OPRACOWANIE
OGÓLNYCH WSKAZÓWEK I REKOMENDACJI
W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA BOMBOWEGO
DO KONKURSU ARCHITEKTONICZNEGO NA ROZBUDOWĘ
MUZEUM POWSTANIA WARSZAWSKIEGO (MPW)

WSTĘP

Opracowanie powstało w głównej mierze w oparciu o jawne analizy wykonane w Agencji lub dla Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego, publikacje opracowane na uczelniach wyższych i przez Amerykański Departament Bezpieczeństwa Narodowego oraz opracowania własne i doświadczenia praktyczne firmy SALUS Taktyka i Technika dla Bezpieczeństwa. Badanie literatury oraz wnioski wynikające z analizy potencjalnych zagrożeń pozwalają dosyć precyzyjnie i łatwo zdefiniować budynek lub kompleks budynków odpornych na różne formy ataków terrorystycznych. Budynek odporny na potencjalne ataki terrorystyczne powinien znajdować się w odległości ok. 2 km od parkingów dla dużych pojazdów, około 500 m od parkingów dla samochodów klasy „compakt sedan". Budynek powinien być zbudowany bez okien z żelbetonu oraz zlokalizowany kilka metrów pod ziemią. Powinien mieć kilka niezależnych ujęć wody, kilka zabezpieczonych przed nieautoryzowanym dostępem czerpni powietrza z sygnalizacją naruszenia strefy bezpieczeństwa oraz czujnikami zagrożeń chemicznych i biologicznych. Obsługa gości powinna odbywać się zdalnie bez bezpośredniego kontaktu z personelem obiektu, a zwiedzanie (po szczegółowej kontroli pirotechnicznej, chemicznej i biomedycznej gości) powinno odbywać się indywidualnie, z dużą separacją pomiędzy wchodzącymi. W taki sposób zbliżylibyśmy się do budynku zabezpieczonego przed możliwym atakiem terrorystycznym.

Z wielu oczywistych względów tego typu rozumowanie musi zostać odrzucone. Podstawowe funkcje Muzeum Powstania Warszawskiego determinujące sens istnienia placówki zmuszają do szukania kompromisów pomiędzy poziomem bezpieczeństwa, funkcjonalnością rozwiązań oraz kosztami ich wprowadzenia i funkcjonowania.

Bezpieczeństwo MPW podzielić można na kilka wzajemnie przenikających się obszarów, mianowicie:

- przeciwdziałanie zamachowi,

- minimalizowanie strat,
- prewencja i odstraszanie.

Największe zagrożenie stwarza terror bombowy. Eksperci szacują, że od 90 do 95% wszystkich ofiar zamachów terrorystycznych na świecie stanowią poszkodowani w wyniku użycia urządzeń wybuchowych.

Terror bombowy jest w Polsce służbom doskonale znany od wielu lat. Liczba tego typu zamachów dochodziła w niektórych okresach do stu kilkudziesięciu rocznie. W większości zamachy bombowe w Polsce były i są wynikiem porachunków gangsterskich, a ich skutki są z zasady ograniczone do środowisk przestępczych. Inaczej może być w przypadku ataku terrorystycznego. W takich sytuacjach można spodziewać się dużej liczby ofiar i spektakularnych zniszczeń, gdyż cechą współczesnego terroryzmu jest maksymalna eskalacja przemocy i dążenie do wywołania medialnego szoku o jak największym zasięgu i skali.

W krajach, które są bardziej narażone na zamachy terrorystyczne (Izrael, USA, Wielka Brytania), oprócz działań antyterrorystycznych prowadzonych przez siły zbrojne, policyjne i służby specjalne, dużą wagę przywiązuje się do prewencji, w tym do odpowiednich metod zabezpieczania przestrzeni publicznej i najbardziej zagrożonych obiektów. Zasady projektowania tych zabezpieczeń nawiązują do znanych doktryn wykorzystujących cechy środowiskowe do prewencji kryminalnej, tj. do: *Przestrzeni obronnej* (*Defensible Space*), autorstwa amerykańskiego architekta Oskara Newmana i do *Zapobiegania przestępczości poprzez odpowiednie kształtowanie przestrzeni* (*Crime Prevention Through Environmental Design* - CPTED), powstałej w oparciu o badania C. Raya Jeffreya. Konieczność przeciwdziałania zagrożeniu terrorystycznemu spowodowała dalszą ewolucję tych doktryn. Są one obecnie rozwijane pod umowną nazwą *Design Out Terrorism* (*Projektowanie jako narzędzie ograniczenia ryzyka zamachu terrorystycznego*), co w efekcie przyniosło szereg publikacji naukowych,

odpowiednich unormowań, wytycznych projektowych oraz zastosowań praktycznych.

Strategie doktryny CPTED w zastosowaniu antyterrorystycznym.

1. Kontrola dostępu (*access control*): ograniczenie zagrożenia poprzez zróżnicowane środki kontroli dostępu: ochrona fizyczna (strażnicy), mechaniczna (bramy i zamki), elektroniczna (czujniki i sygnalizatory włamania, karty dostępu i urządzenia biometryczne). Wyznaczenie w obiekcie hierarchicznych stref, do których wstęp mają tylko uprawnione osoby. Celem jest ograniczenie potencjalnemu napastnikowi dostępu do obiektu.

2. Zapewnienie nadzoru (*surveillance*): ułatwienie użytkownikom i służbom ochrony obserwacji wnętrz i terenu wokół obiektu, szczególnie dojść i wejść, za pomocą odpowiedniej konstrukcji budynku i jego otoczenia oraz urządzeń optycznych i elektronicznych (noktowizory, CCTV). Celem jest odstraszenie, wykrycie i zneutralizowanie potencjalnych napastników.

3. Wzmocnienie terytorialne (*territorial reinforcement*): tworzenie wokół zagrożonych budynków stref chronionych (ogrodzenia, mury i patrole) oraz stref bezpieczeństwa uniemożliwiających atak na budynek przy użyciu bomby samochodowej. Służą temu zmiany organizacji ruchu kołowego i bariery tworzone przez elementy małej architektury, mury oporowe, kwiatony, rzeźby, ławy, maszty i słupki (*bollards*). Celem jest utrudnienie dokonania zamachu i ograniczenie jego skutków.

4. Utwardzenie celów (*target hardening*): zabezpieczanie potencjalnych celów ataku przed jego skutkami poprzez planowanie, środki architektoniczne i techniczne (strefowanie funkcji budynku, wzmacnianie konstrukcji i elewacji, stosowanie przeszkleń pancernych lub innych, zabezpieczanie otworów, kanałów i instalacji podziemnych, tworzenie schronów i bezpiecznych

pomieszczeń, dublowanie instalacji budynku), w celu ograniczenia strat i zniszczeń powstałych w wyniku ewentualnego ataku.

Skutki ataku bombowego na budynek

Zagrożenia zmieniają się stale, a pomysłowość i przebiegłość terrorystów jest nieograniczona, czego przykładem było wykorzystanie samolotów pasażerskich do ataku na Pentagon i budynki World Trade Center w Nowym Jorku. Niektóre źródła podają, że Al-Kaida posiada już broń biologiczną, chemiczną i radiologiczną („brudne bomby" i tzw. *pocket nukes* – bomby kieszonkowe. Jednak nadal najczęstszą formą zamachu terrorystycznego skierowanego przeciwko budynkom jest atak bombowy, szczególnie przy użyciu ładunku wybuchowego umieszczonego w pojeździe kołowym (tzw. *VBIED – Vehicle Borne Improvised Explosive Device*). Zamach może mieć formę statyczną, tj. zdetonowanie samochodu pozostawionego pod budynkiem (World Trade Center, Nowy Jork 1993) lub obok budynku (Oklahoma City 1995), albo dynamiczną – poprzez staranowanie ogrodzenia, bram wjazdowych lub barier przez samochód, najczęściej prowadzony przez zamachowca samobójcę (ambasady amerykańskie w Kuwejcie i Bejrucie, 1983; koszary Marines w Bejrucie, 1983). Waga typowej bomby samochodowej wynosi kilkaset kilogramów, ale w przypadku dużego samochodu ciężarowego lub cysterny może sięgać nawet kilkudziesięciu ton.

Fala uderzeniowa, która powstaje w efekcie wybuchu, ma podwójny skutek destrukcyjny: pierwotny – energia uderzenia przekazywana jest na części budynku położone najbliżej eksplozji, niszcząc jego elewację i naruszając układ podstawowych elementów konstrukcji, i wtórny – uszkodzone elementy konstrukcji mogą bowiem doprowadzić do utraty stateczności i zawalenia się fragmentów lub całej budowli.

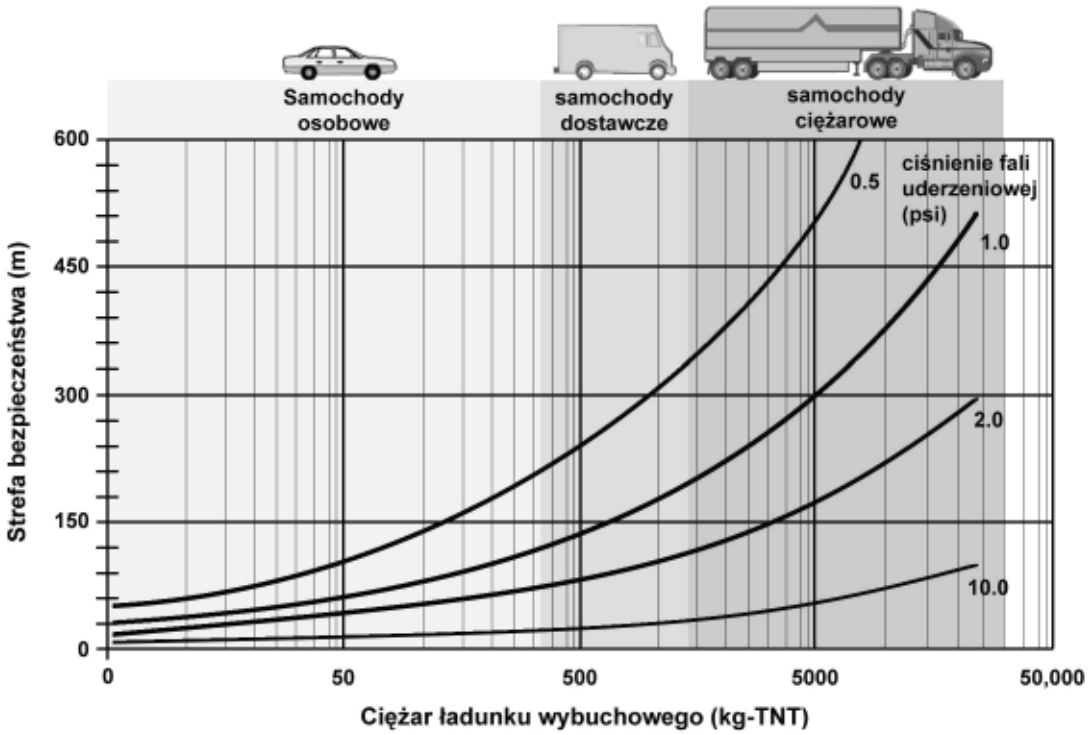
„Odpowiedź” obiektu na eksplozję można podzielić na kilka faz: w pierwszej fala uderzeniowa bezpośrednim uderzeniem niszczy jego zewnętrzną ścianę, okna i ściany osłonowe są roztrzaskane, a elementy konstrukcji poddane dynamicznym obciążeniom. Następnie fala „opływa” budynek, oddziałując na dach i pozostałe ściany. Fala uderzeniowa, która wdziera się do wnętrza obiektu przez otwory lub zniszczoną fasadę wywiera na stropy parcie skierowane ku górze. Jest to zjawisko tym groźniejsze, że stropy nie są zwykle projektowane z myślą o tego typu obciążeniach. Fala uderzeniowa zagraża także ludziom, niszcząc ich organy wewnętrzne, a unoszące się fragmenty budynku, mebli i odłamki szkła potęgują zagrożenie.

Skala zniszczeń spowodowanych atakiem bombowym jest zależna od splotu następujących czynników: wielkości ładunku wybuchowego, odległości miejsca eksplozji od budynku i odporności budynku na skutki ataku. Podstawowym zagrożeniem związanym z atakiem bombowym jest utrata stateczności konstrukcji budowli (katastrofa budowlana). W rezultacie zamachu na Alfred P. Murrah Federal Building w Oklahoma City w 1995 r. aż 87% ofiar śmiertelnych to wynik zawalenia się budynku. Innym niezwykle poważnym zagrożeniem są odłamki szkła powodujące liczne zranienia. W czasie ataku bombowego na ambasadę amerykańską w Kenii (1998 r.) zabitych zostało 258 osób, a rannych 5000, w większości właśnie przez unoszące się odłamki szkła, które mogą zostać odrzucone na ponad kilometr od miejsca eksplozji. Bardzo groźne są także spadające z górnych pięter fragmenty szyb, które także mogą odpryskiwać na znaczne odległości.

Ochrona budynków przed atakiem terrorystycznym

Metody zabezpieczania obiektów przed atakami terrorystycznymi można podzielić na działania zmierzające do utrudnienia przeprowadzenia zamachu terrorystycznego (*Security Design*) i działania mające na celu zwiększenie odporności budynku na skutki ataku bombowego (*Building Hardening*). Są one realizowane poprzez odpowiednie planowanie, za pomocą środków architektonicznych, technicznych i technologicznych. Projektując

zabezpieczenia budynku, wyznaje się zasadę dostosowywania zabezpieczeń do poziomu zagrożenia. Wychodzi się przy tym z założenia, że całkowita ochrona obiektu przed atakiem jest niemożliwa lub nieuzasadniona z przyczyn ekonomicznych, psychologicznych i społecznych. Najprostszym, najłatwiejszym i najtańszym sposobem zabezpieczenia budowli jest otoczenie jej strefą bezpieczeństwa i oddalenie w ten sposób ewentualnego zagrożenia (np. miejsca, w którym może zostać zaparkowany samochód z urządzeniem wybuchowym) na odpowiednią – możliwie największą – odległość. Strefa bezpieczeństwa musi być otoczona solidnymi, trwale połączonymi z podłożem przeszkodami, którymi najczęściej są elementy małej architektury: ławy, żelbetowe kwiatony, słupy, masywne ogrodzenia, podesty i mury oporowe. Wjazd na chronioną posesję musi być zaopatrzony w masywne bariery i zapory, których sforsowanie przez rozpędzony samochód będzie niemożliwe.



Rys. 1. Zależność wielkości strefy bezpieczeństwa, ciężaru ładunku wybuchowego i ciśnienia fali uderzeniowej

	Threat Description		Explosives Mass (TNT equivalent)	Building Evacuation Distance	Outdoor Evacuation Distance
High Explosives (TNT Equivalent)		Pipe Bomb	5 lbs 2.3 kg	70 ft 21 m	850 ft 259 m
		Suicide Belt	10 lbs 4.5 kg	90 ft 27 m	1,080 ft 330 m
		Suicide Vest	20 lbs 9 kg	110 ft 34 m	1,360 ft 415 m
		Briefcase/Suitcase Bomb	50 lbs 23 kg	150 ft 46 m	1,850 ft 564 m
		Compact Sedan	500 lbs 227 kg	320 ft 98 m	1,500 ft 457 m
		Sedan	1,000 lbs 454 kg	400 ft 122 m	1,750 ft 534 m
		Passenger/Cargo Van	4,000 lbs 1,814 kg	640 ft 195 m	2,750 ft 838 m
		Small Moving Van/ Delivery Truck	10,000 lbs 4,536 kg	860 ft 263 m	3,750 ft 1,143 m
		Moving Van/Water Truck	30,000 lbs 13,608 kg	1,240 ft 375 m	6,500 ft 1,982 m
		Semi trailer	60,000 lbs 27,216 kg	1,570 ft 475 m	7,000 ft 2,134 m

Rys. 2 Zależność wielkości strefy bezpieczeństwa, ciężaru ładunku wybuchowego i jego lokalizacji

Standardy amerykańskie zalecają, aby odległość chronionego budynku od krawędzi ulicy lub niekontrolowanego parkingu wynosiła od 10 m (cele niskiego ryzyka) do 50 m (cele wysokiego ryzyka, np. miejsca chronionych zgromadzeń i budynki ambasad). Za niedopuszczalne uważa się parkowanie samochodów bezpośrednio przy budynku lub pod nim. Szybką metodę wyznaczania zależności pomiędzy wielkością strefy bezpieczeństwa (tj. odległością miejsca potencjalnego wybuchu od budynku), ciężarem ładunku wybuchowego i skutkami wybuchu (wyrażoną wartością ciśnienia psi) przedstawia załączony rysunek 1. Z analizy tego rysunku, a także zamieszczonej poniżej tabeli 1 wynika, że nawet 100-metrowa strefa bezpieczeństwa nie zabezpiecza w pełni budowli przed uszkodzeniami (na przykład w przypadku eksplozji bardzo silnego ładunku wybuchowego o wadze ponad 500 kilogramów, który może być przewieziony w furgonetce lub ciężarówce).

Przewidywane zniszczenia	Ciśnienie fali uderzeniowej (psi)	Ciśnienie fali uderzeniowej (kPa)
Popękane szyby w oknach	**0,15 - 0,22**	**1,03 - 1,51**
Niewielkie uszkodzenia części budynków	**0,50 - 1,10**	**3,40 - 7,60**
Wygięte arkusze metalu	**1,10 - 1,80**	**7,60 - 12,00**
Pęknięcia murowanych ścian	**1,80 - 2,90**	**12,00 - 20,00**
Zniszczenie drewnianych budynków	**powyżej 5**	**powyżej 34**
Poważne uszkodzenie budynków o szkieletowej konstrukcji stalowej	**4,00 – 7,00**	**27,00 – 48,00**
Poważne uszkodzenie budynków o konstrukcji żelbetowej	**6,00 – 9,00**	**41,00 – 6,002**
Prawdopodobne całkowite zniszczenie większości typów budynków	**10,00 – 12,00**	**69,00 – 82,00**

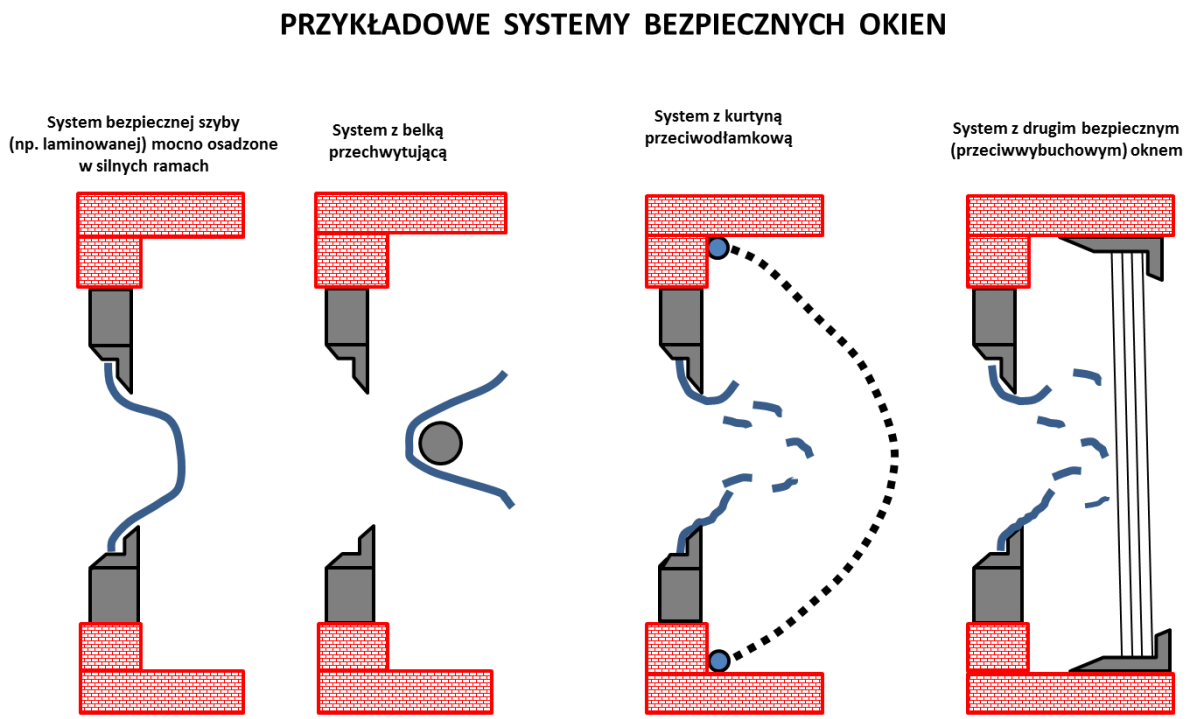
Tab. 1 Przewidywane skutki wybuchu, w zależności od ciśnienia fali uderzeniowej.

Elementem znacznie zwiększającym bezpieczeństwo budynku oraz ochranianego terenu jest ogrodzenie, które powinno być wysokie (ponad 2,40 m) i solidne, ale przy tym ażurowe. Ogrodzenia pełne ograniczają widoczność i kontrolę terenu, ponadto mogą – szczególnie kiedy są wykonane z bloków kamiennych lub murowane z drobnych elementów – zwiększyć niszczycielską siłę eksplozji, tworząc odłamki wtórne. Elementem ogrodzenia powinien być punkt kontroli wjazdu i wejścia oraz zamykane pomieszczenie do składowania śmieci. Teren wokół budynku musi być uporządkowany, przejrzysty, pozbawiony elementów, w których można ukryć bombę lub może ukrywać się napastnik, takich jak kwiatony, pojemniki na śmieci i gęste krzewy. Powinien być także dobrze oświetlony, dozorowany i monitorowany. Wszelkie otwory w zewnętrznych ścianach budynku, a w szczególności czerpnie powietrza do urządzeń wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, powinny być umieszczone poza zasięgiem agresora i zabezpieczone przed możliwością wrzucenia tam ładunku wybuchowego lub gazowego. W ochronie budynku

i terenu wokół niego dużą rolę odgrywają urządzenia elektroniczne, szczególnie dozór wizyjny (z akustycznym sygnalizowaniem wykrycia ruchomych obiektów), systemy sygnalizacji włamania i kontroli dostępu. Często wszystkie elektroniczne systemy zabezpieczające budynek zintegrowane zostają w nadrzędny system nadzoru i bezpieczeństwa, tzw. SMS (*Security Management System)*, zapewniający monitorowanie i rejestrowanie ich działania oraz wizualizację sygnałów. Zaletą systemów elektronicznych, szczególnie połączonych ze specjalnymi, wzmocnionymi typami przeszkleń, jest możliwość ograniczenia tradycyjnych, masywnych zabezpieczeń technicznych (kraty) i nadania budynkowi przejrzystego charakteru. Jednak współczesne - tzw. inteligentne - technologie, które skutecznie zabezpieczają budynek przed włamaniem, stają się bezradne wobec niszczycielskiej siły terrorystycznego ataku bombowego. Techniczne zabezpieczenie budynku przed skutkami wybuchu jest najtrudniejszym i najbardziej kosztownym elementem systemu zabezpieczeń antyterrorystycznych, gdyż wywołuje daleko idące implikacje przestrzenne, ingerując w formę, architekturę i sposób użytkowania budynku. Idealnym zabezpieczeniem w tym przypadku jest bowiem skonstruowanie budynku pozbawionego okien, najlepiej podziemnego bunkra. Dlatego filozofia zabezpieczania budowli przed skutkami wybuchów opiera się na dwóch podstawowych przesłankach: zabezpieczaniu ich przed zawaleniem się oraz dążeniu do ograniczenia liczby ofiar i rozmiaru zniszczeń. Najsłabszym elementem wszelkich obiektów są okna i ściany osłonowe. Fakt ten wykorzystuje się na etapie projektowania: fragmenty przeszklone powinny ustąpić fali uderzeniowej jako pierwsze, tak aby jej energia mogła w kontrolowany sposób przejść przez wnętrze budynku, nie naruszając jego zasadniczej konstrukcji (*balanced design*). Jednocześnie podejmuje się działania zmierzające do ograniczenia zagrożenia wywołanego przez latające odłamki szkła poprzez zastosowanie warstwowego szkła laminowanego (bezpiecznego) oraz silne połączenie zestawów szklanych z ramami okiennymi, które z kolei muszą być dobrze osadzone w murach. Zabiegi te

mają na celu spowodowanie w następstwie wybuchu kontrolowanego „rozdarcia” tafli szklanych, które jednak powinny pozostać w ramach. Innym systemem zabezpieczającym przed rozpryskami szkła są kurtyny przeciwwybuchowe (*blast curtains)*, zastosowane po raz pierwszy w czasie II wojny światowej w Londynie. Są to obciążone wzdłuż dolnej krawędzi pasy gęstej metalowej siatki (obecnie stosuje się siatki kevlarowe, aramidowe itp.) zawieszone nad oknem, szersze i dłuższe od otworów okiennych. Nadmiar kurtyny zrolowany jest pod oknem w skrzynce, umieszczonej w ścianie lub stropie. Na skutek wybuchu kurtyny wyginają się, przepuszczając falę uderzeniową i skutecznie wychwytują odłamki szkła. Alternatywą dla kurtyn są wewnętrzne pręty lub kraty montowane w świetle okna, których zadaniem jest wyłapywanie fragmentów foliowanego szkła. Skuteczność tego typu rozwiązań w dużym stopniu zależy od przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych i jakości użytych komponentów.

Inną formą zabezpieczenia wnętrza budynku przed niszczącymi skutkami wybuchu jest wykonanie bariery przeciwwybuchowej (*blast resistant barier)* w postaci okien przeciwwybuchowych. Konstrukcja okien przeciwwybuchowych jest oparta na wykorzystaniu warstwowo klejonych arkuszy poliwęglanowych lub klejonego szkła na przemian z arkuszami poliwęglanu, zamocowanymi w bardzo solidnych ramach. W przypadku stosowania okien przeciwwybuchowych konieczna jest analiza statyczna budynku i ścian zewnętrznych w celu wyeliminowania zagrożeń, np. ewentualnego zawalenia się budynku lub wgniecenia okien wraz z ramami i częściami ścian do jego wnętrza. W razie konieczności zabezpieczenia okien budynku tworzy się za nimi drugą warstwę okien, wykonanych ze szkła przeciwwybuchowego. Przegrody poliwęglanowe mocowane są w tym przypadku do stropów i tworzą rodzaj zamkniętej komory, powstałej pomiędzy oknem a przeszkodą przeciwwybuchową. Jest to najskuteczniejsze rozwiązanie chroniące ludzi i mienie. Do jego wad zalicza się jednak konieczność odpowiedniego wzmocnienia konstrukcji ścian i stropów, utratę powierzchni wewnętrznej i brak możliwości korzystania z okien.

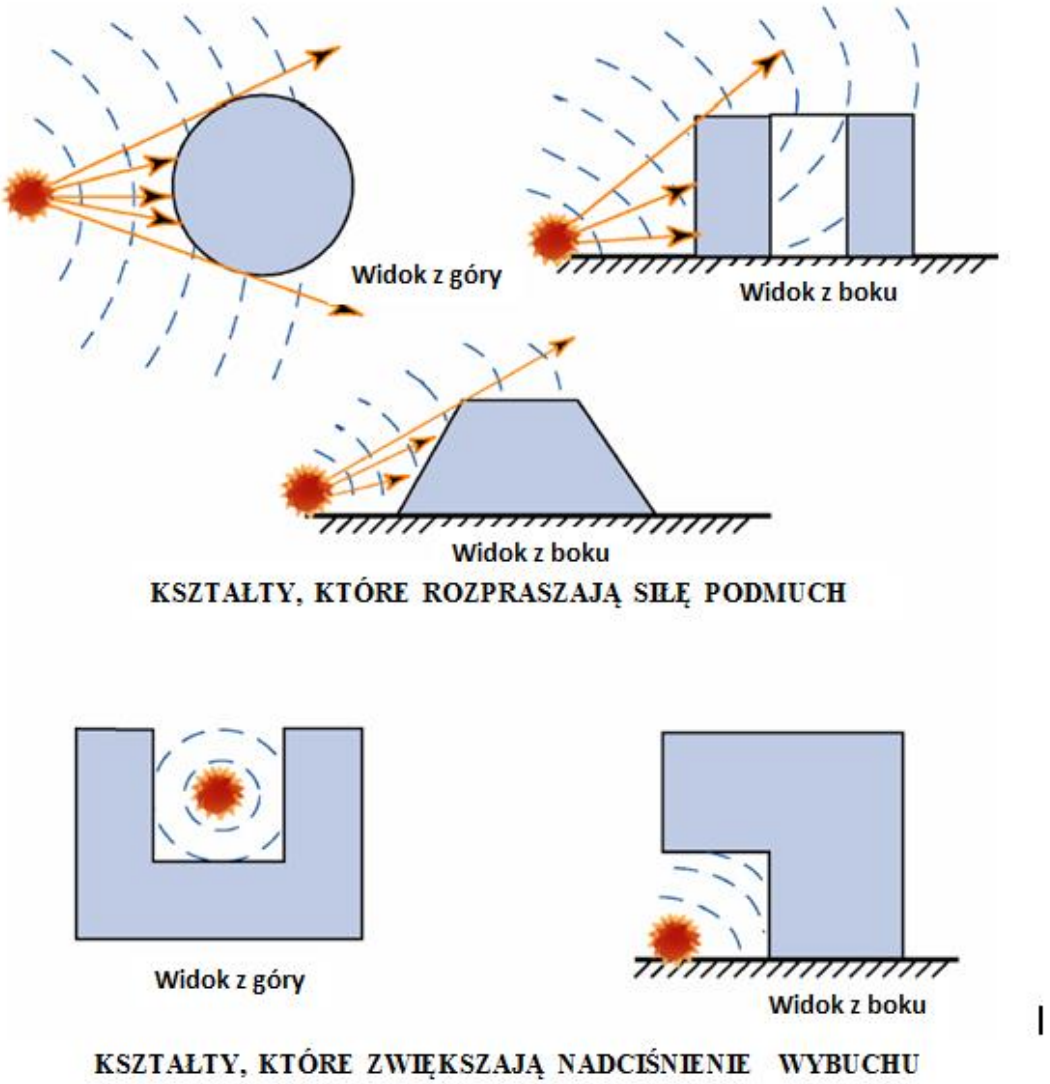


Opracowanie Z. Mazurkiewicz, SALUS Taktyka i Technika dla Bezpieczeństwa za HINMAN E., Blast of the Building Desing Guide, Washington D.C. 2008.

Rys. 3 Przeciwwybuchowe zabezpieczenia otworów okiennych

Zaleca się, aby konstrukcja ścian osłonowych budynków narażonych na atak bombowy była stalowa lub aluminiowa, z wypełnieniem słupów i rygli dodatkowymi profilami stalowymi, a zestawy szklane laminowane – wklejane do ram za pomocą konstrukcyjnych klejów silikonowych. Prowadzone są badania zmierzające do poprawy odporności ścian osłonowych na skutki wybuchu poprzez zastosowanie kabli, które zabezpieczają szkło przed wyrwaniem z ram. Ponadto kable, łącząc ze sobą ramy okienne i rygle, nadają całej przeszklonej powłoce budynku dodatkowej elastyczności (*cable protected window system)*.

Na skuteczność ochrony przeciwwybuchowej obiektu duży wpływ ma kształt jego bryły: wszelkie rozczłonkowania i nadwieszenia kumulują energię wybuchu bardziej niż formy zwarte, obłe czy skośne.



Rys. 4 Wpływ kształtu na propagację fali uderzeniowej wybuchu

Właściwe jest także takie ukształtowanie funkcji wewnątrz budowli, aby strefy i pomieszczenia szczególnie chronione umieścić w głębi budynku („pudełko w pudełku"), a większe kompleksy zabudowy kształtować na zasadzie pierścieniowej, umieszczając pomieszczenia najbardziej chronione wewnątrz

kompleksu. Budynki niskie, rozproszone, ukryte w zieleni są bardziej bezpieczne od budynków wysokich. Za najbardziej narażone na atak uważa się części wejściowe obiektów - halle wejściowe. Zaleca się, aby tego typu pomieszczenia miały formę kubatur dostawionych do głównej bryły budynku, tak aby ich ewentualne zniszczenie nie zagrażało głównej konstrukcji. Stanowczo odradza się projektowanie wolnostojących słupów, arkad i innych miejsc, w których elementy głównej konstrukcji nośnej są dostępne, nieosłonięte i narażone na zniszczenie. W wypadku wzmacniania istniejącej struktury zewnętrzne kolumny winny zostać obudowane masywnym płaszczem ze stali, o licu ustawionym w odległości 20 cm od powierzchni żelbetu.

Najbardziej odporna na skutki wybuchu jest monolityczna konstrukcja żelbetowa. Wszystkie ambasady USA, które uważa się za obiekty najbardziej narażone na atak terrorystyczny, wznoszone są obecnie właśnie w tej technologii. Układy żelbetowe posiadają wiele zalet: są wszechstronnie rozpoznane i przebadane, ich poszczególne elementy mogą być dowolnie wymiarowane i kształtowane zgodnie z potrzebami statyki, a całość jest niezwykle zwarta. Duży ciężar własny opóźnia reakcję obiektu na falę uderzeniową, co jest zjawiskiem korzystnym, gdyż w czasie kolejnych milisekund impet fali uderzeniowej maleje. Aby konstrukcja żelbetowa była odporna na wybuch, przy projektowaniu jej detali należy stosować zasady analogiczne do projektowania w obszarach zagrożonych ruchami sejsmicznymi[1]. Ponadto należy pamiętać, aby m.in.:

– symetrycznie zbroić obie powierzchnie wszystkich przegród (ścian i stropów),

– używać podpór raczej w postaci ścian niż słupów,

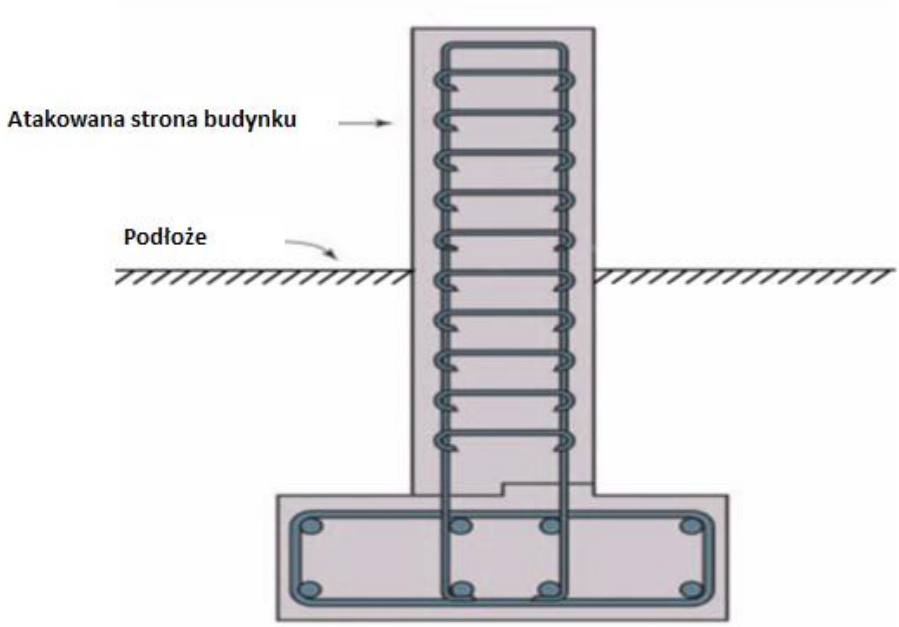
Uwaga[1] : Oddziaływanie wybuchu na konstrukcję budynku jest inne niż oddziaływanie sejsmiczne: siła wybuchu jest skierowana głównie w stronę nadziemnej części budowli, energia sejsmiczna zaś oddziałuje głównie na podziemne partie budynku. Także czas zdarzenia znacznie się różni. Mimo to, zasady projektowania elementów i węzłów są podobne: przede wszystkim należy zachować ciągłość i elastyczność konstrukcji.

– łączyć zbrojenie konstrukcyjne w najmniej obciążonych miejscach,

– zwiększyć odporność elementów konstrukcji na ugięcia,

– zapewnić stateczność budynku na wypadek zniszczenia dowolnego fragmentu konstrukcji na wysokości jednego piętra i szerokości jednego przęsła,

– w popularnych układach słupowo-płytowych wzmacniać połączenie słupów ze stropami poprzez głowice płaskie lub ostrosłupowe, tworząc tzw. stropy grzybkowe.



Rys. 5 Schemat typowego rozwiązania konstrukcyjnego o podwyższonej odporności na wybuch

W budynkach zagrożonych atakiem terrorystycznym odradza się stosowanie elementów prefabrykowanych i ścian murowanych. Dla stalowych konstrukcji szkieletowych należy stosować mechaniczne połączenia wszystkich elementów konstrukcji. Aby zabezpieczyć obiekt przed wgniataniem elementów lekkiej obudowy do wewnątrz budynku, stosowane są siatki: stalowe lub wykonane ze zbrojonych włókien polimerowych czy kevlarowych,

rozpinane na zewnętrznym licu elementów konstrukcji nośnej (słupy, rygle). W projektowaniu elewacji i elementów otoczenia budynków nie należy stosować drewna, cegieł, bloczków betonowych, luksferów i innych pustaków i elementów szklanych, a także masywnych osłon przeciwsłonecznych, ani żadnych innych elementów, których latające szczątki mogą być źródłem dodatkowego zagrożenia.

Projektując stropy i dachy, szczególną uwagę należy zwracać na pierwszy zewnętrzny trakt, który będzie podlegał największym obciążeniom od wybuchu. Nie należy przekraczać rozpiętości 10 metrów; preferowanym typem zbrojenia jest zbrojenie krzyżowe dwukierunkowe. Zarówno płyty, jak i belki powinny być symetrycznie zbrojone, zaś wszystkie przeszklenia dachowe i świetliki – maksymalnie odsunięte od zewnętrznej krawędzi w głąb budynku (powinny też posiadać laminowane wewnętrzne tafle szklane i być zaopatrzone w siatki łapiące odpryski szkła). Wskazane jest, aby zewnętrzne urządzenia sytuowane na dachach były solidnie mocowane do podłoża. Na zakończenie warto odnotować bardzo dobre właściwości ziemi jako materiału chroniącego przed skutkami wybuchu. Budynki zakopane bądź okopane w ziemi i pokryte roślinnością oraz tzw. zielone dachy to rozwiązania wykorzystywane od dawien dawna w budowie fortyfikacji, a obecnie coraz częściej stosowane do konstruowania budynków cywilnych. Ich rosnąca popularność związana jest z propagowaniem wartości proekologicznych i łatwością, z jaką wtapiają się w teren. Do ich wymienionych powyżej zalet należy dodać także dużą odporność na atak terrorystyczny, pod warunkiem, że uniemożliwiony zostanie wjazd samochodów na ich stropodachy.

Wnioski

Zabezpieczenia antyterrorystyczne i ich skutki przestrzenne wywołują szereg kontrowersji, a nierzadko i protestów. Wskazuje się przy tym na ogół na groźbę nadmiernej ingerencji państwa w swobody obywatelskie, fortyfikację przestrzeni publicznej miast i ograniczanie dostępu do najważniejszych budynków, a także na utrwalanie szkodliwego psychologicznie syndromu „oblężonej twierdzy". W przypadku Muzeum Powstania Warszawskiego, ze względu na jego militarny charakter, występuje unikalna w skali świata możliwość zastosowania rozwiązań bezpieczeństwa typowych dla obiektów wojskowych zarówno w zakresie użytych materiałów, jak i rozwiązań architektonicznych.

Zabezpieczanie obiektów jest tylko drobnym fragmentem kompleksowych działań antyterrorystycznych, ale elementem bardzo kosztownym i widocznym. Celowość i skuteczność zabezpieczeń technicznych poddawana jest często w wątpliwość. Wynika to z faktu, że terroryści dysponują całym arsenałem środków, które mogą wykorzystać w atakach na tzw. cele miękkie. Tymi celami są: zatłoczone muzea oraz inne obiekty publiczne typu stadiony i dworce oraz środki komunikacji masowej, które jest niepomiernie trudniej chronić niż wybrane budynki. Dlatego przed podjęciem decyzji o zabezpieczeniu antyterrorystycznym określonej budowli konieczna jest kompleksowa analiza zarówno ryzyka, jak i kosztów oraz rezultatów tego działania, w tym skutków psychologicznych i przestrzennych. Jak pokazują przykłady z Wielkiej Brytanii i USA, dla powodzenia tego typu przedsięwzięć konieczna jest ich społeczna akceptacja, będąca zazwyczaj funkcją ogólnego poczucia zagrożenia. Najskuteczniejszymi, stosunkowo najprostszymi i najmniej inwazyjnymi metodami zabezpieczania budynków i ich użytkowników przed skutkami ataku bombowego są: zapewnienie odpowiedniej strefy bezpieczeństwa wokół obiektu i zastosowanie do wszystkich przeszkleń laminowanego szkła bezpiecznego.

SUGESTIE PRAKTYCZNE

W projekcie architektonicznym rozbudowy Muzeum Powstania Warszawskiego powinno uwzględnić się między innymi niżej wymienione przedsięwzięcia i rozwiązania techniczne oraz organizacyjne.

1. Kontrola dostępu (*access control*) - ograniczenie zagrożenia poprzez zróżnicowane środki kontroli dostępu:

ochrona fizyczna (strażnicy), mechaniczna (bramy i zamki), elektroniczna (czujniki i sygnalizatory włamania, karty dostępu i urządzenia biometryczne). Wyznaczenie w obiekcie hierarchicznych stref, do których wstęp mają tylko uprawnione osoby. Celem jest ograniczenie potencjalnemu napastnikowi dostępu do obiektu.

2. Zapewnienie nadzoru (*surveillance*): ułatwienie użytkownikom i służbom ochrony obserwacji wnętrz i terenu wokół obiektu - szczególnie dojść i wejść - za pomocą odpowiedniej konstrukcji budynku i jego otoczenia oraz urządzeń optycznych i elektronicznych (noktowizory, CCTV). Celem jest odstraszenie, wykrycie i zneutralizowanie potencjalnych napastników.

3. Wzmocnienie terytorialne (*territorial reinforcement*): tworzenie wokół zagrożonych budynków stref chronionych (ogrodzenia, mury i patrole) oraz stref bezpieczeństwa uniemożliwiających atak na budynek przy użyciu bomby samochodowej. Służą temu zmiany organizacji ruchu kołowego i bariery tworzone przez elementy małej architektury, mury oporowe, kwiatony, rzeźby, ławy, maszty i słupki (*bollards*). Celem jest utrudnienie dokonania zamachu i ograniczenie jego skutków.

4. Utwardzenie celów (*target hardening*): zabezpieczanie potencjalnych celów ataku przed jego skutkami poprzez planowanie, środki architektoniczne i techniczne (strefowanie funkcji budynku, wzmacnianie konstrukcji i elewacji, stosowanie przeszkleń pancernych lub innych, zabezpieczanie otworów, kanałów i instalacji podziemnych, tworzenie schronów i bezpiecznych

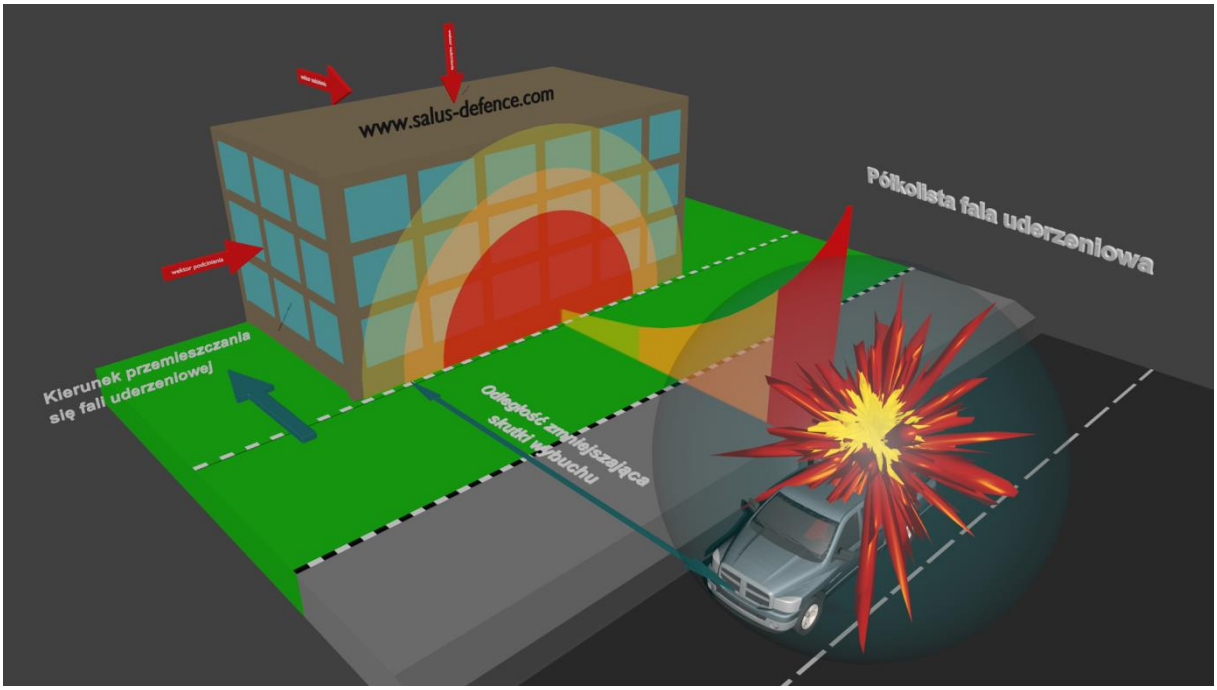
pomieszczeń, dublowanie instalacji budynku). Działania te mają służyć ograniczeniu strat i zniszczeń powstałych w wyniku ewentualnego ataku.

A. OTOCZENIE MUZEUM

1. Lokalizacja parkingów dla pojazdów w możliwie dużej odległości od chronionych obiektów. Rekomendowana jest odległość minimum 10 metrów, a rozsądnym kompromisem pomiędzy funkcjonalnością i podwyższonym poziomem bezpieczeństwa jest odległość powyżej 50 metrów. Wymieniony dystans 50 metrów znacząco podnosi poziom bezpieczeństwa osób przebywających w strefie wejściowej do Muzeum i wewnątrz obiektów ze zbiorami.

2. Wykorzystanie w miarę możliwości ukształtowania terenu do wzmocnienia ochrony antybombowej. Różnego rodzaju skarpy ziemne (naturalne i sztucznie usypane) stanowią doskonałą ochronę przed praktycznie wszystkimi skutkami wybuchu – oczywiście w sytuacji, kiedy ładunek wybuchowy umieszczony jest niżej niż chronione obiekty. W związku z powyższym należy rozważyć utrzymanie ochronnych właściwości terenu tzn. istniejącej skarpy od ulicy Towarowej.

3. Zastosować możliwie dużą separację (nowego) wejścia głównego od miejsc parkingowych.



Rys. 6 Wpływ odległości i ukształtowania terenu na bezpieczeństwo

4. Uniemożliwienie wjazdu na ochraniany teren i w pobliże chronionych budynków pojazdów taranujących ustawione zabezpieczenia. W celu realizacji tego zalecenia należy wykorzystywać solidne, stalowe, żelbetonowe lub stalowo-żelbetonowe słupy i zapory oraz masywne elementy architektoniczne o odpowiednio dużych wymiarach i/lub kształcie optymalizowanym do zablokowania (punktowego zatrzymania) rozpędzonego pojazdu. Przy projektowaniu tego typu rozwiązań należy uwzględnić konieczność umożliwienia wjazdu na chroniony obszar i w pobliże budynków Muzeum pojazdów służb ratowniczych, w szczególności samochodów straży pożarnej i pogotowania ratunkowego.

5. Rejon ewakuacji i droga prowadząca do niego ze strefy muzealnej oraz rejon wyczekiwania na wejście do strefy muzealnej powinny być pozbawione elementów mogących stać się odłamkami wtórnymi wybuchu. Szczególne niebezpieczeństwo stwarzają rozbite tzw. „zwykłe” szyby, ceramika, luksfery, nieduże i słabo zamocowane elementy metalowe, ceglane itp.

6. Rozwiązania architektoniczne minimalizujące zagrożenia osób przebywających w łączniku (przejściu podziemnym) w przypadku wybuchu i zniszczenia (w tym całkowitego zawalenia) wejścia do Muzeum. Zawalenie się wejścia nie może znacząco utrudnić lub istotnie spowolnić ewakuacji ludzi z tunelu. Ponadto rozwiązania muszą zagwarantować osobom przebywającym w łączniku warunki do przeżycia. Przy czym należy uwzględnić, że w trakcie wybuchu powstają bardzo toksyczne gazy powybuchowe, a często efektem wybuchu jest gwałtownie rozwijający się pożar. Systemy wentylacji oraz energetyczne muszą uwzględnić te zagrożenia i gwałtowne pogorszenie się warunków środowiskowych w tunelu w przypadku ataku bombowego. Rozwiązania dotyczące instalacji wodnej, jej przebiegu i konstrukcji powinny uwzględniać negatywne skutki wybuchu na tego typu infrastrukturę, w tym wstrząs sejsmiczny generowany przez ładunki wybuchowe detonowane na powierzchni gruntu lub zagłębione w ziemi oraz duże ładunki odpalane w powietrzu. Wybuch i zjawiska jemu towarzyszące często powodują zniszczenie, rozszczelnienie instalacji wodnej i zalanie infrastruktury posadowionej poniżej poziomu otaczającego gruntu.

7. Strefa bezpieczeństwa (wewnętrzna strefa Muzeum) powinna być otoczona solidnymi, trwale połączonymi z podłożem przeszkodami. Sprawdzają się w tej roli elementy małej architektury: ławy, żelbetowe kwiatony, słupy, masywne ogrodzenia, podesty, mury oporowe, przeciwskarpy lub (co w przypadku Muzeum Powstania Warszawskiego może być uzasadnione charakterem placówki i dobrze komponować się z koncepcją i celami Muzeum) typowo wojskowe obiekty inżynieryjne jak np. zapory przeciwczołgowe, zapory przeciwtransportowe itd.

ZAPORY I PRZESZKODY MUSZĄ BYĆ TAK SKONSTRUOWANE I ZAKOTWICZONE, ABY ICH SFORSOWANIE PRZEZ ROZPĘDZONY SAMOCHÓD BYŁO NIEMOŻLIWE.

8. Ogrodzenie powinno być solidne, ale przy tym ażurowe. Wskazane jest, by wysokość ogrodzenia miała więcej niż 240 cm, a w przypadku ograniczeń wynikających z zapisów prawa – osiągnęła najwyższą dozwoloną wartość.

Należy mieć na względzie, że ogrodzenia pełne ograniczają widoczność i kontrolę terenu. Mogą ponadto – szczególnie kiedy są wykonane z bloków kamiennych lub murowane z drobnych elementów – zwiększyć niszczycielską siłę eksplozji, tworząc odłamki wtórne.

Przy niskich ogrodzeniach powinny być stosowane rozwiązanie uniemożliwiające ich pokonanie bez specjalistycznego sprzętu.

Elementem ogrodzenia powinien być punkt kontroli wjazdu i wejścia.

B. INFRASTRUKTURA

1. W projekcie należy w maksymalnym stopniu uwzględnić rozwiązania i materiały zwiększające odporność obiektów na negatywne pierwotne i wtórne skutki wybuchu oraz z determinacją podejmować działania zmierzające do „utwardzenia" infrastruktury Muzeum na czynniki wybuchu.

2. Należy przyjąć rozwiązania, które sprawią, że wybuch na terenie Muzeum i na przyległych parkingach, a w szczególności wybuch w rejonie nowego wejścia nie spowoduje w żadnym przypadku zalania wodą lub silnego zadymienia łącznika (przejścia podziemnego). Już na poziomie projektowania konieczna jest bezpieczna separacja instalacji wodnej i gazowej (jeżeli takowe istnieją lub są planowane do wykonania) od podziemnych ciągów komunikacyjnych i pomieszczeń, w których przewiduje się przebywanie ludzi i zarazem są lub będą zlokalizowane poniżej poziomu gruntu.

3. Ważne jest by projekt architektoniczny (obliczenia wytrzymałościowe) obiektów wejściowych do Muzeum oraz łączników podziemnych uwzględniał fakt, że w trakcie wybuchu na elementy konstrukcji oddziałuje:

a. impuls wysokiego ciśnienia – pik wywołujący efekt dynamicznego udaru,

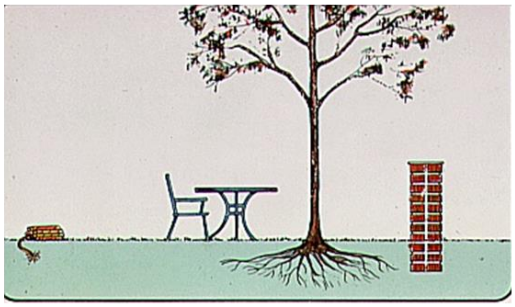
b. fala nadciśnienia „opływająca” budynki, wywierająca nacisk na powierzchnie boczne obiektów, a nawet na ich powierzchnie tylne,

c. fala podciśnienia – kierunek działającej na konstrukcje siły gwałtownie zmienia swój wektor.

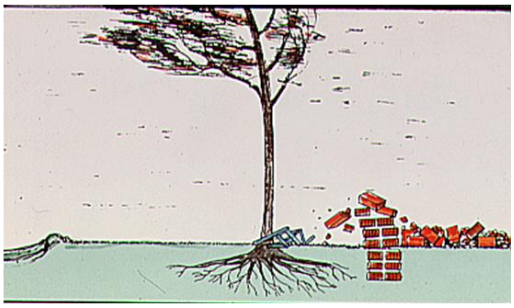
Ze względu na charakter fali uderzeniowej wybuchu, projekt powinien uwzględnić takie ukształtowanie budynków, które będzie minimalizowało negatywne oddziaływanie nadciśnienia. Szczególnie należy unikać rozwiązań, które mogą wytworzyć falę odbitą, która nałoży się na falę główną ciśnienia powodując lokalnie wielokrotny wzrost nadciśnienia.

WAŻNE. Obliczenia wytrzymałościowe ww. obiektów muszą uwzględnić fakt, że w czasie wybuchu, po krótkotrwałej fazie wysokiego ciśnienia (nadciśnienia) następuje faza podciśnienia.

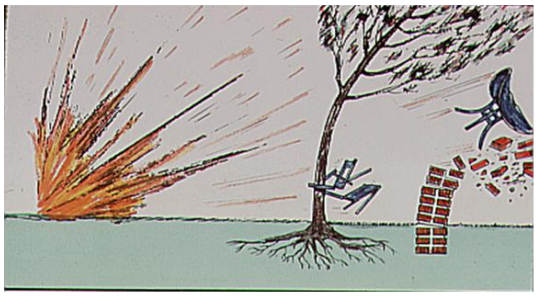
Etapy wybuchu



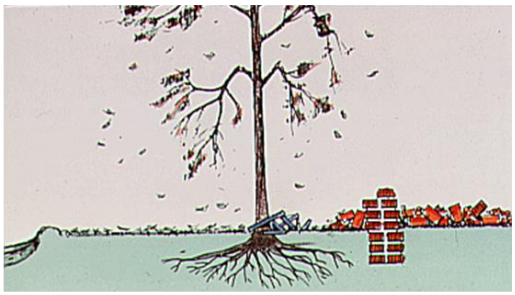
1.Stan przed wybuchem



3.Etap podciśnienia

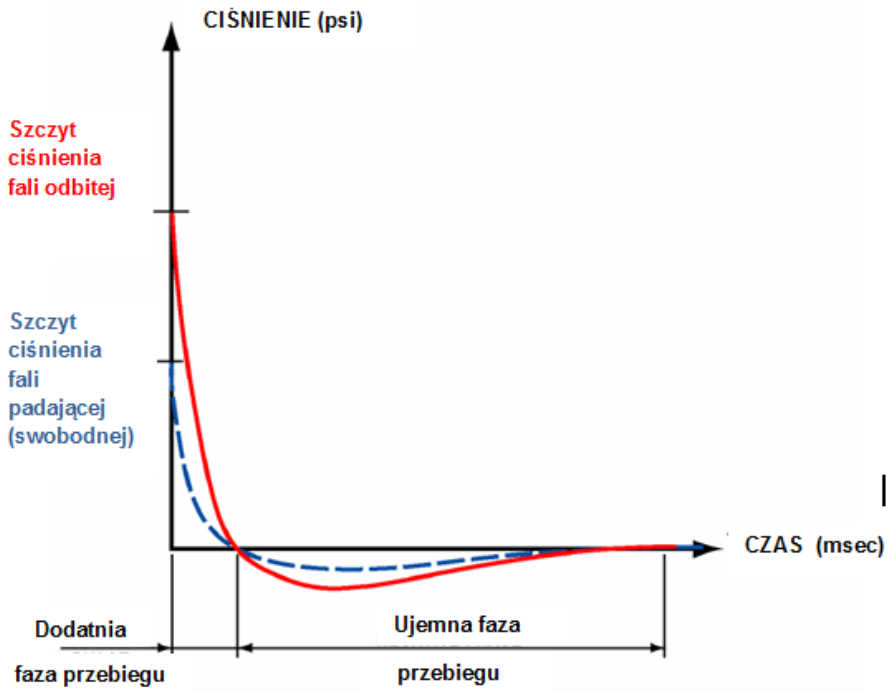


2.Etap nadciśnienia

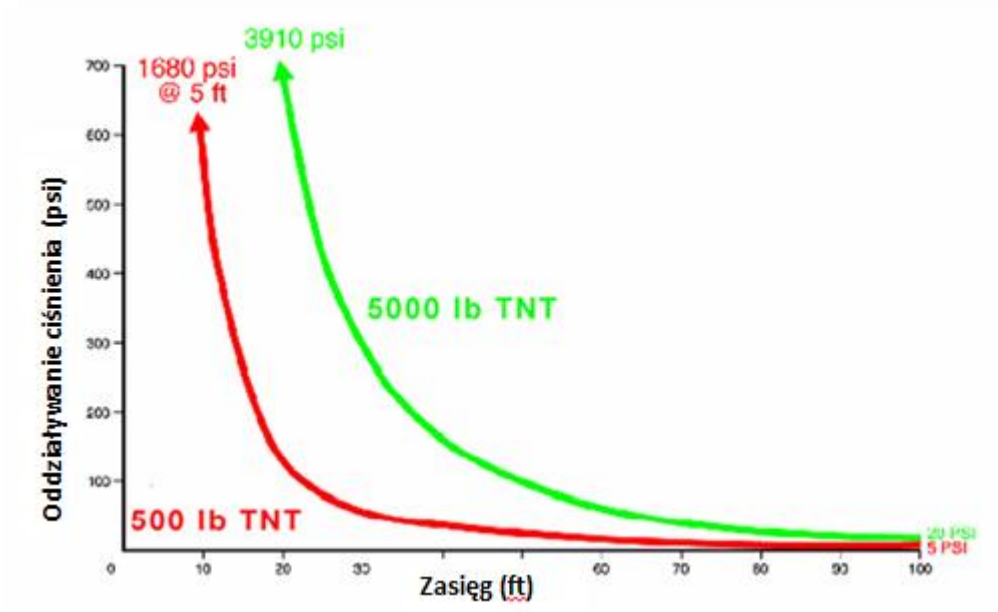


4.Stan po wybuchu

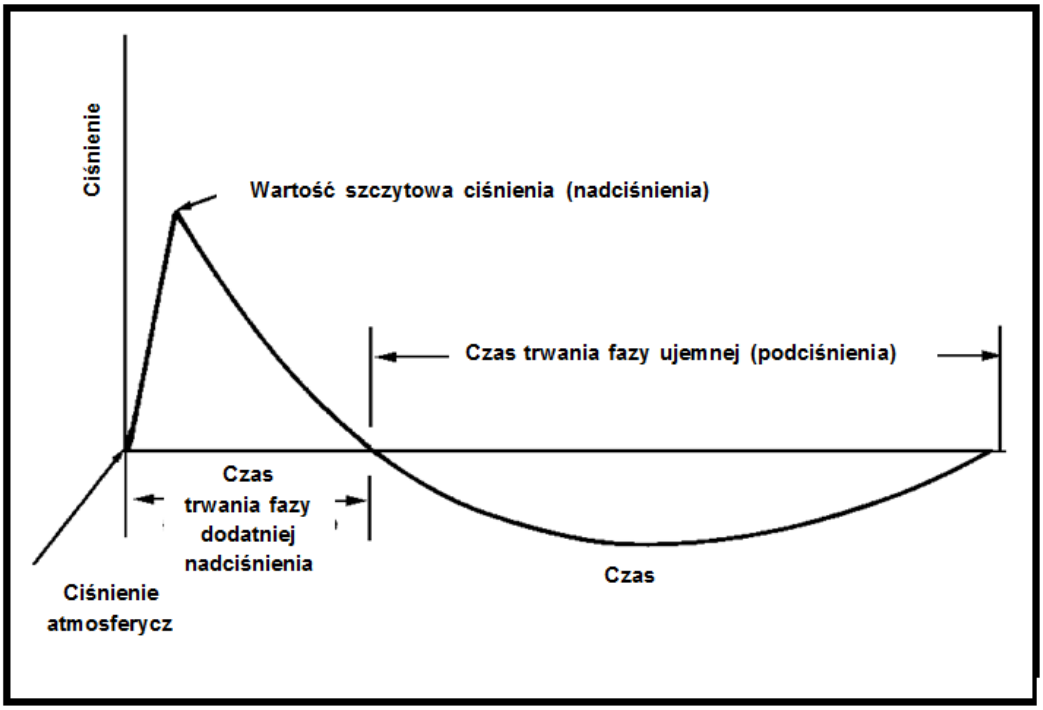
Faza podciśnienia ma niższą wartość bezwzględną w odniesieniu do fazy nadciśnienia, ale wyraźnie dłuższy czas trwania i zarazem oddziaływania na elementy konstrukcyjne budowli. Przy projektowaniu należy pamiętać w trakcie projektowania, że w tracie rozpoczynania się fazy 3 tzn. podciśnienia następuje gwałtowna ZMIANA KIERUNKU DZIAŁANIA (WEKTORA) SIŁY. W konsekwencji względnie niskie ciśnienie może spowodować katastrofę - zawalenie się konstrukcji naruszonej w pierwszej fazie wybuchy, jeżeli nie zostały uwzględnione i zastosowane środki zaradcze. Gwałtowna zmiana kierunku obciążenia konstrukcji powinna zostać uwzględniona w rozwiązaniach elementów nośnych konstrukcji. Należy przeanalizować i ewentualnie uwzględnić takie zaprojektowanie konstrukcji, które uwzględni zmienne obciążenie wiązań. Można także w celu poprawienia odpowiedzi budynku (obiektu) na wybuch zastosować rozwiązania i materiały, które spowodują wyższą bezwładność konstrukcji, a więc mniejszą podatność na krótkotrwałe oddziaływanie sił zewnętrznych.



Rys. 7 Diagram ciśnienia fali pierwotnej i odbitej wybuchu oraz przebiegu faz dodatniego i ujemnego ciśnienia w funkcji czasu



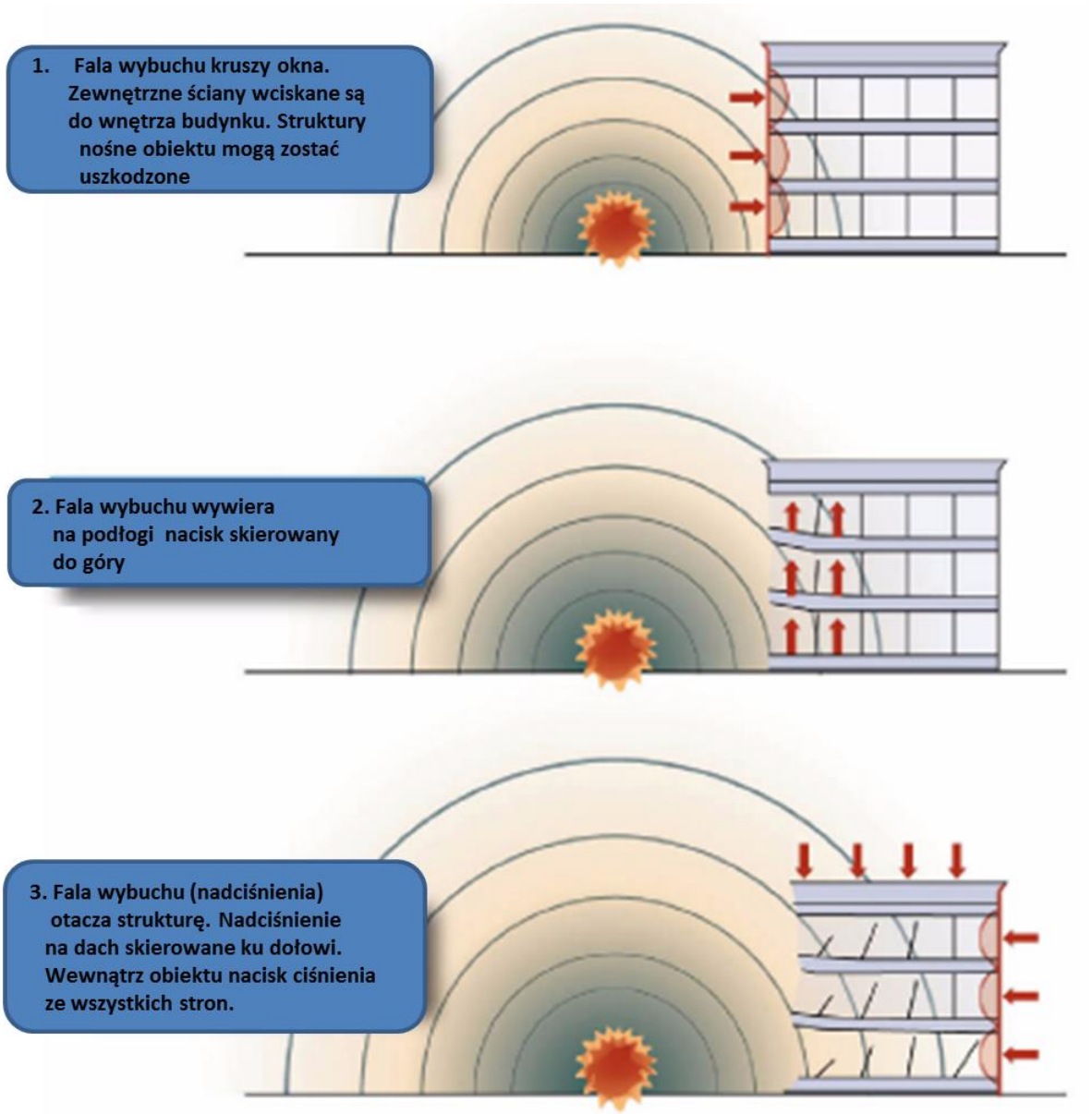
Rys. 8 Diagram przedstawiający spadek ciśnienia wraz odległością



Rys. 9 Diagram przebiegu ciśnienia w trakcie wybuchu

Uwaga. Faza nadciśnienia i podciśnienia. Obie fazy, w tym fazę podciśnienia należy koniecznie uwzględniać przy opracowywaniu obiektów „utwardzanych" na wybuch.

4. W projekcie - w szczególności obiektów wejściowych i łączników komunikacyjnych - powinien zostać uwzględniony fakt, że fala wybuchu (nadciśnienie) oddziałuje na podłogi poziomów zlokalizowanych powyżej umiejscowienia ładunku wybuchowego z wektorem skierowanym z dołu do góry. W związku z powyższym obliczenia i rozwiązania konstrukcyjne muszą uwzględniać - obok „tradycyjnych" obciążeń konstrukcyjnych i eksploatacyjnych (z wektorem zgodnym z kierunkiem oddziałania grawitacyjnego tzn. z góry w dół) - także możliwość wystąpienia sił działających z wektorem przeciwnym grawitacji.



Rys. 10 Oddziaływanie fali detonacyjnej na budynek

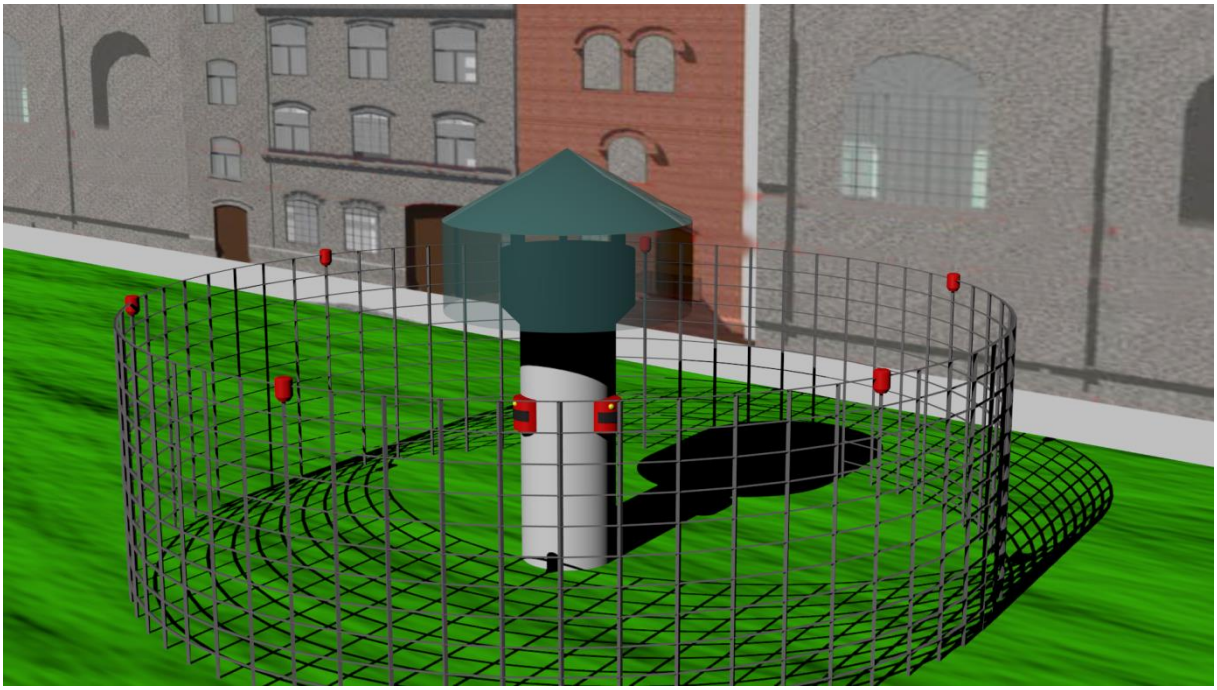
5. Rozwiązania konstrukcyjne powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby całkowite zniszczenie jednego elementu nośnego nie skutkowało zawaleniem się obiektu lub jego części nie zniszczonej bezpośrednim oddziaływaniem wybuchu.

6. Wloty powietrza (czerpnie) do systemów wentylacyjnych powinny być tak umiejscowione, aby niemożliwe było wprowadzenie do nich środków stałych i gazowych. Zaleca się umieszczanie ich na dużej wysokości, znacznie poza bezpośrednim zasięgiem potencjalnych napastników. Wloty powinny być zabezpieczone siatką, żaluzjami przed możliwością wrzucenia do ich wnętrza jakichkolwiek przedmiotów oraz wdmuchnięcia środków chemicznych lub biologicznych. Należy uwzględnić atak chemiczny lub biologiczny za pomocą małych bezzałogowych obiektów latających i zastosować elementy utrudniające lub uniemożliwiające zbliżenie się ich w bezpośrednią bliskość wlotów powietrza. Same czerpnie i rejon ich instalacji powinien być nieustannie monitorowany elektronicznymi systemami alarmowymi i wizyjnymi.

Rys.11 Czerpnie powietrza do systemów wentylacyjnych. Źródło: Z. Mazurkiewicz; SALUS Taktyka i Technika dla Bezpieczeństwa;

Pożądanym jest, aby system wentylacyjny posiadał dwa niezależne i odseparowane od siebie kanały powietrzne i czerpnie z dwóch różnych stron Muzeum. Separacja powinna umożliwić wentylacje w sytuacji kryzysowej w przypadku zniszczenia jednego kanału przez urządzenie wybuchowe. System z dwoma kanałami powietrznymi powinien mieć możliwość szybkiego wyłączenia obiegu powietrza w systemie jednego z tych kanałów, co pozwalałoby na odcięcie go od całości systemu w przypadku ataku chemicznego lub biologicznego. Jednocześnie rozwiązanie to pozwoliłoby utrzymać minimalny wymagany poziom wentylacji obiektów Muzeum. System taki byłby również skuteczną odpowiedzią na zniszczenie jednego z torów obiegu powietrza w przypadku zamachu bombowego.

W razie konieczności lokalizacji czerpni powietrza w pobliżu podłoża tzn. poza wysokimi obiektami, teren czerni powinien być izolowany od nieautoryzowanych wejść w bezpośrednią bliskość wlotu powietrza. Ogrodzenie rejonu czerpni należałoby wyposażyć w czujniki naruszenia ogrodzenia, sygnalizujące ochronie rozpoczęcie próby wtargnięcia w wydzieloną strefę. Jednocześnie powinny zadziałać sygnalizatory akustyczne naruszenia ochranianego rejonu (urządzenia). Konstrukcja czerpni powinna zabezpieczać przed wrzucenie do kanałów wentylacyjnych pojemników z niebezpiecznymi substancjami. Konstrukcja wlotów powinna również uniemożliwiać wprowadzenie niebezpiecznych substancji drogą powietrzną za pomocą zdalnie sterowanych śmigłowców, copterów, małych samolotów itp. środków.



Rys. 12 Czerpnie powietrza do systemów wentylacyjnych zlokalizowana na małej wysokości nad powierzchnią gruntu. Elementy koloru czerwonego to czujki naruszenia ogrodzenia oraz czujki naruszenia strefy wewnętrznej. Źródło: Z. Mazurkiewicz; SALUS Taktyka i Technika dla Bezpieczeństwa;

W TRAKCIE CAŁEGO PROCESU PROJEKTOWEGO NALEŻY MIEĆ NA WZGLĘDZIE, ŻE PODSTAWOWYM ZAGROŻENIEM ZWIĄZANYM Z ATAKIEM BOMBOWYM JEST UTRATA STATECZNOŚCI KONSTRUKCJI BUDOWLI, CZYLI JEJ ZAWALENIE SIĘ.

BUDYNKI WEJŚCIOWE JAKO ELEMENT KRYTYCZNY SYSTEMU BEZPIECZEŃSTWA OBIEKTÓW PUBLICZNYCH

Budynki wejściowe do placówek publicznych takich jak np. muzea, galerie itp. są obiektami najbardziej narażonymi na atak terrorystyczny. Są to zazwyczaj krytyczne elementy systemu bezpieczeństwa – większość zamachów ma swój początek w rejonach wejściowych. W związku z powyższym na tych elementach infrastruktury należy w otwartych, cywilnych placówkach skoncentrować szczególne wysiłki w obszarze bezpieczeństwa. Z tego powodu poświęcono kwestiom zabezpieczenia rejonów wejściowych Muzeum osobny rozdział. Oczywiście wszystkie dotychczas przedstawione zasady mają swoje zastosowanie. Rozważania niniejsze są uszczegółowieniem pewnych kwestii charakterystycznych dla tych najbardziej newralgicznych elementów infrastruktury.

W trakcie rozbudowy Muzeum Powstania Warszawskiego planowana jest budowa dwóch obiektów wejściowych.

Wejścia głównego – podstawowego, do codziennej eksploatacji oraz drugiego (o znacząco mniejszej przepustowości) do okazjonalnego wykorzystania. Pierwszy budynek wejściowy ma zawierać szatnie, strefy kontroli bezpieczeństwa, pomieszczenia ochrony, węzły sanitarne, punkt obsługi zwiedzających, salę wielofunkcyjną, sklepy, itd.

Drugi budynek wejściowy będzie miał charakter okolicznościowy (wykorzystywany 2-3 razy w roku), ale należy i w tym przypadku zapewnić możliwość podstawowej kontroli dostępu. Przewidywana jest w nim lokalizacja takich elementów strukturalnych jak: stanowisko kasowe, punkt kontroli biletów, terminale kasowe (musi być zapewniony zasięg sieci Wi-Fi do ich użytkowania), bramki wejściowe, miejsce do ustawienia wykrywaczy metali, itp. Zalecane jest zaprojektowanie stałej oprawy architektonicznej i bramek oraz osprzętu technicznego przenośnego, tymczasowego.

Z ROLI BUDYNKÓW WEJŚCIOWYCH W SYSTEMIE BEZPIECZEŃSTWA MUZEUM WYNIKAJĄ NW. ZALECENIA PROJEKTOWE.

Do projektowania należy przyjąć klasę konsekwencji CC2b (średnie konsekwencje zniszczenia dla grupy wyższego ryzyka) według **PN-EN 1991-1-7:2008** (*Eurokod 1) oraz* ***PN-EN 1991-1-7:2008/A1:2014-07****. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-7: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wyjątkowe.*

Przyjęcie dla budynków wejściowych, w szczególności wejścia głównego klasy konsekwencji **CC3** (wysokie konsekwencje zniszczenia) według przywołanej normy będzie dodatkowo punktowane w konkursie.

1. Budynki, w szczególności budynki wejściowe MUSZĄ BYĆ ZAPROJEKTOWANE W SPOSÓB ZABEZPIECZAJĄCY PRZED WYSTĄPIENIEM ZJAWISKA KATASTROFY POSTĘPUJĄCEJ.

2. Budynki wejściowe należy zaprojektować w taki sposób, aby w przypadku zniszczenia przez wybuch (lub inne zdarzenie nadzwyczajne) elementu nośnego konstrukcji wytworzył się wtórny ustrój nośny uniemożliwiający zawalenie się budynków.

3. Budynki należy zaprojektować w sposób uniemożliwiający podłożenie ładunku wybuchowego bezpośrednio przy elementach nośnych konstrukcji.

4. Należy zaprojektować budynki wejściowe, aby były odporne na obciążenia wyjątkowe takie m.in. jak: uderzenie samochodem, wybuch wewnątrz, wybuch na zewnątrz. Każde z tych obciążeń jest obciążeniem dynamicznym,

dlatego też w każdym przypadku należy założyć nieliniową odpowiedź

konstrukcji. Zniszczenia miejscowe są dopuszczalne jedynie pod warunkiem, że nie zagrozi ono stateczności oraz nośności całej konstrukcji i będzie istniała możliwość podjęcia akcji ratowniczej.

Rekomendowana odporność budynków od wewnątrz na wybuch równoważnika trotylowego 10 kg. Rekomendowana odporność budynków na wybuch zewnętrzny – równoważnik trotylowy 200 kg z odległości 50 m.

5. Należy starać się wykorzystać ochronne (przed atakiem terrorystycznym) właściwości gruntu i jego ukształtowania (skarpa od ulicy Targowej).

6. Należy uniemożliwić wjazd (wdarcie się) rozpędzonego pojazdu do budynków wejściowych. Szczególne warunki bezpieczeństwa w tym względzie należy zaplanować dla głównego wejścia do Muzeum.

7. Należy uniemożliwić wjazd (wdarcie się) rozpędzonego pojazdu w rejon wyczekiwania gości Muzeum przed wejściem do niego, jeżeli rejon taki zostanie zaprojektowany.

8. Należy zapewnić możliwość sprawnej ewakuacji oraz dotarcie sił ratowniczych do osób przebywających w podziemnych łącznikach wejściowych w przypadku ataku terrorystycznego i zawalenia się budynku wejściowego.

9. Należy zapewnić wentylację podziemnych łączników w przypadku ataku terrorystycznego i zawalenia się budynku wejściowego do Muzeum. Rekomendowana jest wentylacja (z systemem oddymiania) składająca się z dwóch niezależnych torów (podsystemów). Kluczowe elementy podsystemów powinny być odseparowane od siebie na odległość uniemożliwiającą jednoczesne ich zniszczenie lub unieruchomienie za pomocą jednego ładunku wybuchowego.

10. Należy zapewnić zabezpieczenie i odporność instalacji wentylacyjnej, oddymiającej, wodnej (jeżeli jest przewidywana) itd. przed falą sejsmiczną potencjalnego wybuchu.

11. Należy przewidzieć i uwzględnić środki minimalizujące zagrożenie porażenia odłamkami osób przebywających na zewnątrz w pobliżu budynków wejściowych w przypadku wybuchu w ich wnętrzu.

12. W budynkach wejściowych w ich wewnętrznej strefie wejściowej oraz w planowanych rejonach kontroli bezpieczeństwa należy przewidzieć celowe osłabienia konstrukcji, aby w przypadku wybuchu „otworzyć kubaturę ataku bombowego” i umożliwić rozproszenie się fali uderzeniowej oraz uniemożliwić (zminimalizować) wytworzenie się wyższego ciśnienia w wyniku nałożenia się fali pierwotnej wybuchu z falą odbitą.

13. W rejonie punktów kontroli bezpieczeństwa należy przewidzieć miejsca o podwyższonej wytrzymałości na nadciśnienie oraz penetrację odłamkami z lokalnymi osłabieniami konstrukcji. Osłabienia konstrukcji powinny skierować, energię wybuchu w miejsca, w których nie przebywają ludzie lub w rejony, które można łatwo z takiego ruchu wyłączyć (np. pomieszczenia dla kwalifikowanego, odpowiednio przeszkolonego personelu).

14. Materiały użyte do budowy powinny minimalizować ryzyko powstawania rykoszetów odłamków bomb i pocisków wystrzelonych z broni strzeleckiej.

15. Ukształtowanie przestrzeni architektonicznej w miarę możliwości powinno kierować odłamki i pociski w strefy małego zagęszczenia ludzi oraz rozpraszać i pochłaniać energię potencjalnego wybuchu.

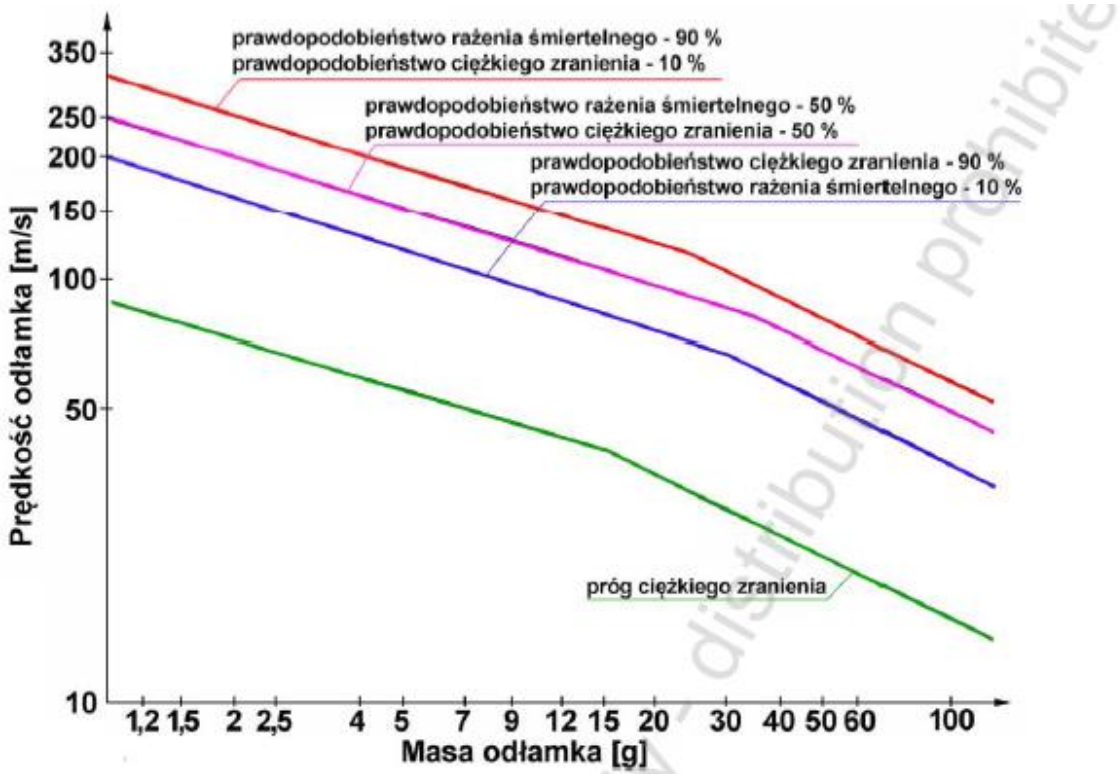
========== ==========

Uwagi: Jednym ze sposobów minimalizowania skutków wybuchu jest wykorzystanie efektu odprężania ciśnienia wybuchu, czyli zmniejszenia obciążenia, jakie wywiera wybuch na elementy konstrukcji. Jest to tzw. wybuch wentylowany, czyli przypadek, gdy część powierzchni zamykającej obszar wybuchu otwiera się w trakcie jego trwania, umożliwiając wypływ produktów spalania lub nawet mieszanki jeszcze niespalonej. Powoduje to zmianę parametrów funkcji wybuchu, w konsekwencji zmniejszenie obciążenia elementów konstrukcji do poziomu ciśnienia zredukowanego. W pomieszczeniach mieszkalnych takimi naturalnymi powierzchniami odprężającymi (upustowymi, nazywanymi dalej w skrócie wentylami) mogą być powierzchnie okien lub drzwi czy nawet lekkich przegród działowych. W obiektach publicznych, szczególnie w tych, które posiadają okna przeciwwybuchowe (kuloodporne lub antywłamaniowe wyższych klas odporności) takie obszary upustowe należy specjalnie zaprojektować. O skuteczności powierzchni odprężających (wentyli) decyduje szereg czynników, z których najistotniejsze to: powierzchnia wentyla, bezwładność wentyla (rozumiana jako jego gęstość powierzchniowa) oraz ciśnienie otwarcia wentyla.

TWORZENIE „ŚCIEŻEK PRZEŻYCIA” Z WYKORZYSTANIEM MAŁEJ ARCHITEKTURY I ELEMENTÓW INFRASTRUKTURY

Istotą projektowania „ścieżek przeżycia” jest stworzenie osłon, które w sytuacjach kryzysowych pozwolą ludziom ukryć się za nimi oraz przemieszczać w bezpiecznym kierunku za pomocą przebiegania i przeczołgiwania się. Do tego celu można wykorzystać obiekty „małej architektury”, niektóre eksponaty muzealne (np. samochód pancerny „Kubuś”), ukształtowanie terenu, elementy infrastruktury i inne o odpowiednich właściwościach ochronnych.

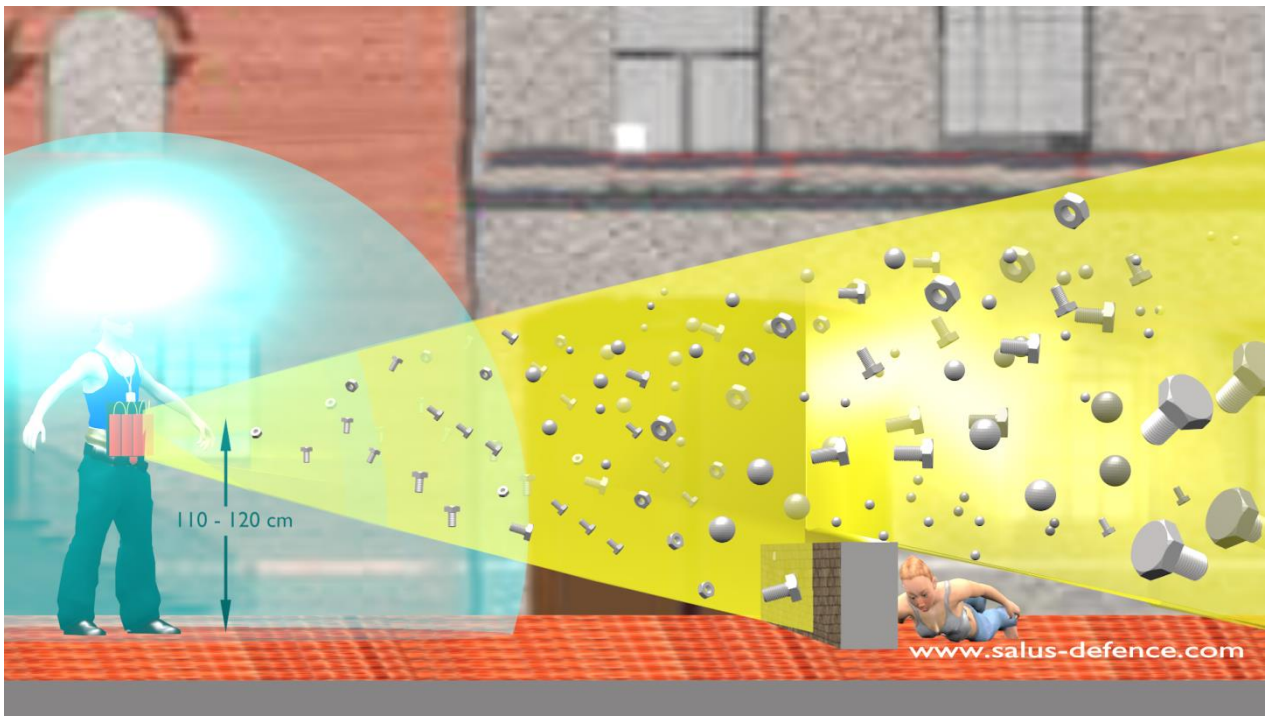
Przy tworzeniu tego typu kryzysowych ciągów komunikacyjnych uwzględnia się fakt, że większość bombowych zamachów samobójczych poprzedzonych jest werbalną fazą zastraszania i uzasadniania ataku, zaś w przypadku ataków aktywnego strzelca fakt poruszania się celów pomiędzy osłonami zmniejsza nawet o kilkadziesiąt procent skuteczność prowadzonego ognia. Znacząco wydłuża to czas niezbędny do realizacji ataku oraz zwiększa istotnie zużycie amunicji przez napastnika. Ponadto poprzez zwiększenie się ilości zużywanej amunicji podnosi się szansę na dysfunkcje broni terrorysty (często jest to broń niezbyt fachowo serwisowana), co może dać siłom bezpieczeństwa czas niezbędny do podjęcia skutecznej interwencji i likwidację zagrożenia, a ludziom na ucieczkę z zagrożonego rejonu. Należy pamiętać, że każdy odłamek bomby, który ugrzęźnie w osłonie, każdy niecelnie wystrzelony pocisk, każda sekunda wydłużenia się przerw w prowadzeniu ostrzału oznacza zazwyczaj mniejszą liczbę ofiar. Nawet nieznacznie krótszy czas ataku, pojedynczy zneutralizowany odłamek bomby, niecelny pocisk przekładać się może na ludzkie życie, więc każde - nawet niewielkie - zwiększenie szans na przeżycie ataku ma wielki sens.



Rys. 13 Zdolność rażenia nieosłoniętej siły żywej przez odłamki pocisków artyleryjskich (pomoc do projektowania osłon)

Miejsca przeznaczone do przechowywania bagaży (skrytki bagażowe) - jeżeli będą przewidziane w projekcie - powinny być zaprojektowane ze strefami odpowiednio podwyższonej i obniżonej wytrzymałości na nadciśnienia, tak aby w sposób kontrolowany kierowały czynniki rażenia potencjalnego wybuchu w stworzone na ten cel strefy bezpieczeństwa (rejony gdzie nie ma ludzi).

A. Zamach bombowy



B. Aktywny strzelec

Obiekty mające służyć jako elementy tworzące „Ścieżki przeżycia” powinny zabezpieczać przed pociskami wystrzelonymi z pistoletów (np. 7,62 mm TT, 9 mm Parabellum), karabinkami szturmowymi (7,62 mm kbk AK, 5,56 mm AR- 15, M-16, M-4 i ich odpowiednikami) oraz w miarę możliwości wystrzelonymi z karabinów zasilanych amunicją 7,62 mm x 54R oraz 7,62mm x 51 NATO. Należy jednak mieć świadomość, że prawdopodobieństwo użycia do ataku terrorystycznego w MPW broni na pełnowymiarową amunicję karabinową jest niewielkie. Uwzględnienie zdolności penetracyjnych amunicji karabinowej w niniejszej analizie wynika bardziej z potrzeby zabezpieczenia ludzi przed odłamkami urządzeń wybuchowych niż z wysokiego ryzyka użycia broni na „pełnowymiarową” amunicję karabinową.

Rys. 14 Przebijalność wybranych pocisków kalibru 5,56 mm x 45 NATO/ .223 Remington
Źródło: Z. Mazurkiewicz; SALUS Taktyka i Technika dla Bezpieczeństwa.

Na rysunku przedstawiono przebijalność płyt stalowych RHA przez pociski nabojów M 193 oraz M 855. W chwili obecnej do wymienionej broni produkowana jest amunicja przeciwpancerna o znacznie wyższej przebijalności. Nie została ona uwzględniona na rysunku, ponieważ jest to amunicja specjalna, względnie trudna do zdobycia w sposób skryty przez terrorystów. W związku z powyższym prawdopodobieństwo jej użycia jest

niskie, a koszty związane z przeciwdziałaniem zagrożeniom jakie stwarza nieproporcjonalnie wysokie do zagrożenia.

Rodzaj amunicji	Przebijalność/możliwość rażenia	
7,62 mm x 39 wz. 43 5,56 mm x45 NATO/ .223 Rem 5,45 mm x 39,5 wz. 1974 wystrzelony z odległości 50 m	– worek z piaskiem; – 5 cm grubości niewzmocniony betonowy mur; – 200 litrowa beczka wypełniona wodą lub piaskiem; – puszka po amunicji wypełniona piaskiem; – skrzynia wypełniona piaskiem (skrzynia po jakimś czasie prawdopodobnie rozpadnie się); – rama okna ustawiona pod kątem 45 stopni; – cegła dziurawka; – karoseria samochodu (zależy jednak od miejsca uderzenia pocisku karabinowego)	
7,62 mm x 51 NATO 7,62 mm x 54 R wz. 1908 wystrzelony z odległości 50 m	z odległości 200 m lub mniejszej przebije 3,5 cm betonowy mur.	
9 mm x 18 Luger 7,62 mm x 25 Tokariew 9 mm x 18 Makarow .45 ACP .40 Smith&Wesson 7,65 mm x 17 SR Browning	Zasięg skutecznego rażenia siły żywej 25-50m	
Nabój do granatnika podwieszanego M 203 lub PALLAD	Zasięg do 400m możliwość rażenia siły żywej do 100 m	
Naboje kal. 12/76 do strzelby	– otwieranie zamkniętych drzwi (jednym strzałem); – „rozbrojenia” IED lub min przeciwpiechotnych; – kontroli nad tłumem (w celach policyjnych przy użyciu kul gumowych).	

Tab. 2 Zdolności penetracyjne pocisków wystrzelonych z broni strzeleckiej

PRZEBIJALNOŚĆ na przykładzie cel – deska drewniana grubość 19 mm

Nabój 5,56x45mm SS 109 /NATO/ przebił 11 desek, przy czym podczas przebijania fragmentował na 2 części
Nabój5,45x39mm przebił 11 desek, jednak podczas przebijania nie fragmentował.
Nabój 7,62x39mm PS przebił 17 desek i nie fragmentował.

PRZEBIJALNOŚC na przykładzie cegły typu pustak 203x203mm z otworem 132x132 i ścianką grubości 35,5mm

W przypadku pustaków żaden pocisk nie przebił drugiej ścianki pierwszego pustaka, ale:
7,62mmx39 - spowodował pęknięcie pustaka, z góry na dół
5,56 mmx45 - zagłębił się w drugiej ściance do jej 1/4 grubości
5,45 mmx39 - zagłębił się w drugiej ściance do jej 1/2 grubości

ZASIĘG BRONI STRZELECKIEJ

Parametr	jm.	Typ broni				
		7,62 mm pistolet wz. 33 (TT)	**9 mm pistolet wz. 1964 (P-64)**	**7,62 mm kbk AK-47**	**7,62 mm karabin maszynowy PK**	
Odległość celowania	m	50	50	800/1000	1500	
Odległość ognia skutecznego	m	50	50	600	1500	
Donośność pocisku	m	1000	300	3000	5000	
Praktyczna szybkostrzelność	strz/ min	24	18	40 - 100	250	
Pojemność magazynka/ taśmy	szt.	8	6	30/40/75	250	

Tab. 3 Podstawowe parametry taktyczno-techniczne broni strzeleckiej

OBIEKTY NA „ŚCIEŻKACH PRZEŻYCIA”

Jak wspomniano wcześniej, główne elementy „ścieżek przeżycia” powinny stanowić osłony. W przypadku niemożliwości ustawienia osłon zasadnym powinno być zastosowanie zasłon. Różnica pomiędzy nimi polega na tym, że osłona wykonana jest w taki sposób i z takich materiałów, że zatrzymuje odłamek bomby lub pocisk, który w nią uderz. W konsekwencji osoba znajdująca się za nią jest bezpieczna. Zasłona natomiast powoduje, że napastnik nie widzi potencjalnej ofiary, ale wystrzelone pociski oraz odłamki bomb przebijają taką przeszkodę. Jeżeli trafią w ukrywającą się za nią osobę, to powodują urazy zależne od typu pocisku i miejsca trafienia. Z tego też powodu zasłony nie mają żadnego wpływu na ponoszenie bezpieczeństwa w trakcie zamachu bombowego. Mogą natomiast sprawdzić się w sytuacji strzeleckiego, ponieważ zazwyczaj wyraźnie obniżają jego skuteczność.

Na podniesienie poziomu bezpieczeństwa – oprócz materiału osłony i jej kształtu - ma wpływ ich rozstawienie przestrzenne. Musi być ono tak zaplanowane, aby atakowane osoby mogły przemieszczać się pomiędzy osłonami za pomocą „krótkich skoków” tzn. szybkiego, zaskakującego biegu na dystansie kilku metrów. Przemieszczanie się w czasie ataku wielu osób w ten sposób, powoduje dezorientację napastnika. Musi on dynamicznie, w czasie sekund podjąć decyzję do kogo strzelić, w którą stronę skierować broń, wymierzyć i otworzyć ogień. Istnieje duża szansa, że atakowany zdąży schować się przed pociskami, zaś napastnik będzie musiał wybrać nowy, dynamiczny cel i rozpocząć całą procedurę od nowa, lub czekać na pojawienie się tej osoby biegnącej do następnej osłony. To pochłonie nieco czasu, często decydującego o życiu i zdrowiu atakowanych.

==========

W przypadku podjęcia decyzji o potrzebie zastosowania zabezpieczeń przeciwwybuchowych wysokiej klasy, konieczna jest interdyscyplinarna współpraca projektantów i konsultantów do spraw zabezpieczeń w celu ograniczenia skutków przestrzennych działań terrorystycznych. Niezbędna jest także dbałość o jakość, estetykę i humanizację projektowanej przestrzeni. Źle zaprojektowane zabezpieczenia mogą bowiem, po ich zrealizowaniu, przynieść większe szkody przestrzenne i społeczne niż atak terrorystyczny.

Cytowane fragmenty i bibliografia

1. **Wojciech FURMANEK.** ZESZYTY NAUKOWE WSOWL Nr 1 (167) . *SPOSOBY ZWIĘKSZANIA EFEKTYWNOŚCI RAŻENIA WSPÓŁCZESNEJ ODŁAMKOWEJ I ODŁAMKOWO-BURZĄCEJ AMUNICJI ARTYLERYJSKIEJ.* 2013.

2. **Włodarczyk Edward Jackowski Adam.** *Balistyka końcowa pocisków szybkich.* Warszawa : Wojskowa Akademia Techniczna, 2008.

3. **Waldemar Kawka.** *Zespoły rozminowania i oczyszczania terenu w operacjach reagowania kryzysowego.* Warszawa : Akademia Obrony Narodowej, 2009.

4. **Torecki Stanisław.** *1000 słów o broni i balistyce.* Warszawa : Wydawnictwo Obrony Narodowej, 1982.

5. **Tomasz Jarmoła.** *Kontrterroryzm.* Gdańsk : Aj-Press, 2009.

6. **Tadeusz Urbański.** *Chemia i technologia materiałów wybuchowych. Tom II.* Warszawa : Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1955.

7. —. *Chemia i technologia materiałów wybuchowych. Tom I.* Warszawa : Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1955. Tom I.

8. —. *Chemia i technologia materiałów wybuchowych.* Warszawa : Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1955.

9. **Tadeusz Puchalski.** *Broń śrutowa i technika strzelania.* Warszawa : Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 1978.

10. **Tadeusz Baran.** *Poradnik pirotechnika.* Warszawa : Dpartament Szkolenia i Doskonalenia Zawodowego MSW, 1989.

11. **Świderski Tomasz Witkowicz Andrzej.** *Szkolenie strzeleckie dla kandydatów na pracowników ochrony, cz. 1.* Kielce : Przedsiębiorstwo Wielobranżowe PYTHON TM, 1999.

12. **Szczepan Woliński.** Projektowanie konstrukcji wspomagane analizą ryzyka. *Budownictwo i Architektura.* 13 (2) 2014.

13. **Stanisław Torecki.** *Broń i amunicja strzelecka LWP.* Warszawa : Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1985.

14. **Stanisław Pikulski.** *Prawne środki zwalczania terroryzmu.* Olsztyn : Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, 2000.

15. *Analiza parametrów fali uderzeniowej wybuchu wyznaczonych empirycznie i z wykorzystaniem ultraszybkiej kamery optycznej.* **Saska Potr Krzystała Edyta, Czmochowski Jerzy.** Wrocław : Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. T. Kościuszki, 2011, Modelowanie Inżynierskie, strony 385-393.

16. **S. Kustanowicz.** *Badania broni palnej.* Warszawa : Wydawnictwo Zakładu Kryminalistyki Komendy Głównej MO, 1958.

17. **Ryszard Woźniak.** *Encyklopedia współczesnej broni palnej.* Warszawa : WiS, 1994.

18. **Ryszard Woźniak i naukową Opracowanie zbiorowe pod redakcją.** *Encyklopedia najnowszej broni palnej. tom I, II, III, IV.* Warszawa : Dom Wydawniczy Bellona, 2001.

19. **Robert Adam.** *Kolty, rewolwery i pistolety. Współczesna krótka broń palna.* Warszawa : ELIPSA, 1992.

20. **Praca zbiorowa pod redakcją naukową Kowalkowski Stanisław Bębenek Bogusław, Całkowski Tomasz.** *Bezpieczeństwo wojsk w aspekcie zagrożeń wynikających z użycia improwizowanych urządzeń wybuchowych (IED).* Warszawa : Akademia Obrony Narodowej, 2014.

21. **Płusa T. Jahnz-Różyk K.** *Broń biologiczna – zagrożenie i przeciwdziałanie,.* Warszawa : brak nazwiska, 2002.

22. **Peter Brookesmitk.** *Strzelec wyborowy. Szkolenie, uzbrojenie, technika działania.* Warszawa : Dom Wydawniczy Bellona, 2001.

23. **Paweł Kuba.** *Terroryzm i jednostki antyterrorystyczne na świecie.* Warszawa : FENIX editions, 1992.

24. **Mikołaj Korzun.** *1000 słów o materiałach wybuchowych i wybuchu.* Warszawa : Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1986.

25. **Michał Golański.** *Strzelecki trening zawodniczy.* Warszawa : Sport i Turystyka, 1954.

26. **Marek Szramowski.** *Nietypowe techniki zabijania.* Warszawa : Wydawnictwo "SZRAMUS", bd.

27. **Maranda Andrzej Gołąbek Barbara, Kasperski Johann.** *Materiały wybuchowe emulsyjne.* Warszawa : Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, 2008.

28. **M. Prusakowski.** *Bioterror – jak nie dać się zabić?* Gdańsk : brak nazwiska, 2001.

29. **Krzysztof Karolczak.** *Encyklopedia terroryzmu.* Warszawa : Oficyna Wydawnicza SPAR, 1995.

30. **Krzewińsk Romani Rekucki Ryszard.** *Roboty budowlane przy użyciu materiałów wybuchowych.* Warszawa : Polcen, 2005.

31. **Jan Stevenson.** *Współczesna broń myśliwska i wyczynowa.* Warszawa : ESPADON, 1994.

32. **Grosset Ryszard Ciekanowski Zbigniew, Anszczak Marcin.** *ZABIĆ TYSIĄCE, PRZESTRASZYĆ MILIONY.* brak miejsca : Wyższa Szkoła Zarządzania i Prawa im. Heleny Chodkowskiej, 2009.

33. **Dąbek Anna Dyś Natalia, Wyszyńska Katarzyna, Zaniuk Ilona , Szerafin Jerzy.** Zabezpieczanie konstrukcji budynków przed skutkami wystąpienia obciążeń wyjątkowych. *Budownictwo i Architektura.* 12 (4)/ 2013.

34. **Bolesław Wasilewski.** *Sztuka celnego strzelania.* Warszawa : Wydawnictwo "Sport i Turystyka", 1977.

35. **Bogusław Białczak.** *Podstawy budowy amunicji i broni strzeleckiej. Cz. II Broń strzelecka. Skrypty uczelniane nr 23.* Radom : Wyższa Szkoła Inżynierska w Radomiu, 1982.

36. **Bogusław Bębenek.** *Przeciwdziałanie improwizowanym urządzeniom wybuchowym.* Warszawa : Akademia Obrony Narodowej, 2014.

37. **Baran Tadeusz Policha Aldona.** *Badania fizykochemiczne. Wybuch i jego skutki - kryminalistyczne badanie materiałów i urządzeń wybuchowych.* Warszawa : Wydawnictwo Centralnego Labolatorium Kryminalistycznego Komendy Głównej Policji, 2004.

38. **Artur Jasiński.** *TECHNICZNE ŚRODKI ZABEZPIECZANIA BUDYNKÓW.*

39. **Army US.** Soliers Improvised Explosive Device (IED) Awareness Guide Iraq & Afghanistan Theaters of Operation. Washington : brak nazwiska, 2004.

40. **Anatol Szyrkowiec.** *Wszystko o broni myśliwskiej.* Warszawa : Wydawnictwo Bellona, 1993.

41. **Agency Federal Emergency Management.** *FEMA 427 RISK MANAGEMENT SERIES.* brak miejsca : US. Department of Homeland Security, 2003.

42. **A. Szydłowski.** *Podstawy pirotechniki.* Warszawa : Wydawnictwo Obrony Narodowej, 1957.

43. **A. Ejsmont Jerzy.** *Balistyka dla snajperów.* Warszawa : Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, 2011.

44. **A. Ejsmond Jerzy.** *Amunicja i jej elaborowanie. Poradnik praktyczny.* Warszawa : Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, 2010.

45. **Ministerstwo Obrony Narodowej.** *Zasady i sposoby prowadzenia ognia z broni piechoty.* Warszawa : Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1958.

46. —. *Wykłady z minerstwa. Zeszyt 2 Materiały wybuchowe i ładunki stosowane w wojsku.* Wrocław : Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Inżynieryjnych, 1987.

47. **Akademia Obrony Narodowej.** *Udział Sił Zbrojnych w systemie bezpieczeństwa EURO 2012. Materiały z konferencji naukowej zorganizowanej 26 marca 2008 roku.* Warszawa : Akademia Obrony Narodowej, 2008.

48. **Zarząd Wywiadu Urzędu Ochrony Państwa.** *Terroryzm międzynarodowy. Skrypt cz.II.* bd : Urząd Ochrony Państwa, bd.

49. **Zarząd Wywiadu Urządu Ochrony Państwa.** *Terroryzm międzynarodowy. Przegląd ważniejszych organizacji.* Warszawa : UOP, 1991.

50. **US Army.** *Soldiers Improvised Explosive Device (IED) Awareness Guide Iraq & Afghanistan Theaters of Operationn.* Washington : Ordnance US Army, 2004.

51. **Akademia Obrony Narodowej.** *Przeciwdziałanie atakom terrorystycznym na lotniskach wojskowych i cywilnych. Materiały z konferencji.* Warszawa : Akaemia Obrony Narodowej, 2005.

52. **Praca zbiorowa.** Projekt badawczy MN iSzW nr WK P_1/1.4.1/1/2006/85/85/640/2007/U. Warszawa : Biuletyn WAT Nr 1, 2012.

53. **Sztab Generalny WP. Szefostwo Wojsk Inżynieryjnych.** *Prace minerskie i niszczenia.* Warszawa : Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1995.

54. **Ministerstwo Obrony Narodowej.** *Podręcznik Dowódcy Drużyny.* Warszawa : Inspektorat Szkoleni, Ministerstwo Obrony Narodowej, 1971.

55. PN-EN 1991-1-7:2008. *Oddziaływania na konstrukcje Część 1-7: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wyjątkowe.* 2008/ 2014.

56. **Studia i analizy Collegium Civitas. Pod redakcją naukową K. Jałoszyński, K. Liedel.** *Nowe technologie w zwalczaniu terroryzmu. Projekt proteus.* Warszawa : Collegium Civitas, 2009.

57. **U.S DEPARTMENT OF STATE BUREAU OF DIPLOMATIC SEURITY.** *Improvised Explosive Devices.* b.d. : U.S DEPARTMENT OF STATE BUREAU OF DIPLOMATIC SEURITY, 1989.