Uzyskane z badań i pomiarów parametry techniczne zamontowanych w budowli specjalnej urządzeń i instalacji pomogły w określeniu rzeczywistej przydatności schronu do pełnienia swej podstawowej funkcji.

6.5. Podsumowanie

W celu określenia kierunków modernizacji istniejących budowli obronnych i ochronnych konieczne jest przeprowadzenie szeregu audytów technicznych. Wnioski z tych badań i pomiarów pomogą ocenić rzeczywistą wartość budowli (spełnia wymagania techniczne czy jest tylko atrapą), a także przyczynią się do ukierunkowania prac badawczych, projektowych (wyposażenie technicznego oraz całej budowli) i wykonawczych. Wyeksploatowanie istniejących budowli obronnych i ochronnych, znaczący postęp w technice instalacyjnej oraz zmiana doktryny obronnej są wystarczającym powodem aby w sposób uporządkowany zająć się tym problemem.

Techniczny rozwój budownictwa obronnego i ochronnego może nastąpić m.in. poprzez:
- opracowanie prostych w budowie, a jednocześnie niezawodnych w działaniu zespołów czerpania powietrza, a także zabezpieczenia wnętrza budowli przed wytwarzaniem nagłego podciśnienia lub nadciśnienia powietrza. W skład takiego zespołu mogą wchodzić mineralne filtry nasypowe, zawory przeciwwybuchowe podwójnego działania oraz wentylatory o podwójnym napędzie (elektrycznym i siłą mięśni ludzkich),
- próby wykorzystania ciepła gruntu do ogrzewania lub schładzania powietrza wentylacyjnego doprowadzanego do wnętrza obiektu ochronnego,
- wprowadzanie nowych technologii instalacyjnych,
- racjonalne zużywanie wody, energii oraz utylizacji odpadów w sposób przyjazny dla środowiska.

Literatura

[1] Makowiecki J., Sobiech M., Wasilczuk J.: Ilość powietrza niezbędna ze względów higienicznych w pomieszczeniach obiektów ochronnych. Konferencja pt. „Problemy badawcze i techniczne związane z projekto-waniem, wykonawstwem i eksploatacją budowli obronnych", str. 46÷52, 3-5.06.1996, WAT, Bystra Śląska.
[2] Ruciński R., Wasilczuk J.: Infiltracja powietrza w budowlach obronnych. Konferencja pt. „Inżynieria środowiska w eksploatacji kompleksów wojskowych", str. 228÷232, 23-25.05.1996 r., WAT, Hel – Jurata.
[3] Sobiech M.: Analiza wpływu funkcjonowania systemu wentylacji lub filtrowentylacji na ochronę ludzi w schronach. Konferencja pt. „Inżynieria środowiska w eksploatacji kompleksów wojskowych", cz. I, str. 157÷162, 1-3.10.1997 r., WAT, Zakopane.

[4] Sobiech M., Wasilczuk J.: Kierunki rozwoju budownictwa schronowego. Konferencja pt. „Problemy badawcze i techniczne związane z projekto-waniem, wykonawstwem i eksploatacją budowli obronnych", str. 59÷66, 3-5.06.1996, WAT, Bystra Śląska.
[5] Sobiech M., Wasilczuk J.: Modele wentylacji pomieszczeń budowli specjalnych. Konferencja pt. „Inżynieria środowiska w eksploatacji kompleksów wojskowych", cz. I, str. 163÷173, 1-3.10.1997 r., WAT, Zakopane.
[6] Wasilczuk J.: Problem zapewnienia wymaganych parametrów mikroklimatycznych w wyeksploatowanych technicznie budowlach obronnych i ochronnych. Konferencja pt. „Problemy badawcze i techniczne związane z projektowaniem, wykonawstwem i eksploatacją budowli obronnych i ochronnych", str. 19÷23, 5-6.06.1997, WAT, Gdynia.
[7] Wasilczuk J.: Środowisko wewnętrzne w budowlach ochronnych. III konferencja EKOSCHRON – 1998 pt. „Problemy badawcze i techniczne związane z projektowaniem, wykonawstwem i eksploatacją budowli obronnych i ochronnych", str. 237÷242, 8-9.06.1998, WAT, Tarnowskie Góry.
[8] Wasilczuk J.: Problemy techniczne związane z jakością powietrza wewnętrznego. Konferencja pt. „Inżynieria środowiska w eksploatacji kompleksów wojskowych", cz. II, str. 384÷390, 7-9.10.1998 r., WAT, Szklarska Poręba.

7. ZDALNA DETEKCJA ZAGROŻEŃ POŻAROWYCH, CHEMICZNYCH I BIOLOGICZNYCH METODAMI OPTOELEKTRONICZNYMI

Istniejące obecnie systemy analizy i detekcji zagrożeń opierają się głównie na pojedynczych sensorach, bazując na ściśle zdefiniowanych kryteriach alarmowania. W przypadku systemów alarmowych mogą to być czujki podczerwieni generujące alarm jeśli obiekt spełni szereg warunków, tzn. będzie w polu widzenia, jego ruch będzie wystarczająco dynamiczny lub też będzie termicznie wystarczająco kontrastowy w stosunku do otoczenia. Niestety takie kryteria nie gwarantują, że system nie będzie generował fałszywych alarmów w innych sytuacjach, które nie były zakładane jak sytuacje zagrożenia. Przykładowo podmuch gorącego powietrza przez otwarte okno może spowodować uruchomienie alarmu.

Szczególnie jaskrawo objawia się to na współczesnym polu walki, gdzie występuje bardzo dużo głównie sztucznych źródeł mogących potencjalnie generować zakłócenia. Dodatkowo dynamika współczesnego pola walki wymaga bardzo szybkich czasów reakcji na pojawiające się zagrożenie, a więc pełnej automatyzacji, także w procesie wykrycia i rozpoznania zagrożenia. Zdetekowany sygnał musi być zatem w sposób bezbłędny i jednoznaczny zidentyfikowany, aby możliwie natychmiastowo podjąć stosowane przeciwdziałanie.

Powstaje zatem pytanie, co można zrobić aby wykluczyć lub co najmniej ograniczyć możliwość występowania alarmów spowodowanych przez zjawiska spełniające kryteria pojedynczego sensora. Odpowiedzią jest detekcja wielosensorowa wykorzystująca jednocześnie różne zjawiska fizyczne lub opierająca się na innych kryteriach, których koniunkcja pozwoli w zdecydowany sposób zmniejszyć poziom fałszywych alarmów. Oznacza to poszukiwanie nowych detektorów, zjawisk i

algorytmów, które nie były dotąd znane lub wykorzystywane, jak również poprawę parametrów już istniejących sensorów.

Ostatnie konflikty zbrojne pokazały, że tradycyjne myślenie o działaniach wojennych jako regularnych walkach w obrębie frontu przestało być poprawne. Zagrożenie ze strony przeciwnika może pojawić się każdej chwili, a co ważniejsze w dowolnym miejscu i z dowolnego kierunku. Jedną z głównych ról odgrywają tu różnego rodzaju środki bojowe z napędem rakietowym, szczególnie skuteczne w zwalczaniu wozów bojowych. Dlatego wykrywanie i śledzenie obiektów tego typu jest istotnym przedsięwzięciem w zakresie ochrony sił własnych. Najczęściej systemy realizujące takie śledzenia sprzęgane są z systemami neutralizowania bądź niszczenia nadlatujących pocisków, dzięki czemu osiąga się szybszą reakcją na pojawiające się zagrożenie. W przypadku aktywnego niszczenia, układ śledzenia ma decydujące znaczenie w zapewnienia właściwego skierowania i synchronizacji momentu aktywacji destruktora. nieutralizowanie może z kolei polegać na "oślepianiu" systemów naprowadzania, które najczęściej pracują w zakresie podczerwieni. Układ śledzenia powinien wtedy zapewnić precyzyjne określenie kątowej pozycji pocisku.

Wymóg bardzo szybkiej i zautomatyzowanej w wysokim stopniu reakcji na zagrożenie pociąga za sobą dużą szybkość pracy systemów śledzenia obiektów z napędem rakietowym. Systemy oparte na pojedynczych detektorach czy linijkach detektorów sprzężonych z układami skanowania nie są w stanie spełnić tego kryterium. Dopiero zastosowanie matryc dwuwymiarowych FPA (z ang. *Focal Plane Array*), gdzie na powierzchni detektora odwzorowywany jest jednoetapowo obraz całej obserwowanej scenerii, wraz z odpowiednimi algorytmami przetwarzania informacji, pozwala osiągać wystarczającą szybkość pracy i zrealizować w pełni funkcjonale systemy śledzenia. Wiadomym jest także, że duża temperatura podczas odpalania i w trakcie pracy silnika marszowego czyni obiekt z napędem rakietowym stosunkowo silnym źródłem promieniowania podczerwonego, szczególnie w zakresie 3 – 5 μm. Z drugiej strony, poziom szumów tła jest tu mały, co znacznie ułatwia detekcję i obserwację. Dlatego śledzenie matrycami detektorów wydaje się być najbardziej efektywne z zakresie średniej podczerwieni.

Biorąc pod uwagę zakres temperatur związanych z lecącym pociskiem z napędem rakietowym, najlepszymi matrycami FPA pozwalającymi śledzić w sposób dokładny jego trajektorię są te pracujące w zakresie spektralnym 3 – 5 μm (MWIR). Uwzględniając z kolei dynamikę lotu, zastosowana do śledzenia matryca powinna charakteryzować się odpowiednio szybką odpowiedzią. Z dokonanego powyżej przeglądu detektorów i matryc wynika, że w zasadzie do dyspozycji pozostają tylko matryce InSb i MCT. Szczęśliwie, na tego typu matryce jest najszersza oferta rynkowa.

W procesie wykrywanie wielu rodzajów zagrożeń bardzo obiecująca wydaje się być detekcja promieniowania ultrafioletowego w paśmie „solar-blind". Ze względu na duże tłumienie w atmosferze ziemskiej sygnałów w tym zakresie spektralnym i wynikający stąd praktyczny brak źródeł naturalnych jak i promieniowania tła, każde pojawienie się emisji świadczy o sztucznym charakterze źródła. Naturalnym wydaje się dlatego, że wykrycie emisji promieniowania w paśmie „solar-blind", a dodatkowo, jeśli charakteryzowała by się ona jakimiś cechami szczególnymi, pozwoliłoby stwierdzić, że mamy do czynienia z konkretnym zagrożeniem, np. odpaleniem granatu przeciwpancernego. Aby uzyskać tak wysoką pewność należy zbadać dodatkowo cechy charakterystyczne takiej emisji, czyli tzw. sygnatury optyczne, przykładowo rozumiane jako przebiegi w czasie natężenia promieniowania, różnych zdarzeń mogących zaistnieć na współczesnym polu walki, w tym eksplozji materiałów wybuchowych, wystrzałów armatnich i karabinowych, trafienia w tarczę, odpaleń granatów dymnych, wybuchów pożarów, a przede wszystkim odpaleń pocisków typu RPG, czy startów rakiet.

Znajomość takich sygnatur pozwoliłaby w efekcie końcowym rozpoznawać w sposób niemal bezbłędny sygnały o zagrożeniach i eliminując fałszywe alarmy, podejmować odpowiednie przeciwdziałania neutralizujące zagrożenie lub minimalizującego jego skutki.

Przeprowadzona analiza i wstępne badania eksperymentalne pozwalają stwierdzić, że możliwa jest detekcja nawet słabych sygnałów optycznych w paśmie „solar-blind". Okazało się także, że kamery UV ze wzmacniaczami obrazu są na tyle czułe, iż pozwalają na wykrywanie emisji na stosunkowo dużych odległościach oraz obserwację ruchu obiektów świecących w ultrafiolecie. Niestety urządzenia tego typu są skomplikowanie i bardzo kosztowne, ponadto wymagają specjalnego zasilania i są wrażliwe na czynniki atmosferyczne. Procesy akwizycji i rejestracji są wprawdzie szybkie, ale wyciągnięcie użytecznej informacji wymaga już czasu i specyficznego oprogramowania. Eksperymenty potwierdziły także przydatność fotopowielaczy do detekcji sygnałów w paśmie „solar-blind". Wprawdzie uzyskanie wymaganej informacji jest tu znacznie prostsze i dużo szybsze w stosunku do kamer, ale fotopowielacze wymagają niestety wysokich napięć zasilających, a dodatkowo są wrażliwe na udary mechaniczne i czynniki atmosferyczne.

Do celów detekcji promieniowania w paśmie „solar-blind", obok trudno dostępnych detektorów typu AlGaN, najbardziej jednak obiecujące na dzień dzisiejszy wydają się być UVtrony. Dzięki dużej czułości, całkowitej niewrażliwości na promieniowanie o długościach fal powyżej 280 nm, zwartej konstrukcji i niewielki kosztach, można z ich pomocą budować proste, niewielkie gabarytowo, tanie i niezawodne systemy detekcji ultrafioletu.

Systemy monitorowania zagrożeń powinny efektywnie realizować funkcje obserwacji, wykrywania, rozpoznania i przeciwdziałania, na potrzeby platform lądowych, powietrznych i morskich (załogowych i bezzałogowych), krytycznej infrastruktury oraz ochrony indywidualnej.

We współczesnych systemach monitorowania bezpieczeństwa obserwujemy integrację urządzeń wieloczujnikowych i wielowidmowych (multispektralnych, hiperspektralnych), które obejmują pasma akustyczne, radiokomunikacyjne, radarowe, optyczne UV-VIS-IR oraz pasmo THz. Bardzo ważnym problemem jest monitorowanie zagrożeń bezpieczeństwa wynikających z występowania skażeń i zanieczyszczeń środowiska środkami chemicznymi i biologicznymi, substancjami promieniotwórczymi, materiałami rozszczepialnymi i wysokonergetycznymi materiałami wybuchowymi (zagrożenia CBRNE, z j. ang. ***C**hemical, **B**iological, **R**adiological, **N**uclear, High Yield Explosives*).

Ważną grupę sensorów stosowanych w urządzeniach obserwacyjnych systemów monitorowania obiektów stanową detektory promieniowania elektromagnetycznego, przekształcające sygnał optyczny w elektryczny. Do urządzeń stosowanych w systemach obserwacyjnych należy zaliczyć: kamery TV światła dziennego, kamery niskiego poziomu oświetlenia (L3TV), noktowizory i kamery termowizyjne. Widmowy zakres pracy obserwacyjnych urządzeń optoelektronicznych obejmuje podczerwień (IR), zakres widzialny (VIS) i ultrafiolet (UV). Gwałtownie rozwijane są też technologie fal submilimetrowych w zakresie THz. Pasmo to, zwane dawniej daleką podczerwienią, leży w obszarze częstotliwości 0,3 THz÷10 THz widma fal elektromagnetycznych, co odpowiada długości fali od 30 μm do 100 μm. Wypełnia ono obszar widmowy pomiędzy mikrofalami a podczerwienią.

Urządzenia wykorzystujące technikę terahercową mają (i będą mieć) bardzo szerokie zastosowania w różnych obszarach naszego życia. Ze względu na niejonizacyjny charakter tego promieniowania, a więc brak szkodliwości jego oddziaływania na organizmy żywe może ono wyprzeć urządzenia rentgenowskie z

wielu zastosowań. Problemem występującym w tym przypadku jest duża absorpcja tego promieniowania przez wodę, co nie pozwala na wykonanie urządzeń do tomografii większych organizmów, np. człowieka. Okazuje się, że wiele substancji chemicznych w zakresie teraherców ma specyficzne tylko dla siebie widmo. Do grupy tej zaliczają się także niektóre narkotyki i materiały wybuchowe. Inną ważną cechą tego promieniowania dającą szerokie możliwości zastosowania jest całkowite jego odbicie od powierzchni metalicznych (np. pistolety, noże czy też ukryte pojazdy wojskowe). Wykorzystanie tych trzech cech, a mianowicie: dużej absorpcji przez wodę, możliwości wykrywania materiałów wybuchowych i narkotyków oraz całkowitego odbicia od powierzchni metalowych, daje szerokie możliwości wykorzystania tych urządzeń w systemach ochrony i nadzoru. Pozwala wykryć, w sposób prawie automatyczny, czy zbliżający się osobnik posiada przy sobie nóż, pistolet, czy też obwieszony jest materiałami wybuchowymi lub posiada przy sobie narkotyki. Umożliwia szybką kontrolę osób i mienia na lotniskach i innych miejscach odpraw oraz zgromadzeń ludzi (mecze, wiece, koncerty, pochody). Przenikanie przez papier (karton) umożliwia zdalną detekcję zawartości przesyłek pocztowych, zarówno listów jak i paczek. Umożliwi wykrycie wyżej wymienionych środków niebezpiecznych lub objętych zakazem przewozu, w tym także broni biologicznej.

Inną grupą zastosowań terahercowego zakresu promieniowania są nieniszczące badania różnych materiałów (odzież, skóra, plastik), struktur oraz organizmów żywych, które zawierają niezbyt duże ilości wody i nie są metalami. Jego mniejsza przenikliwość pozwala badać materiały o mniejszej gęstości, czego nie można było osiągnąć wykorzystując promienie X.

Tak, jak obrazy kolorowe dają znacznie więcej użytecznych informacji niż czarno-białe, obrazowanie przy pomocy detektorów multispektralnych, czy nawet hiperspektralnych pracujących na wielu pasmach widmowych dostarcza więcej informacji niż konwencjonalne obrazy trójbarwne. Dlatego w nowoczesnych systemach obserwacyjnych do pasm widzialnych dodane są pasma w podczerwieni i w ultrafiolecie.

Charakterystyki odbicia, absorpcji, transmisji i emisji promieniowania elektromagnetycznego zależą od właściwości fizycznych i chemicznych odbijających ośrodków, parametrów i stanu powierzchni granicznej oraz długości fali padającego promieniowania. Szczególnie ważna w systemach automatycznego rozpoznania jest analiza charakterystyk odbiciowych wybranych materiałów, pod kątem możliwości opracowania systemu skanowania laserowego do zdalnego wykrywania i charakteryzacji substancji, powierzchni oraz obiektów. W opracowanym w Wojskowej Akademii Technicznej układzie laboratoryjnym skanera laserowego zastosowano trzy lasery półprzewodnikowe generujące promieniowanie o długości fali $\lambda_1 = 850$ nm, $\lambda_2 = 900$ nm, $\lambda_3 = 1500$ nm. Podstawowym zastosowaniem opracowanego skanera laserowego jest wykrycie i określenie położenia wybranych substancji oraz przedmiotów w badanym obszarze przestrzeni na podstawie analizy sygnału odbiciowego.

Monitorowanie zagrożeń CBRNE można prowadzić w stałej sieci pomiarowej lub w ruchomych punktach pomiarowych. W tym drugim przypadku aparatura pomiarowa zainstalowana może być na samochodzie, balonie, spadochronie, helikopterze, samolocie, bezpilotowym statku powietrznym (UAV) lub innym pojeździe bezzałogowym.

Z punktu widzenia sposobu pobierania próbek do analizy, metody stosowane w monitorowaniu zagrożeń CBRNE można podzielić na dwie grupy: próbkowanie w miejscu występowania zagrożenia oraz zdalna detekcja, identyfikacja i pomiar stężenia substancji niebezpiecznej.

W pierwszej grupie metod, z powodu rozdzielenia w czasie i przestrzeni miejsc pobrania próbki i jej analizy, dokładność i jednoznaczność pomiarów jest mało precyzyjna. Metody zdalne pozbawione są tych wad i w zależności od zastosowanej techniki pomiarowej umożliwiają prowadzenie monitorowania środowiska nawet na wielokilometrowych odległościach. W zdalnej detekcji szczególną rolę odgrywają metody i technologie optoelektroniczne. Do najważniejszych zalet metod optoelektronicznych należy zaliczyć możliwość pełnej automatyzacji pomiaru, jednoznaczność wyników, możliwość dokonywania pomiarów bez konieczności pobierania próbki, a także zintegrowanie różnych systemów elektro-optycznych w procesie akwizycji, przetwarzania i transmisji danych.

Do podstawowych zadań monitorowania środowiska należy dostarczanie informacji o aktualnym stanie i stopniu zanieczyszczenia poszczególnych komponentów środowiska, ilości zanieczyszczeń odprowadzanych do środowiska w sposób zarówno kontrolowany, jak i przypadkowy, a także prognozowanie rozprzestrzeniania się zagrożeń. Ogromna dynamika powietrza sprawia, że jest ono główną drogą rozprzestrzeniania skażeń oraz ich transportu do wód i gleby. Dynamika atmosfery oraz wynikająca z niej powszechność ewentualnego narażenia populacji na skażenie stawia monitoring powietrza na pierwszym miejscu, przed monitoringiem pozostałych elementów środowiska takich jak hydrosfera i litosfera. Należy przy tym dodać, że w przypadku atmosfery nie ma możliwości odizolowania się od skażeń jak w przypadku gleby i wód. Ważną zaletą koncepcji jest możliwość jednoczesnego wykrywania BST i TSP (**B**ojowych **Ś**rodków **T**rujących i **T**oksycznych **S**ubstancji **P**rzemysłowych)

W zakładach chemicznych na całym świecie magazynowane są duże ilości silnie trujących TSP. Są to surowce i półprodukty do syntez (np. chlor, amoniak, siarkowodór, izocyjanian metylu, fosgen), jak i gotowe produkty (np. pestycydy). Substancje te swoją toksycznością niekiedy dorównują dawniej używanym BST lub wręcz nimi były (np. fosgen, cyjanowodór). Awaria bądź sabotaż, w których do środowiska w sposób nagły zostaną wprowadzone duże ilości TSP może spowodować ogromne straty wśród ludności a także wśród służb biorących udział w akcji ratowniczej, o ile nie będzie możliwości technicznych szybkiego wykrycia skażeń i określenia aktualnych i przewidywanych stref zagrożenia. Zatem systemy wyposażane w urządzenia na bazie akustycznych i optycznych czujników mają obok wojskowego również zastosowanie cywilne. Rozpoznanie skażenia pozwoli obronie cywilnej określić zasięg oraz dokonać analizy rozwoju sytuacji w czasie akcji ratunkowych po ewentualnych awaryjnych uwolnieniach do otoczenia dużych ilości TSP.

Wyróżnić można dwa rodzaje systemów zdalnego monitorowania: typu „stand-off" i typu „remote". Systemy „stand-off" pozwalają wykrywać zanieczyszczenia (gazy, aerozole, dymy, pyły) ze znacznej odległości bez kontaktu z obszarem występowania tego zanieczyszczenia. Są to aktywne systemy laserowe (lidary z laserami przestrajalnymi i systemami obróbki danych pozwalającymi wyznaczyć absorpcję różnicową – Difference Absorption Lidar DIAL) lub pasywne systemy termowizyjne z wąskimi filtrami dopasowanymi do pasm pochłaniania gazów i obrazujące zmiany transmisji promieniowania pochłanianego wzdłuż drogi występowania gazu. Pojedyncza stacja typu „stand-off" może pokryć znaczny obszar, którego wielkość zależy od zasięgu, pola widzenia i szybkości skanowania.

Systemy typu „remote" wykorzystują różne rodzaje niewielkich czujników punktowych „in situ", przy czym dane z tych czujników przesyłane są za pomocą łącz przewodowych lub bezprzewodowych do centrów alarmowych. Centra te analizują dane przychodzące z sieci czujników i określają poziom zagrożenia. Jeśli czujniki te umieszczone są na ziemi, to nie wykrywają zanieczyszczeń unoszonych w powietrzu, dlatego wskazane jest by sieci naziemne wspomagane były przez czujniki umieszczone

na bezpilotowych środkach latających. Należy podkreślić, że w tym przypadku konieczny jest kontakt czujnika z analizowanym obszarem, zdalne wykrywanie osiąga się dzięki systemom transmisji danych pomiarowych.

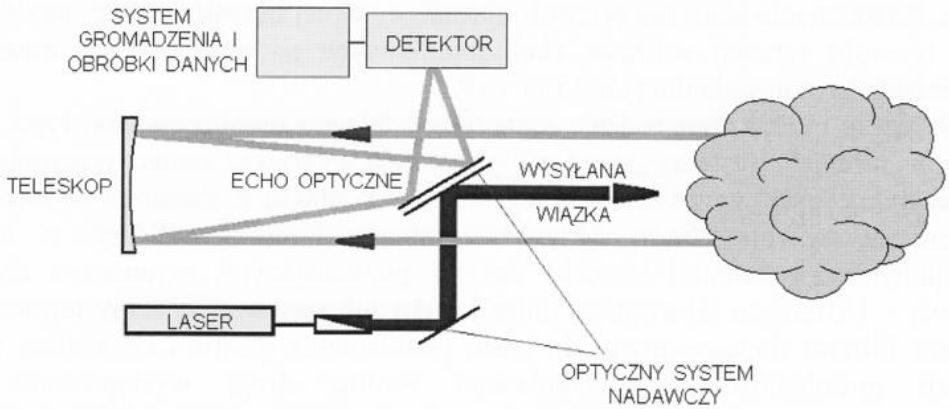
Metody detekcji zdalnej, bazujące na efektach oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z wykrywanymi substancjami, dzieli się na dwie zasadnicze grupy: metody aktywne, w których prowadzona jest analiza parametrów sygnału wysyłanego przez urządzenie pomiarowe po jego oddziaływaniu z atmosferą i metody pasywne - LOPAIR (Long Path Infrared) - analiza widma promieniowania podczerwonego (IR) emitowanego przez monitorowane otoczenie.

Metody optoelektroniczne zdalnego wykrywania substancji nazywane są metodami lidarowymi. Lidar jest akronimem angielskiego określenia Light Detection And Ranging, co oznacza wykrywanie obiektu i określanie jego położenia za pomocą światła. Podstawę działania wszystkich typów LIDARów stanowią procesy oddziaływania promieniowania z materią: rozpraszanie Mie, rozpraszanie Rayleigha, rozpraszanie rezonansowe, rozpraszanie ramanowskie, fluorescencja i absorpcja. Procesy te odpowiadają różnym sposobom oddziaływania fotonów wyemitowanych w impulsie laserowym z cząsteczkami znajdującymi się w atmosferze.

Podstawowymi elementami budowy każdego LIDARA są:

- laser – jako generator wiązki promieniowania o określonej charakterystyce spektralnej, czasowej i geometrycznej;
- optyczny układ nadawczy – formujący wiązkę i kierujący ją w wybrany obszar badanej przestrzeni;
- optyczny układ odbiorczy – zbierający „echo optyczne" i skupiający zebrany sygnał optyczny na detektorze;
- element detekcyjny – przetwarzający sygnał optyczny na prąd;
- układ gromadzenia i przetwarzania danych.

Na rysunku 1 zaprezentowano schemat budowy LIDARA, a w tabeli 1 przestawiono ich klasyfikację i podstawowe zastosowania.



Rys. 1. Schemat podstawowych podzespołów LIDARA rozproszeniowego

Zdecydowana większość zastosowań lidarowych mieści się w obszarze nauki o atmosferze ziemskiej. Sygnał rejestrowany w torze odbiorczym, w zależności od zaimplementowanych systemów optycznych oraz algorytmów przetwarzania danych, może dostarczać informacji między innymi na temat struktury warstwowej atmosfery, profilu gęstości aerozoli atmosferycznych, temperatury w wyższych partiach atmosfery, prędkości wiatrów, zawartości wybranych pierwiastków, bądź związków chemicznych. Lidary ukierunkowane na pozyskiwanie powyższych charakterystyk bazują na wybranych typach oddziaływania promieniowania laserowego z molekułami i aerozolami wchodzącymi w skład atmosfery. W przypadku najbardziej rozpowszechnionej konstrukcji lidarowej typu Rayleigha-Mie analizowane jest rozpraszanie elastyczne na cząstkach aerozoli. Zasadniczym celem stosowania tego typu urządzenia jest stwierdzenie obecności aerozolu oraz określenie jego lokalizacji w przestrzeni. Bardziej zaawansowane systemy bazują na analizie dodatkowych zjawisk fizycznych, m. in. na fluorescencji, depolaryzacji, absorpcji, efekcie Dopplera, czy rozpraszaniu Ramana.

Technika wzbudzanej laserowo fluorescencji substancji biologicznych jest stosowana do wykrywania w czasie rzeczywistym patogenów znajdujących się w powietrzu. Do tej pory systemy wykrywania zagrożeń biologicznych wykorzystywały jedną długość fali do wzbudzania fluorescencji. Nie jest to metoda jednoznaczna, gdyż powoduje dużo fałszywych alarmów. Wzbudzanie fluorescencji różnych fluoroforów wieloma długościami fali, jak również pomiar dynamiki zaniku fluorescencji, może zwiększyć możliwości odróżniania broni biologicznej od tła.

Zagrożenia wynikające z eksplozji improwizowanych ładunków wybuchowych (IED) na polu walki oraz możliwość użycia tych ładunków w atakach terrorystycznych stanowią niezwykle ważny problem we współczesnym świecie. Skalę takich zagrożeń można ograniczyć przez szybkie wykrywanie obecności materiałów wybuchowych stosowanych w takich ładunkach. Wykrywanie materiałów wybuchowych jest bardzo ważnym problemem analitycznym i stało się sprawą najwyższej wagi w wielu dziedzinach nauki i gospodarki. W USA, w niektórych terminalach lotniczych, zostały zainstalowane specjalne bramki wykrywające materiały wybuchowe w oparciu o spektrometrię ruchliwości jonów (IMS).

Materiały wybuchowe emitują określone gazy. Wiedza o rodzaju i stężeniu gazów emitowanych przez dany materiał wybuchowy umożliwia jego zdalne wykrycie poprzez zastosowanie odpowiedniego sensora gazu. Materiały wybuchowe wyprodukowane na bazie związków azotu emitują śladowe ilości tlenków azotu, takich jak N_2O, NO. Przyczyną emisji śladowych ilości N_2O jest biodegradacja wywoływana przez bakterie beztlenowe. Większość materiałów wybuchowych mogących emitować takie tlenki to materiały z kontaktem substancja palna-utleniacz na poziomie molekuły, takie jak: trotyl (TNT), heksogen (RDX), oktogen (HMX), tetryl, pentryt (PETN), nitrogliceryna (NG), nitroglikol (EGDN), saletra amonowa (AN), pikrynian amonu (D), pikramid (MATB).

Tabela 1. Systematyka podstawowych typów lidarowych

Nazwa lidaru	Zjawisko	Zastosowania
Hard Target	**Odbicie** – pomiar czasu, po jakim do układu detekcji dociera sygnał echa względem momentu, w jakim został on wyemitowany, daje informację na temat odległości do mierzonego obiektu	Pomiar odległości, prędkości dla obiektów makroskopowych
Rozproszeniowy	**Rozpraszanie elastyczne** – pomiar sygnału echa optycznego powstającego w wyniku elastycznego rozpraszania promieniowania laserowego w objętości aerozolu oraz czasu po jakim rejestrujemy to echo (odległości do obiektu)	Pomiar wysokości pułapu chmur lub wykrywanie obecności i śledzenie w powietrzu sztucznych aerozoli w atmosferze
Rozproszeniowy wielospektralny (DISC) (z j. ang. ***DI**fferential **SC**attering*)	**Rozpraszanie elastyczne** – zjawisko rozpraszania jest funkcją długości fali, tak więc jego pomiar dla wielu długości fali w odniesieniu do określonego aerozolu dostarcza dodatkowych informacji	Określanie rozmiarów cząsteczek aerozoli
Depolaryzacyjny	**Zmiana stanu polaryzacji** przy rozpraszaniu na molekułach asferycznych (aerozole sztuczne, pyłki roślin, sadza) lub mikroskopijnych kryształkach fazy stałej (kryształki lodu, pył wulkaniczny)	Określanie kształtu oraz fazy cząsteczek aerozoli
Absorpcji różnicowej (DIAL) (z j. ang. ***DI**fferential **A**bsorption **L**idar*)	**Absorpcja** – idea pomiaru bazuje na silnej zależności funkcji absorpcji od długości fali, mierząc sygnał echa od dwóch długości fal, jednej w paśmie i drugiej poza pasmem absorpcji poszukiwanej substancji, odbitych od obiektu znajdującego się za potencjalnie występującym obłokiem poszukiwanego gazu, jesteśmy w stanie określić czy gaz ten występuje (znacząco większy spadek natężenia dla długości fali absorpcji) czy też nie (obie długości fali doznają podobnego osłabienia)	Wykrywanie w powietrzu obecności określonego związku chemicznego, przykładowo metanu w kopalniach
Fluorescencyjny	Rozpraszanie nieelastyczne – **fluorescencja** wzbudzana absorpcją promieniowania laserowego	Zdalne wykrywanie aerozoli pochodzenia biologicznego i broni biologicznej, zdalne badania roślinności i akwenów wodnych
Ramanowski	Rozpraszanie nieelastyczne – zjawisko **rozpraszania Ramana**	Pomiar ekstynkcji atmosferycznej
Dopplerowski	**Przesunięcie dopplerowskie** – zmiana długości fali promieniowania w wyniku jego odbicia (rozproszenia) od obiektu poruszającego się	Pomiar prędkości wiatru

Wśród rozmaitych sposobów wykrywania materiałów wybuchowych można wyróżnić systemy wykrywaczy oparów, analizatory wykrywające środek znakujący materiał wybuchowy, tzw. „marker" oraz takie, które bazują na promieniowaniu rentgenowskim. Wiele istniejących, bardzo czułych urządzeń pobiera próbkę powietrza z obszaru, w którym istnieje podejrzenie obecności materiałów wybuchowych. Inne konwencjonalne metody bazują na promieniach Roentgena i nie mogą być stosowane jako narzędzia zdalne. Wymaganiem dla tych metod jest wykrywanie śladowych ilości materiałów wybuchowych w warunkach otoczenia, *in-situ* oraz w czasie rzeczywistym.

Istnieje wiele metod wykrywania oparów materiałów wybuchowych, takie jak:

- chromatografia gazowa (GC),
- spektrometria masowa (MS),
- spektrometria ruchliwości jonów (IMS),

- bioluminescencja,
- optoakustyczna spektroskopia laserowa.

W ostatnich latach intensywnie rozwijane są techniki optyczne, w szczególności oparte na spektroskopii laserowej. Prace te mają na celu opracowanie bardzo czułych, optycznych czujników materiałów wybuchowych.

W większości przemysłowych procesów technologicznych, w celu ich kontroli oraz zapewnienia wysokiej jakości produkcji, niezbędna jest znajomość składu chemicznego różnych substancji. Dotyczy to także różnych problemów związanych z inżynierią środowiskową, szczególnie ważne w ostatnich latach ze względu na rosnące zanieczyszczenia środowiska. Ponadto w celu zapewnienia wysokiej jakości wykonania oraz zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego eksploatatorów budynków mieszkalnych, niezbędna jest między innymi znajomość składu chemicznego wewnętrznych powłok malarskich. Techniki konwencjonalne wyznaczania składu chemicznego są zwykle wieloetapowe i zaczynają się od pobrania próbek analizowanej substancji, po którym następuje dostarczenie ich do laboratorium, a następnie przygotowanie do analizy, z ewentualnym usunięciem substancji obcych, mogących zniekształcić jej wyniki. Tylko wtedy może być wyznaczony rzeczywisty skład próbki. Często, po całym procesie pojawia się konieczność utylizacji pozostałości i odpadów.

Wieloetapowe analizy tego typu mogą być znacznie uproszczone dzięki zastosowaniu technik, które umożliwiają bezpośrednie pomiary on-line i/lub in-situ. Szczególnie przydatne okazały się techniki optoelektroniczne z wykorzystaniem laserów. Dzięki eliminacji przed-analitycznych etapów oraz konieczności utylizacji po-analitycznych pozostałości, pozwalają one znacznie uprościć procedury wyznaczania składu chemicznego. Do zastosowań praktycznych szczególnie atrakcyjne są techniki zdolne wykrywać wiele pierwiastków lub związków chemicznych równocześnie, takie jak metody LIBS, LIF i Raman.

Spektroskopia emisyjna ze wzbudzeniem laserowym LIBS (od angielskiej nazwy – *Laser Induced Breakdown Spectroscopy*) służy do wyznaczania składu chemicznego i badania stratygrafii różnych materiałów i obiektów, w tym także obiektów o strukturze wielowarstwowej. W metodzie LIBS wykorzystywane jest oddziaływanie impulsu laserowego dużej mocy z badaną substancją, prowadzące do odparowania niewielkiej ilości materiału i wytworzenia gorącej plazmy emitującej promieniowanie ciągłe i liniowe. Analiza promieniowania liniowego pozwala identyfikować jakościowo i ilościowo pierwiastki występujące w badanej próbce. W metodzie LIF (od angielskiej nazwy – *Laser Induced Flourescence*), wykorzystywana jest rezonansowa absorpcja promieniowania laserowego, w następstwie której pojawia się fluorescencja, której widmo jest charakterystyczne dla badanej substancji, pozwalając określić zarówno jakie pierwiastki jak i jakie związki chemiczne występują w próbce. Podobnie w metodach ramanowskich, promieniowanie laserowe wzbudza drgania molekuł, które powodują specyficzne dla danej dystancji zmiany widm promieniowania rozproszonego, dzięki czemu można precyzyjnie określić skład chemiczny próbki.

Wiele lat temu udowodniono, że metodami optolektronicznymi LIBS można wykrywać różnorodne substancje zagrażające zdrowiu i życiu człowieka, bądź zatruwające środowisko naturalne, a związane nie tylko z cywilną działalnością przemysłową, ale coraz częściej z funkcjonowaniem wojska. Metodę stosuje się coraz szerzej do analizy cieczy i aerozoli, śledzenia zanieczyszczenia powietrza oraz monitoringu skażenia gleb, szczególnie metalami ciężkimi.

Główną zaletą metod optoelektronicznych jest możliwość monitoringu on-line w czasie rzeczywistym, a zastosowanie w systemie pomiarowym szerokopasmowego spektrometru pozwala na równoczesne wykrywanie większości pierwiastków, bądź związków chemicznych.

Nieinwazyjność metod, wynikająca z braku konieczności pobierania próbek oraz objawiająca się minimalnym lub wręcz brakiem uszkadzania analizowanej substancji, czyni techniki optoelektroniczne wyjątkowo przydatne procesie badania różnych obiektów zabytkowych oraz konstrukcji budowlanych które w wyniku uszkodzeń powierzchni zatraciły by swoje walory użytkowe bądź wizualne. Badania takie umożliwiają nie tylko określenie składu chemicznego materiałów, z których obiekty wykonano, ale także jakie i jakiego pochodzenia nawarstwienia są na nich obecne. Pozwala to monitorować wpływ zanieczyszczenia środowiska na degradację obiektów zabytkowych.

Wśród wielu metod wykrywania gazów, zarówno punktowych jak i zdalnych, wykrycie gazów emitowanych przez materiał wybuchowy umożliwia metoda spektroskopii rezonansowej. Jedną z nowoczesnych, najmłodszych technik rezonansowych stosowanych do detekcji NO_2, jest spektroskopia z zanikiem natężenia promieniowania we wnęce, tzw. CRDS (***Cavity Ring Down Spectroscopy***). Metoda pomiaru absorpcji polega na wyznaczeniu stałych zaniku promieniowania we wnęce oraz wartości współczynnika ekstynkcji.

Technika CRDS gwarantuje wysoką czułość wykrywania absorbującego dwutlenku azotu. Polega na pomiarze czasu zaniku intensywności światła uwięzionego w optycznej wnęce zawierającej absorbujący gaz. Tak więc czułość osiągana jest dzięki znacznemu wydłużeniu drogi absorpcji promieniowania. Ponieważ współczynnik absorpcji jest wyznaczany w oparciu o czasy zaniku promieniowania we wnęce optycznej zawierającej absorbujący gaz, wynik końcowy jest niezależny od natężenia światła lasera oraz czułości spektralnej detektora. Czułość CRDS jest ograniczona dokładnością pomiarów czasów zaniku, osiągnięciem maksimum wzrastających wartości współczynnika odbicia zwierciadeł oraz rosnącą grubością warstwy absorbującej. Stosując modulowane lasery o pracy ciągłej można osiągać czułości pomiaru współczynnika absorpcji 10^{-8}-10^{-12} m^{-1}. Natomiast przy zastosowaniu laserów impulsowych otrzymywane czułości pomiaru współczynnika absorpcji sięgają 10^{-8} m^{-1}. Zwiększenie czułości uzyskuje się również stosując zwierciadła o wysokim współczynniku odbicia $R > 99{,}99\%$. Tak wysoka czułość jest osiągana dzięki zastosowaniu wibroizolacji oraz przy użyciu sprzęgacza optycznego oraz modulatora akustyczno-optycznego. Bardzo duża czułość pomiaru współczynnika absorpcji umożliwia detekcję koncentracji badanych substancji na poziomie nawet ułamków ppb. Warto podkreślić, że ze względu na mały przekrój czynny na absorpcję dla niektórych gazów i związków chemicznych ich detekcja jest około 4÷5 rzędów wielkości bardziej dokładna w porównaniu z detekcją za pomocą klasycznych, jednoprzejściowych metod absorpcyjnych. Zaletą metody jest też niezależność wyniku pomiaru od fluktuacji natężenia impulsów laserowych. Stosując lasery o częstotliwości repetycji rzędu kilkudziesięciu kHz uzyskuje się krótki czas pomiaru koncentracji gazu. Technika CRDS pozwala wyznaczać widma absorpcji w szerokim zakresie spektralnym w ciągu kilku sekund.

Analiza śladowych ilości gazów, jedna z najczulszych metod pozwalająca mierzyć bardzo niskie współczynniki absorpcji, może mieć zastosowanie w systemach wykrywania improwizowanych ładunków wybuchowych IED (***Improvised Explosive Devices***) i w systemach wykrywania dryfujących min morskich.

Literatura

[1] MIERCZYK Z., KAŁDOŃSKI G.: *Priorytetowe kierunki prac naukowo-badawczych z zakresu optoelektronicznych metod detekcji*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 1, WAT Warszawa 2010

[2] RYNIEC R., PAŁKA N., SZUSTAKOWSKI M., ZAGRAJEK P.: *Identyfikacja widmowa materiałów w paśmie terahercowym*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 1, WAT Warszawa 2010

[3] MIERCZYK Z., KOPCZYŃSKI K., ZYGMUNT M.: *Nowoczesne technologie dla bezpieczeństwa*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 1, WAT Warszawa 2010

[4] SKRZECZANOWSKI W., OSTROWSKI R., MARCZAK J., SARZYŃSKI A.: *Diagnostyka zanieczyszczeń powierzchni obiektów zabytkowych metodą LIBS*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 1, WAT Warszawa 2010

[5] MAZIEJUK M., CEREMUGA M.: *Nowoczesne metody detekcji skażeń chemicznych*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka i R. Ostrowskiego pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 2, WAT Warszawa 2011

[6] CYWIŃSKI, R. OSTROWSKI: *Laserowe monitorowanie zagrożeń podwodnych*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka i R. Ostrowskiego pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 2, WAT Warszawa 2011

[7] WŁODARSKI M., KALISZEWSKI M., BOMBALSKA A., MULARCZYK-OLIWA M., KOPCZYŃSKI K., KWAŚNY M., MIERCZYK Z., SEDLÁČKOVÁ Z., VICENÍK J.: *Zastosowanie systemu detekcji BST typu DIAL z przestrajalnymi laserami CO_2 do wykrywania chemicznych zanieczyszczeń atmosfery*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka i R. Ostrowskiego pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 2, WAT Warszawa 2011

[8] BOMBALSKA, M. MULARCZYK-OLIWA, M. KWAŚNY, M. WŁODARSKI, M. KALISZEWSKI, K. KOPCZYŃSKI, Z, MIERCZYK: *Detekcja materiałów biologicznych metodą fourierowskiej spektroskopii w podczerwieni (FTIR)*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka i R. Ostrowskiego pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 3, WAT Warszawa 2012

[9] WOJTANOWSKI J., MIERCZYK Z., KOPCZYŃSKI K., ZYGMUNT M., DROZD T., GAWLIKOWSKI A., GIETKA A., JAKUBASZEK M., KASZCZUK M., KNYSAK P., MŁODZIANKO A., MUZAL M., OSTROWSKI R. , PIOTROWSKI W.: *LIDAR: technika, urządzenia i zastosowania w dziedzinie monitorowania zagrożeń militarnych i przemysłowych*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka i R. Ostrowskiego pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 3, WAT Warszawa 2012

[10] KWAŚNY M., KOPCZYŃSKI K., MICZUGA M., KOPICA M., MIERCZYK Z., MIERCZYK J.: *Optyczne metody wykrywania metanu w powietrzu*, Praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka i R. Ostrowskiego pt. Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, Tom 3, WAT Warszawa 2012

[11] OSTROWSKI R., ZYGMUNT M., WOJTANOWSKI J., KNYSAK P., TOMASZEWSKI K., *Identyfikacja zdarzeń na podstawie emisji w paśmie „SOLAR-BLIND"*, XXVI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Ochrona przed Skutkami Nadzwyczajnych Zagrożeń – EKOMILITARIS 2012, Zakopane 3-6 września 2012 r.

[12] OSTROWSKI R., ZYGMUNT M., WOJTANOWSKI J., KNYSAK P., GAWLIKOWSKI A., *Pasmo „SOLAR-BLIND" w detekcji zagrożeń*, XXVI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Ochrona przed Skutkami Nadzwyczajnych Zagrożeń – EKOMILITARIS 2012, Zakopane 3-6 września 2012 r.