

Rozwój lotniczych środków rażenia

Rozwój lotniczych środków rażenia



ISBN 978-83-7523-563-0



Bogdan Grenda
Radosław Bielawski

AKADEMIA SZTUKI WOJENNEJ

Rozwój lotniczych środków rażenia

AKADEMIA SZTUKI WOJENNEJ

Rozwój lotniczych środków rażenia

Bogdan Grenda
Radosław Bielawski

WARSZAWA 2017

Recenzenci
dr hab. Piotr Dela
dr Paweł Majdan

Opracowanie graficzne okładki
Ewa Wiśniewska

Zdjęcie na okładce
Konrad Kiefert

Redakcja techniczna i skład
Małgorzata Gawłowska

Korekta autorska

© Copyright by Akademia Sztuki Wojennej, Warszawa 2016

ISBN 978-83-7523-563-0

Sygn. ASzWoj 6460/17

Skład, druk i oprawa: Wydawnictwo Akademii Sztuki Wojennej
00-910 Warszawa, al. gen. A. Chruściela 103, tel. 261-814-055, tel./faks 261-813-752
e-mail: wydawnictwo@akademia.mil.pl
Zam. nr 1558/16

Spis treści

Wstęp	7
1. Charakterystyka uzbrojenia lotniczego – terminologia i klasyfikacje	9
1.1. Podstawowe pojęcia.....	9
1.2. Lotnicza broń lufowa	10
1.3. Lotnicze pociski raketowe.....	13
1.3.1. Lotnicze niekierowane pociski raketowe.....	13
1.3.2. Lotnicze kierowane pociski raketowe.....	16
1.4. Lotnicze uzbrojenie bombardierskie.....	18
1.5. Zapalniki lotnicze.....	21
1.6. Kierowanie i samonaprowadzanie lotniczych środków rażenia.....	22
1.6.1. Kierowanie uzbrojeniem lotniczym.....	22
1.6.2. Samonaprowadzanie	24
1.6.3. Programowe kierowanie lotniczymi środkami rażenia	26
2. Bezzałogowe systemy powietrzne i ich uzbrojenie	30
2.1. Podstawowa terminologia i klasyfikacje.....	30
2.2. Lotnicze środki bojowe w bezzałogowych systemach powietrznych	33
2.2.1. Lotnicze środki bojowe klasy powietrze-powietrze.....	34
2.2.2. Lotnicze środki bojowe klasy powietrze-ziemia	35
2.3. Programy i kierunki rozwoju bezzałogowych bojowych systemów powietrznych oraz ich uzbrojenia	44
3. Samoloty bojowe i ich uzbrojenie	53
3.1. Charakterystyka samolotów bojowych	53
3.2. Samolotowe uzbrojenie lotnicze	57
3.2.1. Uzbrojenie lufowe samolotów	57
3.2.2. Uzbrojenie lotnicze klasy powietrze-powietrze	59
3.2.3. Uzbrojenie lotnicze klasy powietrze-ziemia	63
3.2.4. Pociski manewrujące	68
3.2.5. Samolotowe przeciwokrętowe środki rażenia	75
3.2.6. Uzbrojenie bombardierskie samolotów	77

4. Śmigłowce bojowe i ich uzbrojenie	87
4.1. Charakterystyka śmigłowców bojowych oraz typologia ich zadań	87
4.2. Uzbrojenie śmigłowców bojowych.....	88
4.2.1. Uzbrojenie lufowe śmigłowców.....	88
4.2.2. Niekierowane i kierowane śmigłowcowe pociski raketowe	92
4.2.3. Uzbrojenie do zwalczania obiektów podwodnych	95
5. Ograniczenia użycia uzbrojenia lotniczego	102
5.1. Ograniczenia użycia uzbrojenia lotniczego wynikające z zasad użycia sił.....	102
5.2. Międzynarodowe prawo konfliktów zbrojnych a stosowanie uzbrojenia lotniczego.....	107
5.3. Zjawisko collateral damage w aspekcie wykorzystania środków rażenia.....	117
5.4. Proces nominacji celów uderzeń (targeting)	122
5.5. Warunki użycia uzbrojenia lotniczego	129
6. Wykorzystanie nowych technologii w uzbrojeniu lotniczym	143
6.1. Materiały kompozytowe.....	143
6.2. Nanotechnologie	148
6.3. Sztuczna inteligencja	151
6.4. Materiały fotoniczne	153
7. Ekonomiczny aspekt rozwoju lotniczych środków rażenia	158
Zakończenie	163
Bibliografia	167
Wykaz rysunków	176
Wykaz tabel.....	177
Załączniki.....	179

Wstęp

Współczesne lotnictwo bojowe jest istotnym elementem sił zbrojnych wszystkich liczących się państw świata. Powodem takiego stanu rzeczy są jego walory, takie jak: zdolność szybkiej reakcji, skupienia wysiłku w dowolnym miejscu teatru działań, wielka siła rażenia oraz inne. Prowadzone operacje powietrzne z okresu lat dziewięćdziesiątych potwierdziły wielkie możliwości i potencjał lotnictwa. Wojna w Zatoce Perskiej w 1991 roku była bez wątpienia jednym z największych i najbardziej spektakularnych konfliktów zbrojnych drugiej połowy XX wieku, w której lotnictwo miało decydujący wpływ. Podczas jej prowadzenia użyto „inteligentnej” broni o wielkiej sile rażenia i precyzji, wykorzystano najnowsze rozwiązania i technologie militarne. Użycie dużej ilości lotniczych środków rażenia doprowadziło także do załamania systemu obrony państwa Irackiego, co ważne osiągając cele operacji bez znacznych strat własnych.

Uzbrojenie lotnicze jest jednym z głównych elementów stanowiących o zdolnościach bojowych statków powietrznych. Wykorzystywane jest zasadniczo w samolotach i śmigłowcach bojowych. Obecnie zauważalna jest tendencja do wyposażania w nie bezzałogowe statki powietrzne. To właśnie ono decyduje, w znaczący sposób o wartości bojowej statku powietrznego. Bardzo popularna ilorazowa formuła jasno określa jego znaczenie. Uzbrojenie jest zapisane w niej w czwartej potęgze, podczas gdy inne parametry, takie jak: manewrowość, stateczność i sterowność tylko w pierwszej. Na tej podstawie można stwierdzić, że wyposażenie współczesnego statku powietrznego w lotnicze środki rażenia jest głównym wyznacznikiem i najbardziej decyduje o jego zdolności bojowej.

Skład i charakterystyki uzbrojenia lotniczego ulegają z upływem czasu zmianom, których głównymi przyczynami są: postęp naukowo-techniczny, zmiany charakterystyk taktyczno-technicznych celów, pojawienie się nowych broni, doświadczenia wojenne, zmiany koncepcji użycia lotnictwa w konfliktach zbrojnych oraz inne.

Powyższy zarys tematyki związanej z rozwojem lotniczych środków rażenia jest asumptem do prowadzenia dociekań naukowych, których przedmiotem są lotnicze środki rażenia, jakie w przyszłości wykorzystywane będą

do prowadzenia działań przez lotnictwo wojskowe. Celem opracowania jest określenie i antycypacja dalszego rozwoju uzbrojenia lotniczego.

Monografia składa się ze: wstępu, pięciu rozdziałów, zakończenia, bibliografii, wykazów rysunków i tabel oraz załączników.

Pierwszy rozdział zawiera podstawowe pojęcia i klasyfikacje związane z tematyką lotniczych środków rażenia. Stanowi on próbę stworzenia bazy pojęciowo-znaczeniowej w tym obszarze. Kolejne trzy rozdziały pracy traktują o poszczególne klasy i rodzaje stosowanych współcześnie oraz w przyszłości środków rażenia odnosząc je do rodzajów uzbrojonych platform powietrznych. Stanowią je kolejno: bojowe bezzałogowe statki powietrzne, samoloty oraz śmigłowce bojowe. Rozdział piąty zawiera ograniczenia w stosowaniu lotniczych środków bojowych. Zostały one przedstawione i opisane w aspektach prawnych i militarnych. Wskazano także na straty niezamierzone powstające w wyniku wykorzystania środków rażenia, opisano proces nominacji celów uderzeń, a także przybliżono warunki użycia uzbrojenia lotniczego. W dalszej kolejności omówiono nowe technologie stosowane w uzbrojeniu lotniczym. Na zakończenie dokonano próby wykazania aspektu ekonomicznego, jako zakładanej determinanty rozwoju uzbrojenia lotniczego.

Autorzy dziękują dr. Marcinowi Marcinko z Wydziału Prawa i Administracji Uniwersytetu Jagiellońskiego za konsultacje w zakresie Międzynarodowego Prawa Humanitarnego.

1

Charakterystyka uzbrojenia lotniczego – terminologia i klasyfikacje

1.1. Podstawowe pojęcia

Pod pojęciem **uzbrojenia lotniczego** rozumie się broń lotniczą oraz wyposażenie statku powietrznego, umożliwiające jej przenoszenie, celowanie i sterowanie nią¹. Jest ono przeznaczone do wykrywania, rozpoznawania i obezwładnienia różnych celów (obiektów) przeciwnika, którymi są ruchome obiekty w postaci siły żywej i sprzętu wojskowego, budowle o znaczeniu militarnym, umocnienia pola walki, środki rozpoznania, łączności i dowodzenia, środki transportu itp.² Jego podstawową częścią jest broń lotnicza, przeznaczona do oddziaływania na obiekty oraz potencjał powietrzny przeciwnika. Środki bojowe wchodzące w skład broni lotniczej nazywa się ogólnie **lotniczymi środkami bojowymi (LŚB)**. Wśród nich wyróżniamy zasadnicze, pomocnicze i specjalne. Środki bojowe pomocnicze służą do zabezpieczania działań bojowych lotnictwa, natomiast specjalne przeznaczone są do szkolenia. Lotnicze środki bojowe przeznaczenia zasadniczego bywają nazywane **lotniczymi środkami rażenia (LŚR)** i służą do bezpośredniego i rażącego oddziaływania na obiekt ataku, w celu jego zniszczenia lub obezwładnienia. Lotniczymi środkami rażenia nazywamy: *zbiór środków bojowych uzbrojenia lotniczego przeznaczonych do rażenia, uszkodzania bądź niszczenia powietrznych, naziemnych i morskich obiektów (celów) działaniem: uderzenia fali uderzeniowej, energii cieplnej, promieniowania jonizującego, promieniotwórczego skażenia terenu, trującego działania chemicznego, bakteriologicznego*

1 R. Makowski, *Uzbrojenie Lotnicze. Podręcznik*, część I, *Broń lotnicza*, DWL, Poznań 1989, s. 12.

2 *Ilustrowany leksykon lotniczy. Uzbrojenie*, WKŁ, Warszawa 1991, s. 278.

*i innego oddziaływania*³. Zatem LŚB to zbiór elementów przeznaczonych do realizacji zadania bojowego przez statki powietrzne lotnictwa wojskowego, poprzez oddziaływanie na obiekt ataku, wspomaganie działań bojowych lotnictwa oraz wykonywanie zadań bojowych na rzecz innych rodzajów wojsk. LŚB zwane ćwiczebnymi wykorzystuje się w procesie szkolenia oraz podczas treningów.

W zależności od rodzaju uzbrojenia wyróżnia się różne postacie lotniczych środków rażenia. W lotniczym uzbrojeniu strzeleckim są nimi pociski (burzące, odłamkowe, przeciwpancerne, zapalające oraz inne) wystrzeliwane z działek lotniczych, niszczące cele poprzez uderzeniowe, bądź odłamkowe ich oddziaływanie. W lotniczym uzbrojeniu raketowym środkami rażenia są głowice bojowe lub zespoły bojowe pocisków raketowych, które w zależności od rodzaju ładunku są w stanie niszczyć cele działaniem burzącym, odłamkowym, kumulacyjnym oraz innym. We współczesnym uzbrojeniu bombardierskim środkami rażenia są różnego rodzaju bomby i miny lotnicze. Nieodłączną częścią LŚR są zapalniki, służące do zainicjowania działania ładunku bojowego, będącego integralną częścią danego środka rażenia. Zatem, ze względu na sposób oddzielenia się środka bojowego od statku powietrznego broń lotniczą dzielimy na: lufową, raketową i bombardierską.

1.2. Lotnicza broń lufowa

Lotnicza broń lufowa zwana inaczej **bronią strzelecko-artyleryjską** przeznaczona jest do miotania pocisków strzeleckich, artyleryjskich i granatnikowych o określonej masie i kierunku oraz ze wskazaną prędkością początkową i szybkostrzelnością. Jej konstrukcje cechuje montaż i bojowe zastosowanie na statku powietrznym. Utwierdzana jest ona w miejscu umożliwiającym jej zasilanie, sterowanie ogniem i kierunkiem wystrzału. Charakteryzuje się ona takimi parametrami jak: szybkostrzelność (liczba wystrzałów, którą może wykonać w czasie 1 minuty, kaliber (średnica przewodu lufy mierzona pomiędzy jej polami), prędkość wylotowa pocisku, masa, żywotność (największa liczba wystrzałów, jaką można oddać z broni, zanim będzie ona niezdatna do dalszego użytkowania) oraz siła odrzutu (siła skierowana przeciwnie do wylotu pocisku i oddziałująca na statek powietrzny, na którym jest zamocowana).

Lotniczą bronią lufową stanowi broń automatyczna jedno lub wielolufowa, do której należą: karabiny maszynowe, działka oraz granatniki lotnicze. **Lotniczy**

3 Ibid., s. 115.

karabin maszynowy jest automatyczną bronią palną⁴ o kalibrze do 20 milimetrów. Stanowi on uzbrojenie statków powietrznych i przeznaczony jest zazwyczaj do zwalczania siły żywej oraz obiektów lekko opancerzonych. Może być on używany także do zwalczania celów powietrznych na małych odległościach. Jego szybkostrzelność wynosi od 1200 do 10 000 strzałów na minutę, a prędkość początkowa pocisków z niego wystrzeliwanych wynosi ok. 900 metrów na sekundę. Oprócz klasycznych karabinów występują także **wielolufowe karabiny maszynowe**, charakteryzujące się znacznie większą szybkostrzelnością. Mocowane są najczęściej na nieruchomych stanowiskach samolotów szkolno-bojowych oraz ruchomych stanowiskach umiejscawianych na pokładzie śmigłowców. Służą głównie do ostrzeliwania celów naziemnych. Zbudowane są one najczęściej w układzie Gatlinga. Ideą tego rozwiązania jest umieszczenie obok siebie luf, odpalanych kolejno i zapewniających prowadzenie nieprzerwanego ognia. Lufy, podajnik i cylinder są częściami zamontowanymi na łożu, natomiast tylne części luf wraz z zamkami oraz mechanizmem spustowym mieściły się w cylindrze. Odpowiedni mechanizm powodował wsuwanie się naboju do przewodu lufy, ryglowanie jej oddzielnym dla każdej z luf zamkiem, oddanie strzału i wyrzucenie łuski z komory naboju. Przykładem tego rozwiązania jest amerykański 7,62 mm karabin maszynowy M134 Minigun stosowany jako uzbrojenie pokładowe śmigłowca Sikorsky UH-60 Black Hawk.

Kolejnym rodzajem lotniczej broni lufowej są **działka lotnicze**. Stanowi je uzbrojenie automatyczne, zazwyczaj o kalibrze wynoszącym od 20 do 45 milimetrów. Przeznaczone są one głównie do zwalczania celów powietrznych na małych odległościach, obiektów naziemnych (transporterów opancerzonych, czołgów itp.) oraz nawodnych. Do miotania wykorzystują amunicję artyleryjską z pierścieniem wiodącym⁵. Zazwyczaj do obezwładniania celów używa się

4 Broń automatyczna to taka, w której wszystkie czynności związane z przygotowaniem następnego strzału, takie jak: odryglowanie i przemieszczenie zamka do tyłu, wyciągnięcie łuski z komory naboju, podanie kolejnego naboju, przemieszczenie zamka do przodu i zaryglowanie lufy odbywają się automatycznie.

Broń palna, to taka która do miotania (wystrzeliwania) naboju wykorzystuje siłę gazów prochowych powstającą ze spalania się ładunku miotającego.

5 Pierścień wiodący to wąski pasek wykonany z miękkiego metalu, zazwyczaj z miedzi, osadzony na zewnętrznej cylindrycznej powierzchni pocisku artyleryjskiego. Podczas wystrzału wżyna się on w bruzdy lufy i powoduje jego ruch obrotowy. Ruch ten zapewnia jego stabilizację na torze lotu. Poza tą zasadniczą funkcję pierścień wiodący uszczelnia przestrzeń za pociskiem, zabezpieczając przed dostaniem się gazów prochowych między ścianką pocisku a lufą.

pocisków o działaniu: burzącym, zapalającym, przeciwpancernym lub kombinowanym. Działka lotnicze posiadają szybkostrzelność wynoszącą 300 do 6000 strzałów na minutę i pozwalają na miotanie pocisków z prędkością początkową wynoszącą pomiędzy 800 a 1100 metrów na sekundę. Najczęściej stosuje się działka samoczynne oraz napędowe w układach: klasycznym, rewolwerowym i wielolufowym. Mocowane są one na ruchomych bądź nieruchomych platformach, wbudowanych w kadłub statku powietrznego lub jego skrzydła. Spotykane są także rozwiązania, w których są one podwieszane jako zasobniki (gondole) strzeleckie.

Działko lotnicze napędowe, to konstrukcja w której mechanizmy służące do oddania kolejnego strzału napędzane są zewnętrznym źródłem zasilania (silnikiem). W pierwszych tego typu rozwiązaniach wykorzystywano napęd pochodzący od silnika statku powietrznego. Obecnie w klasycznym układzie napędowym używa się dodatkowych napędów najczęściej w postaci silników elektrycznych, hydraulicznych i pneumatycznych. Energia gazów prochowych, powstałych ze spalania ładunku prochowego wykorzystywana jest w nich tylko do miotania pocisku z lufy. Dzięki takiej konstrukcji w działkach wielolufowych uzyskuje się duże szybkostrzelności wynoszące od 6 do 10 tys. strzałów na minutę. Przykładem takiego rozwiązania jest 20 mm działko napędowe General Electric M61A1 Vulcan, będące stałym wyposażeniem samolotów wielozadaniowych F-16.

Wśród lotniczej broni lufowej możemy wyróżnić **działka lotnicze rewolwerowe**. Działają one na zasadzie wykorzystania gazów prochowych z przewodu lufy w tzw. węźle gazowym. Tłok gazowy z suwadłem, będący zasadniczym ogniwem napędza lekki przesuwak mechanizmu podawania naboju, który wyciąga je z taśmy naboju, podając następnie do jednej z kilku komór. Są one zintegrowane ze sobą w postaci bębna rewolwerowego. Podczas ruchu powrotnego suwadła, wymuszonego sprężyną powrotną następuje obrót bębna. Przykładem rozwiązania jest francuskie 30 mm lotnicze działko rewolwerowe Nexter GIAT 30 M791 będące stałym wyposażeniem między innymi samolotów wielozadaniowych Dassault Rafale. Innym rodzajem tego typu broni są **działka lotnicze wielolufowe**. Konstrukcja ta charakteryzuje się zastosowaniem rozwiązania, w którym lufy (dwie lub większa liczba) zintegrowane są w obracający się blok i nie zatrzymują się podczas strzału. Jego napęd oraz wszystkich innych elementów zapewnia silnik elektryczny lub hydrauliczny. Jednym z szczególnych odmian tego typu rozwiązań jest działko dwulufowe. Działa ono w systemie Gasta, w którym odrzut przy wystrzale z jednej lufy wykorzystywany jest do przeładowania i wystrzału z drugiej.

Takie rozwiązanie charakteryzuje się prostotą konstrukcji oraz dużą niezawodnością pracy w różnych warunkach atmosferycznych. Oprócz tego zapewnia ono dużo większą szybkostrzelność w porównaniu z działkami jednolufowymi. Są one charakterystyczne dla statków powietrznych konstrukcji rosyjskiej. Przykładem zastosowania jest 23 mm działko Gruzjew-Szipunow GSz-23L montowane między innymi w zasobnikach strzeleckich UPK-23-250, stanowiących wyposażenie śmigłowców bojowych Mi-24 D.

Do lotniczej broni lufowej zaliczamy także **granatniki lotnicze**. Jest to automatyczna broń palna, na ogół o kalibrze nieprzekraczającym 40 milimetrów. Służy do rażenia siły żywej, stanowisk strzeleckich oraz obiektów lekko opancerzonych na odległość od 50 do 1500 metrów. Stosuje się w nich amunicję granatnikową najczęściej z pociskami odłamkowo-burzącymi. Dzięki niej, pomimo dużego kalibru możliwe jest uzyskanie małego odrzutu i prowadzenia ognia z pokładu śmigłowca czy innego statku powietrznego. Wewnątrz łuski naboju znajdują się dwie komory niskiego i wysokiego ciśnienia. Ładunek miotający umieszczony jest w komorze wysokiego ciśnienia w pobliżu dna łuski. W chwili zainicjowania ładunku prochowego wytwarza się wysokie ciśnienie wynoszące do kilkuset megapaskali (MPa). Ciśnienie gazów przebija przeponę i kanałem gazowym dostaje się do komory niskiego ciśnienia osiągając wartość wynoszącą kilkaset MPa. Jest ona wystarczająca do nadania mu prędkości początkowej wynoszącej ponad 100 metrów na sekundę. Wystrzelwane z przewodu lufy pociski osiągają prędkość obrotową wynoszącą do 4 tys. obrotów na minutę, co zapewnia im stateczny lot na zakładaną odległość. Przykładem tego rodzaju lotniczej broni lufowej jest rosyjski 30 mm granatnik AGS-17A przenoszony przez śmigłowiec Mi-17M.

1.3. Lotnicze pociski raketowe

1.3.1. Lotnicze niekierowane pociski raketowe

Lotnicze pociski raketowe (NPR) to bezzałogowe obiekty latające wyposażone we własny napęd i służące do przeniesienia ładunku bojowego i rażenia nim celu⁶. Ze względu na ich przeznaczenie możemy podzielić je na następujące grupy:

⁶ M. Mikołajczuk, J. Gruszczyński, *Uzbrojenie ZSRR i Rosji 1945–2000*, Wydawnictwo IGLICA, Warszawa 2000, s. 16.

- pociski do zwalczania celów powietrznych;
- pociski do zwalczania celów naziemnych;
- pociski do zwalczania celów nawodnych;
- pociski przeciwradiolokacyjne;
- pociski przeciwpancerne.

Zasadniczo klasyfikujemy je na pociski kierowane i niekierowane. Do **niekierowanych pocisków raketowych** (NPR) zaliczamy te, których tor lotu nie może być zmieniany bądź korygowany. Składają się one z dwóch podstawowych części: układu napędowego oraz głowicy bojowej umieszczonej w jego przedniej części. NPR, możemy podzielić ze względu na kaliber, który w tym przypadku określony jest jako maksymalna średnica silnika raketowego wyrażona w milimetrach. Ze względu na ten parametr niekierowane pociski raketowe możemy podzielić na:

- małego kalibru – maksymalna średnica ich silnika raketowego wynosi poniżej 70 milimetrów;
- średniego kalibru – maksymalna średnica ich silnika raketowego wynosi w przedziale od 70 do 200 milimetrów oraz masie od 3,5 do 70 kilogramów;
- dużego kalibru – maksymalna średnica ich silnika raketowego wynosi powyżej 200 milimetrów oraz masie z przedziału 235–410 kilogramów⁷.

Lotnicze niekierowane pociski raketowe są środkiem bojowym przeznaczonym do rażenia określonych celów, a także wykonywania zadań pomocniczych (oświetlenia pola walki, stawiania zasłon dymnych, rozrzucania dipoli oraz innych). Ze względu na to możemy podzielić je na dwie grupy, przeznaczenia: zasadniczego oraz pomocniczego. NPR **przeznaczenia zasadniczego** służą głównie do niszczenia i obezwładniania celów o małych wymiarach oraz siły żywej przeciwnika, a także celów lekko opancerzonych i opancerzonych, takich jak: czołgi, działa samobieżne, haubice, transportery opancerzone, statki powietrzne znajdujące się na powierzchni lotniska, stacje radiolokacyjne oraz inne. Przykładem jest amerykański 70 mm niekierowany lotniczy pocisk raketowy Hydra 70, stanowiący wyposażenie między innymi śmigłowców Boeing AH-64 Apache. Lotnicze pociski raketowe **pomocniczego (specjalnego) przeznaczenia** zasadniczo służą do oświetlenia pola walki, wskazywania celów oraz tworzenia zakłóceń przed powietrznymi i naziemnymi stacjami radiolokacyjnymi. Przykładem jest 80 mm niekierowany pocisk raketowy

7 A. Żyłuk, *Uzbrojenie lotnicze. Badania*, Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2013, s. 23.

S-80 o działaniu oświetlającym wykorzystywany przez śmigłowiec Ka-50. Przeznaczenie lotniczych niekierowanych pocisków raketowych uzależnione jest głównie od działania środka rażącego znajdującego się w głowicy bojowej. Wśród nich możemy wyróżnić pociski o działaniu:

– burzącym – niszczące działanie dokonywane przez falę uderzeniową, powstającą w czasie detonacji ładunku kruszącego pocisku. Miarą skuteczności ich działania burzącego jest wielkość leja powstałego podczas wybuchu pocisku, zależna m.in. od czasu opóźnienia zapalnika (głębokości wniknięcia pocisku w grunt). Często ich zapalniki programowane są w taki sposób, że wnikają w powierzchnię na programowalną głębokość. Efekt wybuchu i rażenia w tym przypadku jest większy;

– odłamkowym – niszczące działanie dokonywane jest przez fragmentację wymuszoną bądź za pomocą odłamków prefabrykowanych (np. stalowych kulek) pochodzących zazwyczaj z korpusu pocisku. Odłamki z dużą prędkością (z prędkością początkową dochodzącą do 1000 metrów na sekundę) wykorzystywane są do rażenia celów energią kinetyczną. Największą skuteczność pociski odłamkowe osiągają przy detonacji na wysokości kilkunastu metrów nad powierzchnią;

– odłamkowo-burzącym – powiązanie ze sobą dwóch wcześniej opisanych sposobów działania;

– kumulacyjnym – w którym do obezwładnienia i zniszczenia celu (w szczególności opancerzonego, np. czołgu, transportera itp.) wykorzystuje się strumień kumulacyjny. Powstaje i formuje się on po detonacji materiału wybuchowego, oddziaływującego na wkładkę kumulacyjną umieszczoną w głowicy pocisku. Po przebiciu pancerza i wniknięciu do środka pojazdu, jego rażące dla załogi działanie pochodzi od fali uderzeniowej i dekompresji gazu, a także często wybuchu przewożonej wewnątrz amunicji;

– kumulacyjno-odłamkowym – posiadający działanie zarówno kumulacyjne, jak i odłamkowe;

– przeciwbetonowym – przeznaczonym do niszczenia obiektów zbudowanych głównie z betonu i żelbetu oraz innych tego typu materiałów. Działanie polega na wbiciu się w cel, jego penetracji oraz dzięki zastosowaniu specjalnego zapalnika detonacji po odpowiedniej zwłoce czasowej. Zazwyczaj w pociskach tego typu zapalnik umieszcza się na dnie głowicy bojowej.

Kierunek lotu lotniczych pocisków niekierowanych wyznaczany jest poprzez odpowiednią orientację jego rzutu. Ich lot na aktywnej jego części zapewnia silnik raketowy najczęściej na paliwo stałe, którego czas działania zazwyczaj mieści się w przedziale od 0,5 do 2 sekund, nadając mu prędkość

od 400 do 650 metrów na sekundę. Dalszy lot, zwany lotem balistycznym odbywa się po tzw. krzywej balistycznej i nie jest dodatkowo napędzany. Pociski tego typu charakteryzują się prostotą konstrukcji, lecz ich podstawowym mankamentem jest niska celność.

1.3.2. Lotnicze kierowane pociski raketowe

Kierowane pociski raketowe (KPR) to taki rodzaj uzbrojenia lotniczego, które jest w stanie zmieniać swój tor lotu za pomocą systemu sterowania, sterów, skrzydeł oraz innych urządzeń do tego przeznaczonych. Oprócz dwóch podstawowych funkcjonalnych elementów takich jak: układ napędowy oraz głowica bojowa posiadają układ kierowania, pozwalający na zmianę trajektorii jego lotu. Ich zadaniem jest lokalizacja celu oraz wypracowanie odpowiednich komend w celu naprowadzenia go na cel. W praktyce budowa takiego typu broni lotniczej jest bardziej skomplikowana i składa się z następujących elementów konstrukcyjnych:

- zespołu konstrukcji nośnej (kadłuba);
- zespołu napędowego;
- aparatury sterowania lotem (system sterowania);
- urządzenia sterowania detonacją;
- osprzętu i wyposażenia dodatkowego.

Obecnie, w zależności od położenia celu dzielimy je na pięć zasadniczych klas:

- powietrze-powietrze (p-p);
- powietrze-ziemia (p-z);
- powietrze-woda (p-w);
- powietrze-głębina wodna (p-gw);
- powietrze-przestrzeń kosmiczna (p-pk).

Pociski raketowe klasy powietrze-powietrze (ang. *air to air missile* – AAM) wystrzeliwane są z załogowych i bezzałogowych platform powietrznych i służą do zwalczania celów powietrznych. Wśród nich, zważywszy na możliwy zasięg rażenia celu wyróżniamy trzy ich grupy:

– **pociski małego (bliskiego) zasięgu** – jest to grupa środków bojowych służąca do bezpośrednich walk powietrznych na odległość do 30 km. Ich podstawową zaletą jest duża dokładność oraz prawdopodobieństwo rażenia celu, możliwość zastosowania w walce manewrowej. Do wad natomiast należy wrażliwość na zakłócenia, takie jak flary oraz zastosowanie uzależnione

od warunków pogodowych. Przykładem jest amerykański pocisk raketowy AIM-9X Sidewinder o zasięgu do 29 kilometrów;

– **pociski średniego zasięgu** – są środkami bojowymi o zasięgu z przedziału 30 do 100 kilometrów. Ich zastosowanie do zwalczania celów powietrznych odbywa się zazwyczaj metodą przechwycenia. Przykładem tego pocisku jest rosyjski pocisk R-77 (oznaczenie NATO – AA-12 Adder);

– **pociski dużego (dalekiego) zasięgu** – stanowi je grupa broni wykorzystywanej do zwalczania środków napadu powietrznego na dalekich podejściach i w odległości powyżej 100 kilometrów. Przykładem pocisku tej klasy jest rosyjski R-33 (oznaczenie NATO – AA-9 Amos) z możliwością zasięgu do 160 kilometrów.

Pociski raketowe klasy powietrze-ziemia (ang. *air to surface missile* – ASM lub *air to ground missile* – ATGM) są wystrzeliwane z załogowych i bezzałogowych platform powietrznych i służą do zwalczania celów naziemnych. Ze względu na zastosowanie w nich głowicy bojowej możemy sklasyfikować je na **jądrowe i konwencjonalne**, w których działanie polega na wybuchu zawartego w nich materiału kruszącego. Pociski z głowicami jądrowymi przeznaczone są do oddziaływania na cele o znaczeniu strategicznym lub operacyjno-strategicznym.

Charakter zadań, jakie stawiane są pociskom raketowym klasy powietrze-ziemia określa ich podział na: strategiczne, operacyjne i taktyczne, a ze względu na rodzaj celu możemy podzielić je na pociski do zwalczania celów: stacjonarnych i ruchomych oraz pociski przeciwradiolokacyjne i przeciwpancerne.

Pociski raketowe klasy powietrze-woda to zazwyczaj kierowane pociski raketowe przeznaczone do zwalczania celów nawodnych. Najczęściej ich nosicielami są śmigłowce, samoloty a także strategiczne samoloty bombowe. Środki te charakteryzują się dużą masą głowic bojowych, zwiększających efekt wybuchu. W tej klasie, jako przykład wyróżnić możemy amerykański pocisk przeciwokrętowy AGM-84A.

Pociski raketowe klasy powietrze-głębina wodna przeznaczone są do zwalczania okrętów podwodnych w zanurzeniu. Ich nosicielami są zazwyczaj samoloty do zwalczania okrętów podwodnych charakteryzujące się małą prędkością lotu oraz dużą jego długotrwałością.

Pociski raketowe klasy powietrze-przestrzeń kosmiczna to rodzaj broni lotniczej przeznaczonej do atakowania celów kosmicznych lub pocisków raketowych, których trajektoria lotu zawiera się w przestrzeni kosmicznej. Ich charakterystyczną cechą jest posiadanie gazodynamicznych napędów

rozłożonych na obwodzie jego kadłuba, pozwalających na sterowanie nim w przestrzeni kosmicznej.

Charakterystycznym parametrem odnoszącym się do kierowanych lotniczych środków bojowych jest dokładność trafienia w cel. Jest nim wyrażony w metrach promień okręgu, określający maksymalną odchyłkę trafienia, który w literaturze anglojęzycznej określany jest jako – CEP (ang. *Circular Error Probable*).

1.4. Lotnicze uzbrojenie bombardierskie

Bomba lotnicza jest podstawowym lotniczym środkiem rażenia, przeznaczonym do zrzucania ze statków powietrznych na cele naziemne, nawodne i podwodne. Podstawową charakterystyką określającą ich masę jest **wagomiar**, wyrażony w mierze metrycznej, w kilogramach, a w krajach anglosaskich w funtach. Współczesne tego typu lotnicze środki rażenia mieszczą się w przedziale od 0,5 do 250 i więcej kilogramów. Bomby o wagomiarze od 0,5 do 25 kilogramów nazywa się bombami małego wagomiaru. Cechą odróżniającą ten środek rażenia jest brak napędu. Po zrzuceniu z platformy powietrznej jej lot odbywa się na zasadzie spadku swobodnego, przy wykorzystaniu własnej masy oraz przyspieszenia ziemskiego.

Bomby lotnicze ze względu na ich przeznaczenie dzielimy na **bojowe** i **pomocnicze**. W obydwu z grup możemy wyróżnić bomby klasyczne oraz kasetowe, zawierające od kilku do kilkuset ładunków subamunicji mniejszego wagomiaru. Ze względu na naprowadzanie ich na cel możemy wyróżnić bomby kierowane oraz niekierowane. Do bomb bojowych ze względu na ich przeznaczenie możemy wyróżnić poniższe rodzaje środków rażenia:

- bomby burzące;
- bomby przeciwpancerne;
- odłamkowe i odłamkowo-burzące;
- miny lotnicze;
- bomby zapalające⁸.

Podstawowym rodzajem bomb bojowych są **bomby burzące**. Wśród nich wyróżniamy: ogólnego przeznaczenia, do niszczenia pasów startowych oraz do niszczenia celów umocnionych (penetrujących). Bomby burzące ogólnego przeznaczenia wykorzystywane są do niszczenia obiektów przemysłowych,

8 Ibid., s. 12.

fortyfikacji, węzłów telekomunikacyjnych oraz innych tego typu celów. Ich działanie polega na detonacji zawartego w niej kruszącego materiału wybuchowego, którego udział masowy stanowi zwykle od 35 do 50%. Innym rodzajem są bomby do niszczenia pasów startowych, będące odmianą bomb burzących. Po zrzuconiu jej z pokładu statku powietrznego zazwyczaj ukierunkowują się w pozycji pionowej. W ukierunkowaniu takim pomaga spadochron hamujący, którego zadaniem jest także jej opóźnione opadanie. W określonej wysokości nad celem, w broni tego typu następuje odpalenie się ładunku przyspieszającego, nadającego pociskowi energię kinetyczną w celu wbicia w pas startowy na głębokość około kilkunastu milimetrów. Eksplozja ładunku kruszącego zawartego w głowicy bojowej następuje pod powierzchnią, powodując znaczne uszkodzenia pasa startowego, oraz krateru o powierzchni dochodzącej do kilkuset metrów kwadratowych. Takie oddziaływanie na cel i jego rażenie jest trudne do naprawienia, co skutecznie opóźnia użyteczność lotniska⁹. Inną grupą są bomby do niszczenia celów umocnionych (penetrujące). Przeznaczona jest zasadniczo do niszczenia celów budowanych pod powierzchnią ziemi takich jak schrony oraz innych silnie umocnionych. Zazwyczaj są to ładunki dużych wagomiarów, pozwalających na uzyskanie dużej prędkości opadania i energii kinetycznej niezbędnej do głębokiej penetracji. Przykładem takiego lotniczego środka bojowego jest bomba GBU-57 (inaczej: *Massive Ordnance Penetrator* – MOP). Duży wagomiar, wynoszący 13,6 tony pozwala na uzyskanie przebijalności zbrojonego betonu dochodzącej do 60 metrów¹⁰.

W grupie bomb burzących zawierają się **bomby przeciwpancerne**. Używane są do zwalczania i niszczenia broni pancernej, sprzętu opancerzonego, okrętów i umocnionych obiektów wojskowych. Ich budowa wyróżnia się grubym korpusem oraz głowicą bojową. Zazwyczaj jest ona wypełniona kruszącym ładunkiem wybuchowym lub wykorzystuje efekt kumulacji. Ich masa mieści się w przedziale wagomiarowym wynoszącym od kilku do kilkuset kilogramów. Przykładem tego typu broni lotniczej jest amerykańska bomba kasetowa CBU-89 Gator (akronim nazwy pochodzi od ang. *Cluster Bomb Unit* – bomba kasetowa). Przeznaczona jest ona do niszczenia pojazdów pancernych za pomocą min uwalniających się nad celem.

⁹ <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/blu-107.html> [dostęp: 15.09.2015].

¹⁰ <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/mop.htm> [dostęp: 15.09.2015].

Kolejną grupę lotniczej broni bombardierskiej stanowią **bomby odłamkowo-burzące** oraz **burzące**. Przeznaczone są do nieopancerzonego sprzętu bojowego i siły żywej. Można dokonać ich klasyfikacji na: bomby dużych i średnich wagomiarów zrzucające z zamków bombowych oraz na małe bomby odłamkowe zrzucające z bomb kasetowych lub zasobników. W budowie korpus bomby odłamkowo-burzącej jest nieco grubszy niż w bombie burzącej. Ich działanie polega na rażeniu odłamkami pochodzącymi z fragmentaryzacji korpusu lub falą podmuchu powstającą przy wybuchu bomby. Posiadają zapalniki natychmiastowego działania lub zbliżeniowe, inicjujące ich eksplozję parę metrów nad ziemią zwiększając ich możliwości rażenia. Bomba odłamkowa charakteryzuje się grubym korpusem, rozrywającym się na liczne odłamki. Inne konstrukcje zakładają budowę korpusów wypełnionych metalowymi kulkami o średnicy około 5 mm lub innymi sferycznymi prefabrykowanymi elementami, wtopionymi w korpus często wykonany z tworzywa. Tego typu broni używa się w szczególności w celu rażenia siły żywej oraz sprzętu podatnego na uszkodzenia, np. samochodów, samolotów oraz innego. Ich masa waha się od kilku do kilkudziesięciu kilogramów, a ich promień rażenia wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset metrów¹¹.

Miny lotnicze możemy podzielić na morskie i lądowe. Są środkami bojowymi stawianymi przy pomocy statku powietrznego. Miny morskie są to zazwyczaj małe miny denne lub dryfujące zaopatrzone w niekontaktowe zapalniki, przeznaczone do zainicjowania detonacji pod wpływem bodźców fizycznych, takich jak: światło, temperatura, dźwięk, ciśnienie, pole magnetyczne oraz inne. Stosowane w lotnictwie miny lądowe są zazwyczaj niemaskowalne, rozrzucane na powierzchni ziemi ze specjalnych zasobników. Dzielimy je zasadniczo na miny lądowe dużych kalibrów oraz na małe miny zrzucające z bomb kasetowych lub zasobników. Stosowane są do minowania dużych węzłów komunikacyjnych, ważnych odcinków dróg i linii kolejowych, podejść do rejonów przepraw oraz innych. Stosuje się w nich zespoły czujników (sejsmiczne, magnetyczne, akustyczne oraz inne) oraz zapalniki kontaktowe i samolikwidatory. We współczesnych minach stosuje się metody samonaprowadzania. Wykorzystanie statków powietrznych do ustawiania pól minowych umożliwia blokowanie jego baz i portów oraz ogranicza manewrowość jego wojsk. Do stawiania pól minowych za pomocą lotniczych min wykorzystuje się często samoloty bombowe o dużym udźwigu.

11 *Ilustrowany leksykon...*, op. cit., s. 28.

Bomby zapalające należą do grupy lotniczych bomb bojowych. Dzielą się na napalmowe oraz ze stałym materiałem palnym. Zazwyczaj w ich budowie możemy wyróżnić cienki korpus wypełniony masą zapalającą. Ich zastosowanie najczęściej skupia się na rażeniu wojsk, wzniesienia pożarów, niszczenia uzbrojenia oraz sprzętu wojskowego. Po ich upadku znajdujące się w nich paliwo zostaje rozrzucone na znaczną powierzchnię i zapalone. Bomby zapalające możemy podzielić na rozpryskowe oraz intensywne. Rozpryskowe zawierają mieszaninę, która siłą wybuchu ładunku pomocniczego jest rozpryskiwana na pobliskie przedmioty, następnie zapalając je. Bomby intensywne natomiast zawierają stałe paliwo, które w czasie spalania się wytwarza wysokie temperatury rzędu 2–3 tysiąca stopni Celsjusza.

1.5. Zapalniki lotnicze

Zapalnikiem nazywamy urządzenie składające się z połączonych funkcjonalnie układów wykonawczych i zabezpieczających razem z zespołami inicjującymi ich działanie, przeznaczone do wywołania zamierzonego zadziałania (zainicjowania) ładunku bojowego, określonego rodzaju lotniczych środków bojowych w oczekiwanym miejscu i czasie¹². Współczesne zapalniki mają bardzo różnorodną konstrukcję oraz wykorzystują różne zjawiska fizyczne. Wśród nich zasadniczo wyróżniamy dwa ich rodzaje: uderzeniowe (kontaktowe) i nieuderzeniowe (niekontaktowe). Ze względu na czas reakcji możemy wyróżnić zapalniki o natychmiastowym lub działaniu ze zwłoką czasową.

Zapalniki uderzeniowe (kontaktowe) działają przy uderzeniu środka bojowego (fizycznym kontakcie) w cel. W tej grupie rozróżniamy zapalniki: mechaniczne, elektryczne bądź chemiczne o działaniu natychmiastowym, bezwładnościowym lub ze zwłoką. Zapalniki bezwładnościowe wywołują detonację środka bojowego, po jego penetracji na stosunkowo niewielką głębokość. Zwłoka czasowa stosowana w konstrukcji zapalników lotniczych pozwala na wniknięcie środka w przeszkodę na znaczną głębokość. Ich czas reakcji, w zależności od potrzeb może wynosić od setnych części sekundy, nawet do kilkudziesięciu godzin. Zapalniki uderzeniowe w LSR najczęściej stosuje się je w pociskach raketowych klasy powietrze–ziemia.

12 A. Żyłuk, *Uzbrojenie lotnicze...*, op. cit., s. 45.

Lotnicze **zapalniki nieuderzeniowe (niekontaktowe)** wywołują działanie środka rażenia bez bezpośredniego jego zetknięcia się z celem. Są to urządzenia zbliżeniowe, wywołujące detonację głowicy bojowej, w przypadku zbliżenia się środka do celu, w odległości gwarantującej jego skuteczne porażenie. Działają one pod wpływem różnych czynników fizycznych, takich jak: energia elektromagnetyczna, energia fali akustycznej, zmiana natężenia pola magnetycznego oraz inne zjawiska. Ich zastosowanie podyktowane jest uzyskaniem jak najefektywniejszego działania głowicy bojowej. We współczesnych lotniczych środkach rażenia coraz częściej stosuje się zbliżeniowe zapalniki laserowe. Charakteryzuje ich większa odporność na zakłócenia, a ponadto posiadają większe prawdopodobieństwo zadziałania. Ich małe gabaryty pozwalają na osadzenie ich w małokalibrowych i małowagomiarowych lotniczych środkach rażenia.

Większość zapalników stosowanych w lotnictwie stanowi autonomiczne urządzenia, które są rozłączne w stosunku do samego środka rażenia. Ich scalanie odbywa się zazwyczaj w procesie produkcji lub podczas przygotowania uzbrojenia przed wylotem. Współczesne tego typu środki składają się często z kilku oddzielnych podzespołów ulokowanych w różnych miejscach środka bojowego. W odróżnieniu od zapalników autonomicznych nazywa się je urządzeniami zapalnikowymi.

1.6. Kierowanie i samonaprowadzanie lotniczych środków rażenia

1.6.1. Kierowanie uzbrojeniem lotniczym

Wśród kierunków rozwoju współczesnych lotniczych środków rażenia uwiadcza się zdecydowanie trend związany z jego kierowaniem i naprowadzaniem. Pierwsze tego typu elementy uzbrojenia, wykorzystywane przez lotnictwo pojawiły się w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Były to głównie pociski raketowe o różnym przeznaczeniu, których wersje często sprawdzone w warunkach bojowych są udoskonalane i modernizowane do dzisiaj.

Kierowaniem nazywamy prowadzenie lotniczego środka rażenia po ściśle sprecyzowanym torze lotu, określoną metodą naprowadzania za pomocą

odpowiedniego układu kierowania¹³. Przez wyszczególniony termin rozumie się dwie zasadnicze fazy: naprowadzanie środka uzbrojenia oraz jego stabilizację. Naprowadzanie realizuje proces zbliżania się pocisku do celu, natomiast stabilizacja zapewnia prawidłowy jego ruch po przyjętej wcześniej trajektorii. Ruch ten utrzymywany jest za pomocą oddziaływania układu kierowania na elementy wykonawcze i stabilizujące.

We współczesnym uzbrojeniu lotniczym, w celu zapewnienia właściwego ich kierowania wykorzystuje się często **systemy kierowania**. Jest to zespół urządzeń przeznaczonych do oddziaływania na ruch lotniczego środka rażenia, bądź zapewniający jego wprowadzenie do obszaru rażenia z określoną (jak największą) dokładnością, a także ruch po zaprogramowanej (ściśle ustalonej) trajektorii. W skład systemu kierowania LŚR wchodzi urządzenia pokładowe, zamontowane w elemencie uzbrojenia, na pokładzie platformy przenoszącej oraz/lub umieszczone w punkcie kierowania (stanowisku dowodzenia). Zazwyczaj system ten tworzą trzy podstawowe układy: stabilizacji, naprowadzania oraz układ sterowania prędkością.

Wyróżniamy kilka klasyfikacji systemów kierowania, z których najbardziej popularną jest podział ze względu na układ naprowadzania. Dzielimy je na dwa zasadnicze rodzaje: programowe oraz układy naprowadzania otrzymujące sygnały od celu. W **programowym układzie naprowadzania** sygnałem sterującym jest impuls pochodzący z układu (urządzenia) programowego. Tak naprowadzane uzbrojenie może być użyte tylko i wyłącznie do celów nieruchomych. **Układy naprowadzania otrzymujące sygnały od celu** środek rażenia może zmieniać swój tor lotu w zależności od ruchu obiektu, przeciwko któremu został skierowany. Dzięki temu możliwe jest jego użycie zarówno do celów ruchomych jak i poruszających się.

Klasyfikacji systemów kierowania można dokonać także w oparciu o stopień ich automatyzacji, a właściwie partycypacji operatora w działanie systemu. Dzielimy je zasadniczo na półautomatyczne, charakterystyczne wyłącznie dla systemów zdalnego sterowania oraz automatyczne. W skład **układu półautomatycznego** wchodzi automatyczny układ pomiaru położenia środka rażenia i wypracowywania sygnałów sterowania nim, a także nadajnik przekazujący sygnały drogą radiową lub przewodowo. W układzie tym zadaniem operatora jest ciągłe śledzenie celu po zainicjowaniu środka bojowego. Konstrukcje tego typu są stosunkowo tanie, łatwe w obsłudze, a z drugiej strony wystarczająco

13 *Ilustrowany leksykon...*, op. cit., s. 92.

skuteczne i celne. **Układ automatyczny** stanowi konstrukcję, w której naprowadzanie środka rażenia na cel odbywa się bez udziału operatora.

Inna typologia, uwzględniająca podział systemów sterowania lotniczych środków rażenia według zasad działania pokrywa się także z podziałem uwzględniającym rozmieszczenie aparatury. Wydaje się on być bardziej szczegółowy. Zgodnie z nim systemy sterowania dzielimy na trzy grupy: kierowania zdalnego, samonaprowadzania oraz kierowania programowego. Kierowanie zdalne, odbywa się za pomocą sygnałów sterujących. Zasadniczo dzielimy je na: ręczne, półautomatyczne i automatyczne.

1.6.2. Samonaprowadzanie

Samonaprowadzanie jest jednym ze sposobów kierowania obiektami latającymi, polegającym na ich samoczynnym nakierowaniu się na cel. Odbywa się to za pomocą systemu naprowadzania, który w całości znajduje się na pokładzie danego środka rażenia. Ten typ kierowania wymaga bezpośredniej widzialności celu z pokładu kierowanego obiektu. Parametry określające wzajemne położenie rażonego obiektu oraz środka bojowego mierzone są za pomocą głowicy samonaprowadzającej. W zależności od miejsca rozmieszczenia źródła energii wytwarzającej sygnały przychodzące od celu do elementu uzbrojenia wyróżnia się trzy podstawowe grupy: pasywne, półaktywne oraz aktywne.

Samonaprowadzanie pasywne, zwane także **biernym** to taki rodzaj, w którym dla uzyskania danych o wzajemnym położeniu środka bojowego oraz celu wykorzystuje się energię promieniowania przez cel, lub energię naturalnych źródeł, takich jak Słońce oraz inne, odbite od niego. W rozwiązaniach tego typu najczęściej stosuje się promieniowanie: optyczne z zakresu widzialnego, podczerwone oraz mikrofalowe. Pomimo że konstrukcje te ograniczają zasięg tego typu broni, charakteryzują się one prostotą konstrukcji i stosunkowo małymi kosztami wytwarzania. Wadą natomiast jest ich wrażliwość na warunki atmosferyczne oraz inne zakłócenia.

Do grupy pasywnych możemy zaliczyć układy: na podczerwień, radiolokacyjne oraz optoelektroniczne (televizyjne i termowizyjne)¹⁴. Zasada działania układu samonaprowadzania wykorzystującego źródło promieniowania **podczerwonego**, polega na obiorze przez czujnik emitowanego przez obiekt pro-

14 Ibid., s. 209.

mieniowania ciepłego (podczerwonego). Jego źródłem jest zazwyczaj układ napędowy (silnik) oraz inne źródła wytwarzające energię ciepłą. W czasie, gdy cel znajduje się w obszarze czujnika pojawia się sygnalizacja o możliwości jego odpalenia, po którym środek ten kieruje się w punkt o największym natężeniu promieniowania. Zaletą takiego rozwiązania jest duża dokładność trafienia i brak ingerencji po namierzeniu źródła. Do wad natomiast należy zaliczyć ograniczenia wynikające z warunków atmosferycznych. W skutecznym zwalczaniu tego typu środków bojowych okazały się flary oraz inne środki wykorzystujące reakcję egzotermiczną. Podczas wymiany ciepła z otoczeniem są silniejszym źródłem energii i skutecznie mylą system naprowadzania rakiety.

Innym rodzajem samonaprowadzania pasywnego są układy, których źródłem jest promieniowanie **radiolokacyjne**. Taka zasada działania odnalazła zastosowanie szczególnie w lotniczej broni skierowanej przeciwko stacjom radiolokacyjnym – w pociskach przeciwradiolokacyjnych. Specyfika pracy stacji radiolokacyjnej polega na wytwarzaniu silnych impulsów pól mikrofalowych i odbiór sygnałów echa, odbitych od obiektów powietrznych. Mankamentem propagacji impulsowej jest silne tłumienie sygnałów w atmosferze. Zatem w celu wykrycia statku powietrznego stacja emituje sygnał o dużej mocy wytwarzanych impulsów i krótkotrwałym czasie. Takie właściwości są wystarczające dla głowicy, która wykrywa, śledzi i unieszkodliwia cel, będący silnym źródłem sygnału. Obecnie pociski radiolokacyjne stanowią znaczące zagrożenie, cechując się przy tym bardzo dużą skutecznością działania.

Kolejną grupę samonaprowadzających lotniczych środków rażenia stanowią układy **optoelektroniczne**. W celu lokalizacji i śledzenia obiektu, wykorzystują one specyficzne właściwości światła. Głowica optoelektroniczna jest w nich urządzeniem integrującym pasywne sensory optoelektroniczne, pracujące w paśmie od widzialnego po termiczne. Może ona pracować w różnych warunkach pogodowych, w dzień przy oświetleniu słonecznym lub sztucznym oraz w warunkach ograniczonej widoczności. Działa ona zazwyczaj w zestawie urządzeń, które zapewniają naprowadzanie ręczne i automatyczne osi optycznej głowicy na obserwowany obiekt. Do grupy układów optoelektronicznych należą: telewizyjne oraz termowizyjne układy samonaprowadzania. W układach **telewizyjnych** najczęściej na pokładzie statku powietrznego, za pomocą wyświetlacza emitowany jest obraz, który dostarczany jest za pomocą kamery usytuowanej w głowicy rażącego środka. W rejonie celu pilot uruchamia kamerę telewizyjną i manewruje samolotem tak, aby cel znalazł się na jego siatce celowniczej. Po pozytywnym namierzeniu go zwalnia przenieszone uzbrojenie, które samo naprowadza się na niego. Układy **termowizyjne**

działają analogicznie. Obraz tworzony jest za pomocą kamery termowizyjnej. Daje on możliwości użycia uzbrojenia zarówno w dzień, jak i w nocy. Układy optoelektroniczne znalazły szerokie zastosowanie w lotniczym uzbrojeniu bombardierskim, którego przykładem jest amerykańska bomba GBU-15 (ang. *Guided Bomb Unit* – bomba kierowana).

Wśród samoczynnych sposobów kierowania uzbrojeniem lotniczym wyróżnić możemy konstrukcje **półaktywne (półczynne)**. Do uzyskania informacji o położeniu atakowanego obiektu względem nosiciela wykorzystuje się energię sygnałów odbitych od celu. Są one emitowane z pokładu statku powietrznego, przez inny statek powietrzny lub za pomocą środków naziemnych. Do półaktywnego samonaprowadzania zaliczamy układy radiolokacyjne i laserowe. W rozwiązaniach **radiolokacyjnych** cel podświetlany jest za pomocą stacji radiolokacyjnej. Przykładem tego typu rozwiązania jest zaawansowany pocisk raketowy dalekiego zasięgu klasy powietrze-powietrze AIM-152 AAAM (ang. *Advanced Air-to-Air Missile*). W półaktywnych układach **laserowych** wykorzystuje się koherentne światło lasera, najczęściej o działaniu impulsowym, z kodowaniem zabezpieczającym. Dzięki właściwościom światła laserowego, takim jak równoległość i spójność wiązki możliwe jest bardzo dokładne ich naprowadzanie na cel. Przykładem tego typu lotniczego środka rażenia jest amerykańska bomba GBU-24 Paveway III.

W uzbrojeniu lotniczym stosuje się także układy **aktywne (czynne)**, w których samonaprowadzanie realizowane jest radiolokacyjnie. W takich rozwiązaniach, do naprowadzenia środka rażenia na cel wykorzystuje się energię sygnałów odbitych od celu, emitowanych przez nadajnik ulokowany w głowicy samonaprowadzającej. Broń tego typu charakteryzuje się niewielkim zasięgiem, lecz daje ona możliwości jej stosowania w dowolnych warunkach atmosferycznych.

1.6.3. Programowe kierowanie lotniczymi środkami rażenia

Kierowanie programowe jest jednym ze sposobów automatycznego sterowania uzbrojeniem lotniczym. Polega ono na tym, że wcześniej ustalony tor lotu środka bojowego nie ulega zmianom. Osiąga się go poprzez wprowadzenie określonego programu, stanowiącego zespół parametrów jego ruchu w układzie współrzędnych związanych z Ziemią lub w bezwładnościowym układzie współrzędnych związanym z ciałami niebieskimi. Program określany jest na podstawie znanego położenia geograficznego atakowanego celu oraz nosiciela.

Dodatkowo, system posiada zdolności korygowania toru, wynikające z czynników zniekształcających jego trajektorię, takich jak: zmiana gęstości i temperatura otoczenia, kierunek oraz siła wiatru oraz inne. Zasadniczo wśród tej grupy możemy wymienić systemy: autonomiczne i nieautonomiczne. Systemy **autonomiczne** wyróżniają się tym, że cel, stanowisko dowodzenia oraz wszelkie inne źródła nie dostarczają sygnału mogącego zmienić jego trajektorię. Do ich zalet należy zaliczyć: nieograniczony zasięg stosowania, małą podatność na zakłócenia oraz prostotę konstrukcji. Wadami natomiast są: brak możliwości zmiany programu lotu po odpaleniu lub zrzucie środka oraz stosowanie go do nieruchomych obiektów. Układy nieautonomiczne w odróżnieniu do autonomicznych, charakteryzują się możliwością zmiany charakterystyki lotu w jego oprogramowaniu po jego odpaleniu (zrzuceniu).

Kierowanie programowe możemy podzielić na automatyczne oraz nieautomatyczne, w skład którego wchodzi kierowanie: nawigacyjne (astronawigacyjne, radionawigacyjne i radioastronawigacyjne), bezwładnościowe, grawitacyjne, topograficzne oraz satelitarne. Kierowanie automatyczne polega na reagowaniu urządzeń sterujących poprzez pomiar odchyłeń odległości i kierunku do celu. Kierunek ruchu najczęściej określany jest za pomocą właściwości polegającej na wytwarzaniu ziemskiego pola magnetycznego, za pomocą żyroskopu. Odległość określana jest za pomocą prędkościomierza oraz zegara.

Kierowanie astronawigacyjne jest jednym ze sposobów kierowania nawigacyjnego, opartym na wykorzystaniu ciał niebieskich do orientacji (ustalenia położenia i kierunku ruchu) poruszającego się środka rażenia oraz jego celu. W astronawigacyjnym układzie kierowania pociskami raketowymi położenie pocisku w przestrzeni określa się za pomocą przyrządów astronomicznych (teleskopów skierowanych na wybrane ciała niebieskie) razem z układem żyroskopowym¹⁵. System ten cechuje się dużą dokładnością, znajdując zastosowanie w pociskach raketowych różnych klas, dalekiego zasięgu.

Jedną z metod nawigacji LŚR jest **kierowanie radionawigacyjne**. To powszechnie stosowana metoda, służąca do określania położenia statków powietrznych, a także obiektów nawodnych i okrętów. Wykorzystuje ona sygnały emitowane ze stałych punktów umieszczonych na powierzchni ziemi. Korzystając z anteny kierunkowej możliwe jest ustalenie kierunku, a po przeliczeniu dwóch sygnałów, w miejscu ich nałożenia się, wyznacza się lokalizację

¹⁵ J.A. Van Allena, *Basic principles of celestial navigation* [w:] American Association of Physics Teachers 72(11), November 2004, s. 1418.

celu. W tym rodzaju kierowania wykorzystuje się także zasadę radionawigacji hiperbolicznej. Do określania pozycji stosuje się w niej nadajniki zsynchronizowane w hiperbolicznym systemie. Metoda ta jest zdecydowanie dokładniejsza, lecz wymaga bardziej zaawansowanych urządzeń. Aby umożliwić nawigację z wykorzystaniem systemów hiperbolicznych, wymagane są przynajmniej trzy aktywne radiostacje, zsynchronizowane ze sobą. Obliczanym wskaźnikiem jest opóźnienie jednego sygnału w stosunku do kolejnego, na podstawie którego analitycznie oblicza się odległość pomiędzy źródłami. Takie podejście pozwala na wyznaczenie hiperboli, na której znajduje się nosiciel. Działanie to powtarzane jest również dla drugiej pary radiostacji, wyznaczając drugą krzywą. Zarówno pierwszą, jak i drugą hiperbolę nakłada się na mapę. Miejsce przecięcia się dwóch z nich, wyznacza lokalizację celu.

Kierowanie radioastronawigacyjne to kolejny sposób kierowania wykorzystywany w nawigacji uzbrojenia lotniczego. Do ustalenia położenia wykorzystuje się naturalną właściwość emisji radiowej ciał niebieskich, takich jak Słońce i Księżyc. Dla każdej z nich stosuje się inne dane podyktowane różnymi długościami emisji fali. Metoda ta pozwala na naprowadzanie uzbrojenia na cel w różnych warunkach atmosferycznych oraz pogodowych.

Do rodzajów kierowania programowego zaliczyć możemy **kierowanie bezwładnościowe** zwane także **inercyjnym**. Do pomiaru położenia oraz prędkości kątovej stosuje się urządzenia zwane żyroskopami oraz elektroniczne urządzenia przeliczające z układami pamięciowymi. Odpalenie bądź zrzut uzbrojenia wymaga ścisłego zachowania parametrów lotu nosiciela, takich jak: kierunek, wysokość oraz prędkość. W czasie celowania określa się parametry toru lotu i wprowadza się je do pamięci. Po zainicjowaniu środka programator (komputer pokładowy) prowadzi go po zdefiniowanej wcześniej trajektorii. Zazwyczaj źródłem danych są systemy nawigacyjne i celowniczo-nawigacyjne statku powietrznego. Przykładem tak naprowadzanego uzbrojenia lotniczego jest wspólna amunicja ataku bezpośredniego JDAM (ang. *Joint Direct Attack Munition*), będąca między innymi częścią amerykańskiej bomby Mark 84 (Mk-84)¹⁶. Analogicznym do niego jest **kierowanie grawitacyjne**. Polega ono na pomiarze kąta między płaszczyzną pionową, a stałą płaszczyzną odniesienia, utrzymywaną przez stabilizowaną żyroskopowo platformę. Płaszczyzna

¹⁶ <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/mk84.htm> [dostęp: 17.09.2015].

pionowa wyznaczana jest z wykorzystaniem siły przyciągania ziemskiego, za pomocą wahadła lub innego bardziej skomplikowanego układu.

Idea **kierowania topograficznego** polega na zastosowaniu układów mających możliwość porównywania obrazu zapisanego w formie cyfrowej z ukształtowaniem terenu, nad którym przemieszcza się środek uzbrojenia. Jego położenie ustalane jest poprzez porównanie rzeźby terenu rejestrowanego za pomocą układu optycznego, kamery, radaru lub wysokościomierza (radiowego albo laserowego) z zaimplementowanymi danymi cyfrowymi, umieszczonymi w pamięci komputera pokładowego. Przykładem takiego rozwiązania jest system porównywania konturów terenu TERCOM (ang. *terrain contour matching, a similar system*), wykorzystywany w niektórych zaawansowanych technologicznie, współczesnych lotniczych środkach rażenia.

Kierowanie satelitarne jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych współczesnych metod. Działa ona w oparciu o system nawigacji satelitarnej, którego przykładem jest amerykański GPS–NAVSTAR (ang. *Global Positioning System – Navigation Signal Timing And Ranging*). Do wyznaczania pozycji wykorzystuje on układ 31 satelitów orbitujących wokół Ziemi, na średniej orbicie okołoziemskiej. Krążące satelity wysyłają do stacji naziemnych informację o ich pozycjach w danym czasie. Na tej podstawie możliwe jest określenie bardzo dokładnej długości i szerokości geograficznej oraz wysokości celu. Kolejnym tego typu systemem jest rosyjski satelitarne system nawigacyjny GLONASS (ros. *Globalnaja nawigacionnaja sputnikowaja sistiema*). Przykładem uzbrojenia lotniczego, wykorzystującego system nawigacji satelitarnej jest amerykańska rakietka klasy powietrze–ziemia dużej skuteczności AGM-84H SLAM-ER (ang. *Standoff Land Attack Missile–Expanded Response*), działająca w oparciu o system nawigacji satelitarnej GPS.

2

Bezzałogowe systemy powietrzne i ich uzbrojenie

2.1. Podstawowa terminologia i klasyfikacje

We współczesnej terminologii konstrukcja latająca, która wykonuje lot bez pilota na pokładzie, nie ma możliwości zabierania pasażerów oraz umożliwia wielokrotne użycie nazywana jest **bezzałogowym statkiem powietrznym (BSP)** lub **bezzałogowym aparatem latającym** (ang. *Unmanned/Unpiloted Aerial Vehicle* – UAV). Jest on jednym z elementów składowych **bezzałogowego systemu powietrznego** (ang. *Unmanned Aerial System* – UAS). Określa się nim kompletny system, na który składa się właściwy aparat latający, moduły sterowania, stacja naziemna oraz wszystkie inne urządzenia wchodzące w jego skład¹. Bezzałogowy statek powietrzny jest zatem zasadniczym elementem bezzałogowego systemu powietrznego.

Bardziej ścisłą definicję bezzałogowego statku powietrznego możemy spotkać w terminologii NATO. Jest on definiowany jako: *statek powietrzny o napędzie silnikowym, jednorazowego lub wielorazowego użytku, wykorzystujący siły aerodynamiczne dla zapewnienia siły nośnej, który niezależnie lub jest pilotowany zdalnie, zdolny do przenoszenia ładunków śmiertelnych lub obeszwałniających*². Zatem militarne, **bojowe bezzałogowe statki powietrzne (BBSP)**, określane jako UCAV (ang. *Unmanned Combat Aerial Vehicle*) są rodzajem

¹ T. Zieliński, *Funkcjonowanie bezzałogowych systemów powietrznych w sferze cywilnej*, Silva Rerum, Poznań 2014, s. 34.

² AAP-6 (2011). *Słownik terminów i definicji NATO zawierający wojskowe terminy i ich definicje w NATO*, Bruksela 2011, s. 386.

platform, służących do przenoszenia uzbrojenia lotniczego, z możliwością rażenia nim celów.

Bezzałogowe statki powietrzne charakteryzują się różnorodnością konstrukcji, które wyróżniają i charakteryzują ich podstawowe parametry lotu, takie jak: zasięg, pułap oraz długotrwałość przebywania w powietrzu. Ze względu na te własności powstała podstawowa ich klasyfikacja na klasy i kategorie, która przedstawiona jest w tabeli poniżej (tabela 1).

Tabela 1. Podział bezzałogowych statków powietrznych wg naukowców z Wojskowej Akademii Technicznej

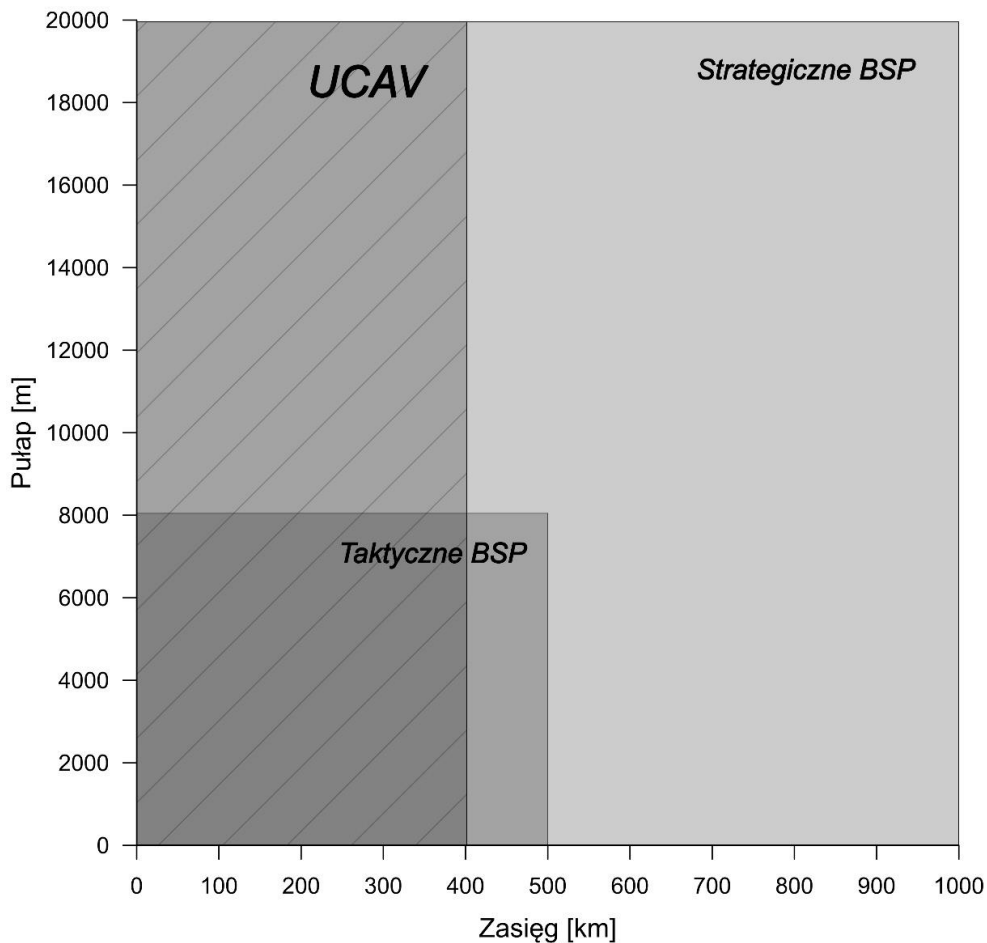
Kategoria	Oznaczenie	Pułap [m]	Zasięg [km]	Długotrwałość lotu [h]
Taktyczne BSP				
Mikro	Micro	250	↓ 10	1
Mini	Mini	350	↓ 10	↓ 2
Bezpośredniej styczości	Close Range (CR)	3 000	10÷30	3÷6
Krótkiego zasięgu	Short Range (SR)	3 000	30÷70	3÷6
Średniego zasięgu	Medium Range (MR)	3 000÷5 000	70÷200	6÷10
Średniego zasięgu, dużej długotrwałości lotu	MR Endurance (MRE)	5 000÷8 000	↑ 500	10÷18
Niskiego pułapu, głębokiej penetracji	Low Altitude Deep Penetration (LADP)	50÷9 000	↑ 250	0,5÷10
Niskiego pułapu, dużej długotrwałości lotu	Low Altitude Endurance (LAE)	3000	↑ 500	↑ 24
Średniego pułapu, dużej długotrwałości lotu	Medium Altitude Long Endurance (MALE)	5 000÷8 000	↑ 500	24÷48
Strategiczne BSP				
Wysokiego pułapu, dużej długotrwałości lotu	High Altitude Long Endurance (HALE)	15 000÷20 000	↑ 1 000	24÷48
Bezpilotowe bojowe statki powietrzne	Unmanned Combat Aerial Vehicle (UCAV)	↑ 20 000	400	2

Źródło: P. Zalewski, *Klasyfikacja BSP: zasięg, pułap i długotrwałość na podstawie – system klasyfikacji BSP wg standardów NATO*, „Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej” 2001, nr 12, s. 64.

Podział zastosowany w niniejszej klasyfikacji dzieli platformy bezzałogowe na dwie zasadnicze grupy: taktyczne i strategiczne. Zasadniczo **taktyczne** BSP, to taki rodzaj platform bezzałogowych, których zasięg działania wynosi do 500 kilometrów, z możliwym do osiągnięcia pułapem nieprzekraczającym

8 kilometrów. Bezzałogowce **strategiczne** charakteryzują się natomiast zasięgiem przekraczającym 500 kilometrów oraz pułapem większym niż 8000 metrów.

Bojowe bezzałogowe statki powietrzne to platformy, których możliwości ograniczone są do zasięgu 400 kilometrów, mające możliwość osiągnięcia pułapu powyżej 20 tysięcy metrów. Ich długotrwałość lotu pozwala na prowadzenie operacji wynoszącej około dwóch godzin. Zależność pułapu od zasięgu dla UCAV na tle taktycznych i strategicznych bezzałogowych statków powietrznych przedstawia poniższy rysunek (rys. 1).



Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Adamski, J. Rajchel, *Bezzałogowe statki powietrzne. Część I. Charakterystyka i wykorzystanie*, WSOSP, Dęblin 2013, s. 51.

Rys. 1. Wykres zależności pułapu od zasięgu UCAV na tle strategicznych i taktycznych UAV

Bezzałogowe statki powietrzne, które wykonują zadania bojowe można znaleźć także w klasyfikacji przedstawiającej BSP specjalnego przeznaczenia. Zgodnie z nią dzielimy je na dwie grupy. Pierwszą z nich jest kategoria oznaczona jako Lethal (LETH). Do grupy tej zaliczyć możemy uderzeniowe BSP przeznaczone do zwalczania: pojazdów, okrętów, stacji radiolokacyjnych oraz infrastruktury przeciwnika. W grupie tej zawierają się bojowe BSP o zasięgu do 300 km, pułapie do 4 kilometrów i długotrwałości lotu wynoszącej do 4 godzin³. Przykładem tego typu statku powietrznego jest izraelski BSP o nazwie Harpy. Przeznaczony jest on do operacji obezwładniania obrony przeciwnika SEAD (ang. *Suppression of Air Defense*). Wyposażony jest w system swój-obcy oraz pociski raketowe AGM-88 HARM (ang. *High-speed Anti-Radiation Missile*), służące do niszczenia urządzeń radarowych przeciwnika. Jego działanie opiera się na przeszukiwaniu wcześniej zaprogramowanego obszaru i wyszukiwaniu aktywności stacji radiolokacyjnych przeciwnika. W przypadku ich odnalezienia, przechodzi on w tryb bojowy, kierując się do źródła emisji, w efekcie niszcząc zagrożenie. W przypadku nie wykrycia promieniowania posiada on możliwość samozniszczenia⁴.

Klasyfikacja bezzałogowych statków powietrznych specjalnego przeznaczenia zawiera także bezzałogowe systemy powietrzne oznaczone jako De-coys (DEC). Wśród nich wyróżniamy obiekty takie jak: imitatory samolotów, pułapki radiolokacyjne oraz latające cele. W grupie tej zawierają się platformy o zasięgu do 500 kilometrów, pułapie mieszczącym się w przedziale od 50 do 5000 metrów, zdolnych do lotu trwającego do 4 godzin⁵.

2.2. Lotnicze środki bojowe w bezzałogowych systemach powietrznych

W dobie XXI wieku bezzałogowe statki powietrzne są jedną z podstawowych broni na współczesnym polu walki⁶. Pierwsze bojowe bezzałogowe statki powietrzne wyposażono w standardowe rodzaje uzbrojenia przeznaczone dla

3 M. Adamski, J. Rajchel, *Bezzałogowe statki...*, op. cit., s. 54.

4 *Harpy Air Defense Suppression System*, online – <http://defense-update.com/directory/harpy.htm#cont> [dostęp: 20.09.2015].

5 M. Adamski, J. Rajchel, *Bezzałogowe statki...*, op. cit., s. 54.

6 M. Kopczewski, B. Pączek, *Systemy komputerowego sterowania stosowane w bezzałogowych statkach powietrznych*, online – http://mit.weii.tu.koszalin.pl/MIT5/Modele%20inzynierii%20teleinformatyki%205_03%20Kopczewski%20Paczek.pdf [dostęp: 19.09.2015].

innych środków rażenia⁷. Obecnie środki bojowe implementowane do BBSP możemy określić jako modułowe, w tym sensie, że są one wykorzystywane w innych klasach statków powietrznych a nawet innych rodzajach uzbrojenia (np. naziemne przeciwpancerne wyrzutnie raketowe, działa bezodrzutowe oraz inne). Wiele z nich, w tym pociski raketowe nazywane są **bronią „inteligentną”** (ang. *smart weapon*).

Określenie broni inteligentnej odnosi się do uzbrojenia w dwóch aspektach. Pierwszy z nich określa konwencjonalne, precyzyjne środki bojowe, pozwalające na skuteczne rażenie celu z wysoką precyzją, nawet z dużej odległości, przy założeniu minimalizowania dodatkowych szkód⁸. Do ich rozwoju przyczynił się rozwój technologii w dziedzinach opto- i mikroelektroniki. Dzięki temu możliwe stało się dzienne i nocne kierowanie ogniem. Duże znaczenie mają także jednostki obliczeniowe. Współczesne procesory pozwalają na rozpoznawanie obrazów, a co za tym idzie automatyczne wykrywanie, identyfikowanie i śledzenie celów w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do rzeczywistego. Wprowadzenie do układów scalonych wzorców terenów i obrazów celów oraz algorytmów ich porównywania, powoduje że broń co raz bardziej nabiera cech sztucznej inteligencji⁹. Drugie, niezwiązane z lotniczymi środkami rażenia, określenie uzbrojenia inteligentnym odnosi się do broni indywidualnej (najczęściej palnej) z możliwością aktywowania jej przez uprawnionego użytkownika. Takie rozwiązania mają na celu zapobieganie nadużyciom jej stosowania, kradzieży, użycia jej przeciwko właścicielowi oraz tym podobnym działaniom zwiększającym bezpieczeństwo jej stosowania¹⁰.

2.2.1. Lotnicze środki bojowe klasy powietrze-powietrze

Do lotniczych środków bojowych klasy powietrze-powietrze, możliwych do użycia przez BBSP zaliczyć możemy pocisk raketowy bliskiego zasięgu, produkcji izraelskiej o nazwie Python-5. Jest on bronią klasy powietrze-powietrze

7 L. Cwojdziański, *Ewolucja platform bezzałogowych*, „Przegląd Sił Zbrojnych” 2014, nr 2, s. 110.

8 R.P. Hallion, *Precision guided munitions and the new era of warfare*, online – <http://fas.org/man/dod-101/sys/smart/docs/paper53.htm> [dostęp: 1.10.2015].

9 M. Adamski, J. Rajchel, *Bezałogowe statki...*, op. cit., s. 311.

10 *No Chip in Arm, No Shot From Gun*, online – <http://rense.com/general51/nochip.htm> [dostęp: 1.10.2015].

piątej generacji¹¹ i jednym z najbardziej zaawansowanych technologicznie pocisków na świecie. Posiada on możliwość operowania poza zasięgiem widzenia (ang. *Beyond Visual Range* – BVR). Jedną z jego osobliwych cech jest system identyfikacji celu. Posiada on możliwość obserwacji celu, który widzi go nie jako punkt, ale złożony obraz w dwóch zakresach widma. Najprawdopodobniej jego matrycę tworzą dwie nałożone na siebie siatki czujników termicznych o różnych parametrach. Jego działanie polega na równoległym śledzeniu go w dwóch zakresach jednocześnie. Komputer pokładowy porównuje ze sobą obrazy kieruje pocisk na bardziej wyrazisty. Kolejną jego niecodzienną cechą jest stosowanie procedury śledzenia celu – LOAL (ang. *lock-on after launch*), działający dopiero po jego odpaleniu. Taki tryb uniemożliwia przeciwnikowi wczesne odpromieniowanie i możliwość skutecznej samoobrony. Dzięki zaawansowanym algorytmom możliwe jest przechwycenie nawet małych i wolno poruszających się obiektów takich jak UAV, w tym także poruszających się w trudnych warunkach pogodowych. Pocisk może być wystrzelony do celów znajdujących się w dowolnym miejscu wokół samolotu¹². Jego osiągi oraz możliwości, pozwalają sądzić, że wykorzystywany on będzie do ochrony własnej uzbrojonych platform bezzałogowych, w przypadku napadu powietrznego skierowanego w ich kierunku.

2.2.2. Lotnicze środki bojowe klasy powietrze-ziemia

Przykładem inteligentnego pocisku raketowego jest AGM-114 Hellfire II (ang. *Air-to-Ground Missile, Helicopter launched fire-and-forget*). Uzbrajano w nie pierwsze bezzałogowe bojowe platformy powietrzne, uważając go za najbardziej odpowiedni. Z nazwy, to śmigłowcowy pocisk raketowy typu wystrzel i zapomnij¹³, klasy powietrze-ziemia. Jego wykorzystanie skupia się na niszczeniu opancerzonych oraz innych jednostkowych celów, z możliwością

11 Wyznacznikiem **generacji pocisków** jest złożoność implementowanych w ich układach systemów kierowania i sterowania.

12 <http://www.airforce-technology.com/projects/python-5-air-to-air-missile-aam-rafael-israel/> [dostęp: 10.10.2015].

13 **Wystrzel i zapomnij** (ang. *fire-and-forget*) jest terminem określającym grupę środków bojowych posiadających możliwość samonaprowadzania się na cel. Do zadań operatora (pilota) należy namierzenie (przechwycenie) celu oraz inicjacja środka, który sam jest zdolny do zmiany trajektorii lotu, tak aby osiągnąć zamierzony cel. Odbywa się to bez udziału człowieka oraz systemów zamieszczonych na platformie, z której nastąpiło jego odpalenie (zrzucenie). Cf. lot autonomiczny.

rażenia ich bez konieczności bezpośredniej ich widoczności. Głównym jego przeznaczeniem jest rażenie silnie opancerzonych celów, głównie czołgów. Jego zasięg rażenia jest najdłuższy ze wszystkich używanych przez armię amerykańską pocisków tego typu. Wyposażony jest on w laserowy system naprowadzający, którego działanie polega na odbiciu od celu wiązki światła laserowego, wysyłanej z pokładu nosiciela, innego statku powietrznego lub z ziemi. Najnowsza wersja pocisku AGM-114L Longbow Hellfire wyposażona jest w głowicę naprowadzania wstępnego i system radarowy pracujący na falach radiowych o długościach milimetrych i dużej odporności na zakłócenia¹⁴. Przykładem zastosowania tego pocisku jest amerykański bojowy bezzałogowy system powietrzny MQ-9A Reaper.

Innym, o podobnym przeznaczeniu pociskiem raketowym jest LAHAT (ang. *Laser Homing Attack* lub *Laser Homing Anti-Tank*). To przykład przeciwpancernego środka bojowego naprowadzanego laserowo. Jego cechą wyróżniającą jest posiadanie głowicy tandemowej¹⁵, umożliwiającej niszczenie między innymi pojazdów opancerzonych zaopatrzonych w osłony reaktywne. Jej budowa pozwala na przebicie pancerza pancernego do głębokości 80 centymetrów. Posiada półaktywny laserowy system naprowadzania, z bardzo dużym prawdopodobieństwem rażenia celu wynoszącym 95%¹⁶. Obecnie środek ten testowany jest przez bezzałogowy statek powietrzny produkcji izraelskiej IAI RQ-5 Hunter¹⁷.

Kolejnym przeciwpancernym pociskiem raketowym jest Spike. W platformach bezzałogowych używa się jego dwie wersje – dużego zasięgu LR (ang. *long range*) oraz bardzo dużego zasięgu oznaczoną jako ER (ang. *extended range* lub *extra long range*)¹⁸. Należą one do broni raketowej czwartej generacji typu wystrzel i zapomnij. Posiadają układ samonaprowadzania z głowicą Dual z zaimplementowanymi dwiema kamerami: telewizyjną z matrycą światłoczułą oraz termowizyjną. Taka budowa pozwala na używanie go zarówno w dzień, jak i w nocy. Poza tym pocisk posiada tandemową głowicę

14 *AGM-114 Hellfire II Missile*, online – <http://www.army-technology.com/projects/hellfire-ii-missile/> [dostęp: 1.10.2015].

15 **Głowica tandemowa** składa się z dwóch ładunków: pierwszy niszczy osłonę (np. reaktywną), drugi inicjujący właściwą strugę kumulacyjną.

16 <http://www.defense-update.com/directory/lahat.htm> [dostęp: 10.10.2015].

17 *Pentagon Plans to Weaponize More Drones*, online – <http://defensetech.org/2013/12/30/pentagon-plans-to-weaponize-more-drones/> [dostęp: 10.10.2015].

18 L. Cwojdziański, *Ewolucja platform...*, op. cit., s. 111.

o możliwości przebicia pancerza pancernego od 70 (wersja ER) do 100 (wersja LR) centymetrów. W odróżnieniu do innych tego typu środków posiada dwa napędy. Pierwszy z nich – silnik startowy umożliwia mocny impuls służący do nadania mu stosunkowo wysokiej prędkości początkowej. Drugi człon – silnik marszowy, utrzymuje nadaną wcześniej prędkość. Obydwa z nich posiadają stały materiał pędny.

Innym uzbrojeniem utożsamianym z bezzałogowymi bojowymi aparatami latającymi raketowym, wydaje się być Northrop Grumman BAT (ang. *Brilliant Anti-Tank*). Są to podpociski w formie miniankiet, przenoszące przez pociski raketowe, a w przyszłości przez platformy bezzałogowe¹⁹. Ich osobliwą cechą jest posiadanie czujników akustycznych zamieszczonych na końcówkach ich brzechw. Służą one do lokalizacji źródła emisji odgłosów wydawanych przez jadące czołgi lub inne tego typu pojazdy. BAT tworzą pozabawione napędu kasety w kształcie cylindra. W pierwszej fazie opadają one na spadochronach, inicjując czujniki akustyczne, które potrafią wyszukać cel w odległości do 6 kilometrów. Po jego zlokalizowaniu pocisk leci lotem poziomym w jego kierunku. W następnej fazie uruchamia się drugi spadochron. Kaseca przeszukuje wcześniej zdefiniowany obszar tym razem za pomocą podczerwieni. Po jego przechwyceniu zrzuca się spadochron i następuje precyzyjne uderzenie w cel, z dokładnością wynoszącą poniżej jednego metra. Producent uzbrojenia przewiduje w przyszłości jego zastosowanie w uzbrojonych platformach bezzałogowych. Jednym, ze scenariuszy jest szerokie jego zastosowanie w obszarach zurbanizowanych (rys. 2).

Firma podkreśla jego bardzo dokładne działanie, skierowane tylko i wyłącznie w cel, nawet jeśli jest to obsługa moździerza czy pojedynczy uzbrojony strzelec wyborowy. Zaletą środka jest możliwość jego dość szerokiego użycia przeznaczonego zarówno do likwidacji pojedynczych obiektów w postaci siły żywej jak również precyzyjnego rażenia na przykład wybranego pojazdu przemieszczającego się w kolumnie, nawet w obszarze zaludnionym i zurbanizowanym. Aktualnie środek ten jest w fazie testów przez bezzałogowe aparaty latające, których przykładem jest RQ-5 Hunter. W przyszłości ich nosicielami mają być między innymi MQ-8 Fire Scout czy General Atomics MQ-1 Predator²⁰.

19 M. Adamski, J. Rajchel, *Bezzałogowe statki...*, op. cit., s. 329.

20 *GBU-44 Viper Strike: Death From Above*, online – <http://www.defenseindustrydaily.com/gbu44-viper-strike-death-from-above-03127/> [dostęp: 11.10.2015].



Źródło: Defense Technical Information Center, online – http://www.dtic.mil/ndia/2006p-sa_apr/borden.pdf [dostęp: 11.10.2015].

Rys. 2. Wybrany futurystyczny scenariusz zastosowania uzbrojenia BAT

Inną propozycją lotniczego środka rażenia klasy powietrze–ziemia jest Lockheed Martin Scorpion oznaczany także jako SSW (ang. *Small Smart Weapon*). Ten stosunkowo niewielki, ważący zaledwie 15 kilogramów, inteligentny środek rażenia może być przenoszony zarówno przez samoloty, śmigłowce, jak i bezzałogowe statki powietrzne. Inicjowany jest on z uniwersalnej wyrzutni, a następnie sterowany za pomocą rozkładanych skrzydeł i usterzenia. Jest w stanie razić cel oddalony od nosiciela na odległość wynoszącą do 18 kilometrów. Naprowadzanie na cel realizowane jest za pomocą nawigacji satelitarnej – GPS, a w końcowej fazie lotu, zadanie to odbywa się półaktywnie, za pomocą wiązki światła laserowego. Potencjalnymi jego celami mogą być: siła żywa, lekkie pojazdy i samochody opancerzone, wyrzutnie pocisków czy pozycje strzelców. W zależności od rażonego celu montuje się do jego korpusu jedną z czterech głowic. Taka modułowość pozwala na skierowanie i skoncentrowanie energii wybuchu, w zależności od specyfiki celu (np. rażenie celu w budynku, pojazdu opancerzonego strumieniem kumulacyjnym). Według opinii producenta jest on bronią, posiadającą możliwość stosowania jej w terenie zurbanizowanym, do stałych i ruchomych celów, z dokładnością naprowadzania wynoszącą poniżej jednego metra. Właściwości te wpływają

znacząco na redukcję zjawiska *collateral damage*, która stanowiła jeden z głównych wymogów w czasie jego konstruowania²¹.

Kolejnym współczesnym, precyzyjnym środkiem bojowym, klasy p-z jest G-Claw firmy Textron Systems. Mierzący ponad 1 metr i ważący 22 kilogramy pocisk, inicjowany jest z wyrzutni, posiadającej możliwość osadzenia jej na platformach bezzałogowych. Ponad 9 kilogramowa głowica, przeznaczona jest do rażenia: siły żywej, pojazdów (w tym opancerzonych), jednostek pływających oraz lekkich struktur betonowych. W zależności od rodzaju celu, wybierany jest jeden z trzech modułów zapalnika. Naprowadzanie na cel realizowane jest za pomocą systemu GPS oraz inercyjnie. Promień rażenia środka, od miejsca jego uderzenia wynosi zaledwie 4 metry, a jego zasięg do 15 kilometrów²².

Należy zwrócić uwagę, że lotnicze środki bojowe tego typu: o małym wymiarze, programowalnym promieniu rażenia, często stosowane w odniesieniu do konkretnego rodzaju celu wyznaczają jeden z kierunków rozwoju. Są w dużej mierze odpowiedzią na protesty spowodowane użyciem bardziej restrykcyjnych środków, które przyczyniły się do strat niezamierzonych, wśród ludności cywilnej. Przykładem akcji przeprowadzonej z zastosowaniem tak dobranego środka rażenia, jest użycie go przeciwko jednemu z przywódców organizacji Al-Kaida, zorganizowanemu przez CIA w 2010 roku w Pakistanie. W celu zlikwidowania terrorysty posłużono się 15 kilogramowym wyspecjalizowanym środkiem, zainicjowanym z bezzałogowego systemu powietrznego. Skutkami jego użycia było zabicie terrorysty oraz jego dziewięciu współpracowników, przebywającym na jednym piętrze budynku. Nikt spośród sąsiadów oraz innych postronnych osób, podczas realizacji misji bojowej nie został znacząco poszkodowany czy martwy²³.

Do podobnych tego typu pocisków klasy powietrze-ziemia, w systemach bezzałogowych możemy wyróżnić: MBDA HOT, Direct Attack Guided Rocket (DAGR), Advanced Precision Kill Weapon System (APKWS) oraz inne.

21 <http://www.lockheedmartin.com/us/news/press-releases/2010/june/Lockheed-MartinsSCORPIONSu.html> [dostęp: 15.11.2015].

22 http://defense-update.com/20120912_claw-demonstration.html#.Vkrj4r_Qhyo [dostęp: 16.11.2015].

23 J. Warrick, P. Finn, *Amid outrage over civilian deaths in Pakistan-CIA turns to smaller missiles*, online – <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2010/04/25/AR2010042503114.html?sid=ST2010042503646> [dostęp: 16.11.2015].

Cechą łączącą je jest podobny zasięg, przeznaczenie oraz parametry geometryczne. Różnicę natomiast stanowią sposoby ich kierowania i sterowania.

Dość osobliwym rozwiązaniem jest Switchblade. Jest to bezzałogowy taktyczny system powietrzny bezpośredniej styczności, będący jednocześnie środkiem bojowym. Jego masa wynosi około 2,5 kilograma, a wraz z urządzeniem startowym 3,5 kilograma. Zastosowany napęd elektryczny, zapewnia nie tylko jego cichą pracę ale pozwala na osiągnięcie pułapu wynoszącego 5 tys. metrów. Switchblade jest w stanie osiągnąć prędkość wynoszącą ponad 150 kilometrów na godzinę oraz zasięg około 10 kilometrów. Małe rozmiary geometryczne oraz masa znacząco utrudnia jego rozpoznanie dostępnymi środkami radiolokacyjnymi oraz wzrokowe. Do jego zalet możemy zaliczyć także autonomiczne sterowanie, działające w oparciu o system GPS. Wystrzelony z tuby obiekt zaczyna krążyć wokół zdefiniowanego wcześniej obszaru, przekazując w czasie rzeczywistym obraz do operatora. Po rozpoznaniu celu decyduje on o jego rażeniu lub o zaniechaniu takiego działania. Platformami do jego przenoszenia mogą być nie tylko bezzałogowe statki powietrzne, ale również samochody terenowe, transportery opancerzone, bojowe wozy piechoty oraz inne tego typu środki²⁴. Jego walory takie jak naprowadzanie z dokładnością do 1 metra, mogą pozwolić na zastosowanie go w warunkach miejskich oraz w stosunku do celów, którym może być nawet pojedynczy strzelec wyborowy.

Innym, podobnym przykładem jest bojowy bezzałogowy system powietrzny klasy mikro – Warmate (rys. 3). To rodzimy produkt firmy WB Electronics, realizowany we współpracy z Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia. Jego promień działania wynosi 10 kilometrów, a jego masa startowa zaledwie 4 kilogramy. Jest on zdolny do osiągania prędkości wynoszącej 150 km/h oraz wysokości operacyjnej lotu w zakresie od 30 do 200 metrów.

Warmate w zależności od głowicy, przewidziany jest do realizacji trzech rodzajów zadań. Pierwsze, z głowicą obserwacyjną stanowi: obserwacja, wykrywanie, rozpoznanie i identyfikacja obiektów zainteresowania. Drugie z zastosowań, odnosi się do rażenia siły żywej ładunkiem odłamkowym. Stanowi go głowica bojowo-obserwacyjna. Osadzony w niej materiał wybuchowy – trinitrotoluen o masie 300 gramów, zapewnia skuteczny promień rażenia wynoszący 10 metrów. Taka konfiguracja przeznaczona jest do rażenia

²⁴ *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013–2038*, United States Department of Defense, 2013, s. 74–75.

pojedynczych celów nieopancerzonych (np. strzelców, gniazd karabinów maszynowych). Trzecie z możliwych zadań to wykrywanie i rażenie lekko opancerzonego wyposażenia przeciwnika, z możliwością przebicia pancerza do 120 milimetrów. Zadanie to realizuje głowicą bojowo-obszerną z ładunkiem kumulacyjnym. Wybór jednego z trzech możliwych zastosowań odbywa się poprzez instalację jednej z trzech głowic. System może być wykorzystany dwójako. Do obserwacji, w relatywnie długim czasie wynoszącym do 30 minut oraz jako środek bojowy jednorazowego użytku. Mikro BBSP Warmate jest systemem autonomicznym, posiadającym możliwość przekazywania obrazu w czasie rzeczywistym do stacji kierowania i kontroli. Inicjowany jest on z kasetowej wyrzutni pneumatycznej, która pozwala na zainstalowanie go na platformie bezzałogowej większych klas i kategorii²⁵.



WB Electronics/.

Rys. 3. Bojowy bezzałogowy system powietrzny Warmate

Jednym z precyzyjnych środków bojowych przeznaczonych do BBSP jest bomba szybująca małego wagomiaru FFLMM (ang. *Free-Fall Lightweight Multi-role Missile*). Podstawowym wymogiem, w czasie jej opracowania było zapewnienie możliwości ofensywnych, bezzałogowym platformom kategorii MALE, zasadniczo realizującym zadania z zakresu rozpoznania. Jej masa wynosi zaledwie 6 kilogramów. Kumulacyjno-odłamkowa głowica, ważąca 2 kilogramy, jest w stanie skutecznie razić cele powierzchniowe oraz lekko

²⁵ <http://wb.com.pl/warmate/> [dostęp: 15.11.2015].

opancerzone. Taki wagomiar zapewnia ograniczenie strat ubocznych i ułatwia wykorzystanie środków bojowych, w sytuacjach gdy cięższe pociski mogłyby zagrozić np. cywilom. Naprowadzanie na cel może być realizowane zarówno za pomocą układu pozycjonowania GPS (dolot w rejon celu), jak też półaktywnego systemu laserowego (w końcowej fazie lotu). Dzięki takiemu rozwiązaniu zapewniona jest duża precyzja trafienia w cel mogący znajdować się w odległości do 4 kilometrów, z niewielką odchyłką wynoszącą poniżej 1 metra. Zarówno niewielka masa, jak i zastosowany system naprowadzania umożliwiają integrację FFLMM na wielu średniej masy bezzałogowych platformach powietrznych bez ograniczania ich pierwotnych funkcji i możliwości rozpoznawczych²⁶.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne lotniczych środków rażenia dedykowanych do BBSP, w celu ich porównania zestawiono w tabelach 2–3 oraz w załączniku.

Tabela 2. Dane taktyczno-techniczne wybranych pocisków raketowych klasy powietrze-powietrze przeznaczonych do BBSP

Parametr/Nazwa ŚB (klasa)	Python-5 (p-p m.z.)
Długość całkowita [m]	3,1
Średnica kadłuba [mm]	160
Masa startowa [kg]	105
Rodzaj naprowadzania	inercyjny system nawigacyjny
Rodzaj napędu	silnik raketowy na paliwo stałe
Działanie głowicy	odłamkowe
Zasięg maksymalny [km]	20
Prędkość przelotowa [Ma]	4

Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Adamski, J. Rajchel, *Bezzałogowe statki...*, op. cit., s. 323.

²⁶ B. Stevenson, FARNBOROUGH: Thales develops new missile for UAVs, online – <https://www.flightglobal.com/news/articles/farnborough-thales-develops-new-missile-for-uavs-401276/> [dostęp: 15.11.2015].

Tabela 3. Dane taktyczno-techniczne wybranych pocisków raketowych klasy powietrze-ziemia przeznaczonych do BBSP

Parametr/Nazwa SB (klasa)	AGM-114 Hellfire (p-z, ppanc)	LAHAT (p-z, ppanc)	Spike ER (p-z, ppanc)	BAT (p-z, ppanc)
Długość całkowita [m]	1,62	0,97	1,20	0,90
Średnica kadłuba [mm]	178	105	115	140
Masa startowa [kg]	47	13	13,3	20
Rodzaj naprowadzania	laserowe	połaktywne laserowe	pasywne na podcierwień	akustyczne, laserowe, korekcją GPS
Rodzaj napędu	silnik raketowy na paliwo stałe	silnik raketowy	silniki raketowe (startowy i marszowy) na paliwo stałe	silnik raketowy
Działanie głowicy	kumulacyjne	kumulacyjne tandemowe	kumulacyjne tandemowe	kumulacyjne
Zasięg maksymalny [km]	9	13	8	6
Prędkość przelotowa [Ma]	1,4	0,9	0,5	–

Parametr/Nazwa SB (klasa)	Scorpion (p-z)	G-Claw (p-z)	Switchblade (mikro BSP)	Warmate (mikro BSP)	FFLMM (p-z, bomba)
Długość całkowita [m]	0,53	104	0,61	0,9	0,7
Średnica kadłuba [mm]	108	150	40	120	0,76
Masa startowa [kg]	15	22	2,5	4,3	6
Rodzaj naprowadzania	GPS, półaktywne laserowe	inercyjnie, GPS	GPS, zdalnie	autonomiczne, zdalne wspomagane GPS+INS	GPS, półaktywne laserowe
Rodzaj napędu	silnik raketowy	silnik raketowy	elektryczny	elektryczny	brak
Działanie głowicy	4 rodzaje głowic w zależności od celu	odłamkowo-burząca z trzymodułowymi zapalnikami	burząca ze skierowanym działaniem oraz samoliktwatorem	kumulacyjna lub odłamkowa (w zależności od rodzaju celu)	kumulacyjno-odłamkowe
Zasięg maksymalny [km]	18	15	10	10	4
Prędkość przelotowa [Ma]	–	–	0,12	0,12	–

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wykazanych w bibliografii oraz oficjalnych danych ich producentów.

2.3. Programy i kierunki rozwoju bezzałogowych bojowych systemów powietrznych oraz ich uzbrojenia

Prognozuje się, że w najbliższych latach nastąpi dynamiczny rozwój bezzałogowych bojowych statków powietrznych. Już w niedalekiej przyszłości będą one zdolne do autonomicznego wykrywania, identyfikacji, przechwycenia i neutralizacji celów naziemnych²⁷ oraz powietrznych. Sprostawszy tym zadaniom można przyjąć, że konieczne stanie się opracowanie uzbrojenia dedykowanego wyłącznie do tej klasy statków powietrznych. Najprawdopodobniej będą to konwencjonalne środki rażenia, którym stawia się wymagania, w zakresie ich bardzo skutecznego i precyzyjnego oddziaływania na cel, biorąc pod uwagę także ograniczenie *collateral damage*. Oprócz zadań ofensywnych, skierowanych przeciwko obiektom naziemnym przeciwnika, ważnym wydaje się także samoobrona własnej platformy. W przyszłości, powinny być one wyposażane w pociski raketowe klasy powietrze-powietrze oraz działka, w tym także wykorzystujące energię elektromagnetyczną. Takie uzbrojenie jednak będzie wykorzystywane w bezzałogowych statkach powietrznych w dłuższej perspektywie²⁸.

Obecnie trwają prace rozwojowe dotyczące budowy zaawansowanych bezzałogowych systemów bojowych. Jednym z nich jest program bezzałogowych opancerzonych śmigłowców uderzeniowych (ang. *Unmanned Combat Armed Rotorcraft* – UCAR). Projekt przyszłej platformy powstał już w 2002 roku. Obecnie jest on prowadzony przez kilka konsorcjów, zajmujących się produkcją uzbrojenia. Należą do nich takie firmy jak: Lockheed Martin, Bell, Kaman czy Sikorsky. W stosunku do budowanego aparatu bojowego zostały określone wymogi. Jego maksymalna masa startowa powinna wynosić około 2500 kilogramów, długość lotu około 10 godzin, prędkość przelotowa około 300 km/h oraz prędkość wznoszenia oscylująca około wartości 2,5 m/s²⁹. Poza tym ma on posiadać: system obserwacyjno-celowniczy z radarem milimetrowym oraz radiolokacyjne urządzenie identyfikacji „swój-obcy”. Do wyposażenia będzie także należał: zintegrowany system dookólnej obserwacji elektrooptycznej i w podczerwieni oraz precyzyjny laserowy system radiolokacyjny

27 M. Adamski, J. Rajchel, *Bezzałogowe statki...*, op. cit., s. 330.

28 Ibid., s. 331.

29 http://www.deagel.com/Combat-Helicopters/UCAR_a000306001.aspx [dostęp: 18.10.2015].

przeznaczony do identyfikacji atakowanego obiektu. Podstawą działania programu UCAR ma być ścisła współpraca ze śmigłowcami bojowymi AH-64D. Mają one stanowić ugrupowania mieszane złożone z załogowych oraz bezzałogowych platform powietrznych. Podstawowe uzbrojenie mają stanowić pociski klasy *stand off* oraz wspólna amunicja ataku bezpośredniego (ang. *Joint Direct Attack Munition – JDAM*). Program budowy UCAR jest obecnie jednym z kluczowych przedsięwzięć należących do szerszego programu – przyszłościowych systemów pola walki (ang. *Future Combat Systems – FCS*)³⁰.

Innym programem rozwojowym, odnoszącym się do bezzałogowych bojowych statków powietrznych jest wspólny bojowy system powietrzny (*Joint Unmanned Combat Air System – J-UCAS*). Jego głównym zadaniem jest skoordynowanie realizacji istniejących już bezzałogowych projektów sił powietrznych i marynarki wojennej USA, tak aby wypracować optymalne rozwiązania dla obu rodzajów sił zbrojnych. Partycypują w nim US Air Force, US Navy oraz DARPA – Agencja Zaawansowanych Projektów Badawczych w Obszarze Obronności (*Defense Advanced Research Projects Agency*). Głównym asumptem jego stworzenia była potrzeba walki z terroryzmem oraz zintensyfikowania prac nad bezzałogowymi bojowymi aparatami latającymi. Zawijając projekt, określono podstawowe wymagania techniczne oraz taktyczne budowanej w ramach niego platformy powietrznej. Określono, że jej taktyczny promień działania powinien wynosić 2400 km, udźwig 2 tony, czas patrolowania w powietrzu 2 godziny z możliwością odbywania misji na odległość do 1850 kilometrów. Ponadto powinna ona osiągać pułap wynoszący 10 kilometrów oraz odbywać loty z prędkością okołodźwiękową wynoszącą około 0,8 Macha³¹. Trzonem projektu są dwa zbudowane prototypy bezzałogowych statków powietrznych – Boeing X-45 oraz Northrop Grumman X-47.

Głównym celem stworzenia Boeing X-45 było rozwinięcie technologii niezbędnych do prowadzeniu działań bojowych związanych z niszczeniem obrony powietrznej przeciwnika. Pierwsza jego generacja została stworzona z myślą o wykonywaniu misji środkami bojowymi klasy powietrze-ziemia oraz z możliwościami prowadzenia walki środkami powietrze-powietrze opartych na zdalnym pilotowaniu. Przeprowadzone testy bojowe w ugrupowaniu pary statków powietrznych zakończyły się sukcesem. Dwóm lecącym BBSP X-45,

30 <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/ucar.htm> [dostęp: 18.10.2015].

31 M. Francis, *Joint Unmanned Combat Air Systems: The Have Blue of the 21st Century*, „DARPA Tech 2005” August 9–11, s. 113–117.

z zachowaniem 45 kilometrowej separacji poziomej, postawiono zadanie rażenia stanowiska ogniowego przeciwlotniczego zestawu raketowego, dostępnymi środkami klasy powietrze-ziemia. Po opromieniowaniu jednej z platform, nastąpiła między nimi wymiana informacji. Na jej podstawie statki dokonały oceny sytuacji taktycznej oraz wypracowały decyzję o ataku na cel. Atakującym był obiekt znajdujący się w lepszej pozycji. Dzięki temu likwidacja celu, opromieniowującego platformę został zneutralizowany w czasie wynoszącym niespełna 5 minut.

Kontynuując program, Boeing stworzył kolejną wersję bezzałogowego statku powietrznego oznaczonego X-45 w wersjach kolejno: B, C i N. W stosunku do poprzednika, dokonano zmian w konstrukcji płatowca oraz zespołu napędowego. Jednym ze stawianych przed nim wymogów było zastosowanie technik obniżających jego wykrywalność – *stealth*³². Układ wlotu powietrza do silnika pozostawiono pod kadłubem, lecz w celu zmniejszenia jego wartości powierzchni skutecznej odbicia został on przesunięty do tyłu. Po obu stronach zespołu napędowego umieszczono komory, w których znajduje się jego uzbrojenie. Są to samonaprowadzające się pociski przeciwradiolokacyjne, bomby o wagomiarze wynoszącym 1000 kilogramów oraz inne środki bojowe i wyposażenie, takie jak zasobniki zakłócające.

Jednym z wymogów stawianych bojowym bezzałogowym statkom powietrznym w programie J-UCAS jest możliwość wykonywania lotów i misji bojowych, w sposób autonomiczny. Taki rodzaj lotu zapewniają zaimplementowane w nim systemy, które pozwalają także na wykonanie manewrów kołowania czy odejścia na drugi krąg. Podstawę stanowi układ nawigacji oparty na GPS. Pozwala on na programowanie trasy lotu poprzez wprowadzenie do komputera pokładowego współrzędnych geograficznych punktów zwrotnych, punktu docelowego, określenie pułapu oraz czasu lotu do poszczególnych punktów trasy. System sam dostosowuje prędkość statku powietrznego, w zależności od warunków atmosferycznych. Zdolność taka jest o tyle ważna, że

32 Stealth (ang. podstępny) w odniesieniu do statków powietrznych są to techniki mające na celu zmniejszenie możliwości ich wykrycia zarówno: wzrokowo, termicznie jak i za pomocą stacji radiolokacyjnych. W tym celu wykorzystuje się kilka dostępnych technik, których przykładem są: budowa płatowców z materiałów absorbujących bądź dyssypujących promieniowanie radiolokacyjne oraz stosowanie na ich powierzchni specjalnych farb i powłok, zmniejszenie śladu termicznego wydobywającego się z dyszy układu napędowego np. poprzez schładzanie gazów wylotowych, zmniejszenie emitowanego hałasu, przechowywanie uzbrojenia w zamykanych komorach oraz inne.

zapewnia bezpieczną żeglugę, podczas wykonywana misji przez kilka platform równocześnie. W ten sposób można w łatwy sposób przeprowadzić skoordynowany atak kilku statków powietrznych na jeden cel.

Odbyte testy, których przykładem jest lądowanie i start X-45N z lotniskowca potwierdzają także ich autonomiczne zdolności wykonywania lotów³³. W 2010 roku dokonano pierwszej udanej misji tankowania w powietrzu, za pomocą samolotu tankowania powietrznego KC-135. Misja ta wykonana była w pełni autonomicznie.

Kolejnym zbudowanymi prototypami były Northrop Grumman X-47, kolejno w wersjach A i B. X-47A Pegasus oprócz wysokich zdolności aerodynamicznych, posiadał możliwość wykorzystania pokładowych systemów startu i lądowania dedykowanych dla lotnictwa załogowego. Zapewnia go precyzyjny połączony system zbliżania i lądowania (*Joint Precision Approach and Landing Systems – JPALS*) oparty na systemie nawigacji satelitarnej GPS, z możliwością korygowania trajektorii lotu. Jego napęd zapewnia dwuprzepływowy silnik odrzutowy o ciągu wynoszącym około 15 kiloniutonów, pozwalający na wyniesienie go na wysokość 12 kilometrów z prędkością okołośoniczną. Konstrukcja platformy została stworzona w układzie latającego skrzydła³⁴. Do jej wytworzenia, w większości użyto materiałów kompozytowych, które przyczyniły się do jego wysokich właściwości *stealth* (skuteczna powierzchnia odbicia wynosi 0,01 m²). Na spodniej części płatowca umieszczono dwie komory, z których każda z nich jest w stanie pomieścić do 225 kg uzbrojenia lotniczego.

33 Vide: *X-47B Makes First Arrested Landing at Sea*, online – http://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=75298 [dostęp: 27.10.2015].

34 **Latające skrzydło** jest układem konstrukcyjnym stosowanym w budowie współczesnych statków powietrznych. Podstawową cechą tego rozwiązania jest brak części ogonowej, a sam statek powietrzny wyglądem przypomina jedno duże skrzydło, w środku którego można wyodrębnić kadłub. Układ ten jest prosty konstrukcyjnie. Kolejnym atutem jest zachowanie stabilności, podczas lotu bez znacznych zmian kierunku i wysokości. Następnym walorem dotyczących lotnictwa wojskowego jest fakt, że konstrukcja taka jest mniej wykrywalna przez środki radiolokacyjne, na skutek mniejszej powierzchni odbicia fal. Mankamentami takiego rozwiązania są duże gabaryty statku powietrznego oraz brak możliwości przewożenia ciężkich ładunków, które mogą zaburzyć wyważenie takiego statku powietrznego, R. Bielawski, *Wybrane zagadnienia z budowy statków powietrznych. Definicje, pojęcia i klasyfikacje*, AON, Warszawa 2015, s. 17.

Pomimo że na początku 2006 roku program J-UCAS został anulowany³⁵, budowa bojowego bezzałogowego statku powietrznego nadal trwa. Prace rozwojowe nad kolejnym modelem X-47 zostały przeniesione do bazy sił powietrznych Wright-Patterson, a program oznaczono USAS-D (ang. *Unmanned Combat Air System-Demonstration*). Sylwetka X-47B jest zbliżona do wcześniejszych konstrukcji wspólnego programu bojowego, zachowując układ konstrukcyjny poprzedników. Jego płatowiec w większości zbudowany jest z materiałów kompozytowych. Dzięki temu ważący ponad 9 ton statek powietrzny jest w stanie osiągnąć pułap ponad 13 tys. i zasięg około 2400 metrów. Trwające testy potwierdzają jego wysokie właściwości aerodynamiczne, a w szczególności możliwość startu i lądowania ze stałą niewielką prędkością. W sierpniu 2014 roku przeprowadzono lot testowy z pokładu lotniskowca USS Theodore Roosevelt (CVN-71), który potwierdził jego zdolności autonomiczne. Zaprogramowana platforma bezzałogowa wystartowała i lądowała samodzielnie na pasie startowym lotniskowca. Kolejnym sprawdzianem, było jego autonomiczne tankowanie, które odbyło się w kwietniu 2015 roku. Platforma X-47B była w stanie zlokalizować latającą cysternę, którą stanowił samolot Boeing 707. Po otrzymaniu zgody, sama była zdolna wykonać procedurę tankowania w powietrzu. Wstępną zdolność operacyjną bezzałogowego systemu powietrznego szacuje się na lata 2017–2023³⁶. Przyszła eskadra lotnicza, złożona z tych statków bezzałogowych, zastępująca samoloty F/A-18 może stać się jednostką bojową marynarki wojennej Stanów Zjednoczonych w 2025 roku³⁷. Platforma posiada możliwość przeniesienia uzbrojenia ważącego ponad 2 tony. Będą to środki bojowe, takie jak: GBU-31 z bombą BLU-109, GBU-31 z bombą Mk 84, GBU-32 z bombą Mk 83, GBU-39 SDB, pociski raketowe klasy powietrze-ziemia, takie jak: AGM-114 Hellfire, AGM-65E Maverick oraz pociski klasy powietrze-powietrze dalekiego zasięgu, takie jak AIM-120 AMRAAM.

Pod koniec 2010 roku, kilka miesięcy po oblocie X-47B marynarka wojenna USA, skierowała do wybranych przez siebie koncernów lotniczych zapytanie o informację (ang. *request for information* – RFI) dotyczącą możliwości konstrukcji i budowy bezzałogowego bojowego statku powietrznego,

35 A. De Neve, *Looking Beyond the J-UCAS Technological Demonstrator Program's Demise*, Royal High Institute for Defence, FOCUS PAPER 24, November 2010, s. 22.

36 *Unmanned Carrier Launched Surveillance and Strike (UCLASS) Program*, online – <http://www.navaldrones.com/UCLASS.html> [dostęp: 31.10.2015].

37 M. Adamski, J. Rajchel, *Bezzałogowe statki...*, op. cit., s. 275.

w ramach nowotworzonego programu *Unmanned Carrier Launched Airborne Surveillance and Strike* (UCLASS). Zgodnie z wymogami powinien być on platformą rozpoznawczo-bojową o właściwościach *stealth*. Jego zadania skupiałyby się wokół trzech głównych obszarów: wykonywanie misji ISR³⁸, wskazywania celów oraz precyzyjnych uderzeń lotniczych. Jego długotrwałość lotu miałyby wynosić w zakresie 11–14 godzin. Platforma powinna być przystosowana do tankowania w locie dwoma sposobami: z zastosowaniem sondy i giętkiego przewodu z koszem oraz metodą sztywnego bomu³⁹.

Program UCLASS został podzielony na trzy zasadnicze segmenty: lotniczy, lotniskowców oraz systemów kierowania i łączności⁴⁰. Pierwszy z nich dotyczył budowy właściwej platformy latającej, czyli płatowca, zespołu napędowego oraz systemów pokładowych, takich jak system planowania misji oraz inne. Drugi – lotniskowy zawiera zadania dotyczące przystosowania lotniskowców do operowania z ich pokładu platform bezzałogowych. Trzeci segment zakłada modyfikację i integrację dotychczasowych i nowych systemów kierowania lotem, dowodzenia i zarządzania misją. Ich celem jest umożliwienie współpracy lotnictwa bezzałogowego z samolotami i śmigłowcami załogowymi bazującymi na pokładzie lotniskowców.

Budowę platformy powietrznej powierzono czterem firmom lotniczym: Boeing Company, General Atomics Aeronautical Systems Inc., Lockheed Martin Corporation i Northrop Grumman Corporation. Zawarte zostały umowy, w ramach których przeprowadzone mają zostać prace koncepcyjne dotyczące budowy nowego bojowego bezzałogowego systemu powietrznego. Po opracowaniu wstępnych założeń projektowych i ich zaakceptowaniu przez US Navy zawarto umowy na opracowanie projektów wstępnych. Ich szczegółowe założenia zostały utajnione. Wśród czterech niezależnych, proponowanych przez poszczególnych wykonawców projektów ma zostać wyłoniony najlepszy z nich i skierowany do produkcji. Obecnie trwają prace nad proponowanymi statkami powietrznymi, które są propozycją poszczególnych koncernów lotniczych. Należą do nich: Northrop Grumman X-47B, będący

38 ISR – akronim pochodzący od wyrazów: Intelligence – wywiad, Surveillance – śledzenie, Reconnaissance – rozpoznanie.

39 Vide: *Air Force Aerial Refueling Methods: Flying Boom versus Hose-and-Drogue*, CRS Report for Congress, 11 May 2005, s. 5–11.

40 UNMANNED CARRIER-BASED AIRCRAFT SYSTEM – Navy Needs to Demonstrate Match between Its Requirements and Available Resources, Report to Congressional Committees, May 2015, s. 4.

kluczowym produktem wcześniejszego programu USAS-D, Lockheed Martin Sea Ghost, Boeing Phantom Ray oraz Sea Avenger realizowanego przez General Atomics.

Rozpoczynając prace nad programem UCLASS ustalono, że wyłoniony bezzałogowy statek powietrzny ma być przeznaczony przede wszystkim do prowadzenia misji ISR z ograniczoną możliwością wykonywania precyzyjnych uderzeń na cele nawodne⁴¹. Według koncepcji określonej w programie, dwie platformy miałyby wykonywać loty patrolowo-rozpoznawcze wokół lotniskowca w promieniu do 1850 km od niego, z długotrwałością lotu wynoszącą od 11–14 godzin. Takie wymogi ograniczyłyby jednak jego zdolności bojowe. Jeśli platforma ma zapewniać kilkugodzinną długotrwałość lotu, to potrzebuje na to znaczne zapasy paliwa. Limituje to jego możliwości bojowe, znacznie ograniczając masowo przenoszone uzbrojenie. Przy dalszej analizie potrzeb, w kontekście budowy bezzałogowego bojowego statku powietrznego, w ramach programu UCLASS okazało się, że zadania takie mogą wykonywać inne platformy bezzałogowe na przykład MQ-4C Trinton. W związku z tym logiczne wydawało się, że należy zmienić zadania jakie staną przed nowobudowanym bojowym systemem bezzałogowym. Zdecydowanie bardziej potrzebna jest platforma bojowa, zdolna do penetrowania nieprzyjacielskiej przestrzeni powietrznej i wykonywania precyzyjnych uderzeń na cele naziemne i nawodne⁴² przeciwnika. Zmiana potrzeb i wymagań, w aspekcie wykonywanych zadań okazała się jednak bardziej skomplikowana, a przede wszystkim kosztowniejsza. Głównie z tych powodów zakładane terminy realizacji uległy wydłużeniu.

Według niektórych opinii statek powietrzny, wyłoniony w toku realizacji programu UCLASS powinien odpowiadać masie samolotom myśliwskim, takim jak na przykład wycofany ze służby F-14 Tomcat. Poza tym powinien posiadać szerokie możliwości bojowe, przenosząc wszystkie klasy uzbrojenia używane w US Navy⁴³, których masa miałyby wynosić ponad 2700 kilogramów⁴⁴. Przy takim zastosowaniu, logicznym wydaje się także zastosowanie

41 L.A. Wieliczko, *Program UCLASS*, „Armia” 2014, nr 7–8(70), s. 62–63.

42 Ibid., s. 63.

43 D. Majumdar, S. LaGrone, *Navy: UCLASS will be stealthy and „Tomcat size”*, online – <http://news.usni.org/2013/12/23/navy-uclass-will-stealthy-tomcat-size> [dostęp: 1.11.2015].

44 Tak definiowana masa pozwoli na przeniesienie np. 24 sztuk ważącej 113 kilogramów bomby GBU-39 SDB.

technologii *stealth* ograniczającej jego wykrywalność. W odniesieniu do patrolowania obszaru, w promieniu lotniskowca jest ona raczej zbędna, ale do prowadzenia działań bojowych wydaje się być niezbędną. Nie ulega jednak wątpliwości, że nowobudowana platforma powietrzna powinna bynajmniej posiadać cechy utrudnionej wykrywalności. Kolejnym poruszonym aspektem jest możliwość prowadzenia walk powietrznych z potencjałem lotniczym przeciwnika. Projekt nie zakłada samodzielnych misji ofensywnych, prowadzonych przez BBSP. Może on jedynie znacznie zwiększyć potencjał innych myśliwców. Jednym ze scenariuszy może być wykorzystanie go do odpalania rakiet klasy powietrze-powietrze dalekiego zasięgu, lecąc w ugrupowaniu z samolotami F/A-18E/F czy F-35 w wersji C. Inny schemat zakłada sytuację, w której bezzałogowa platforma bojowa będzie odpalać rakiety w kierunku statków powietrznych przeciwnika, które zostaną wcześniej zidentyfikowane przez pokładowy samolot wczesnego ostrzegania, taki jak Northrop Grumman E-2D Advanced Hawkeye lub przez załogowy samolot bojowy prowadzący formację. Lider za pomocą taktycznego systemu wymiany i transmisji danych, zidentyfikuje cel i przydzieli go do zwalczania przez dostępne środki rażenia jakie posiadać będzie statek bezzałogowy⁴⁵.

Pomimo faktu, że program UCLASS jest na wstępnym etapie, z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że jego produktem stanie się bezzałogowy bojowy statek powietrzny z odrzutowym zespołem napędowym oraz możliwością długotrwałego przebywania w powietrzu. Będzie on zdolny do wykonywania misji z użyciem lotniczych środków bojowych. Oprócz klasycznych zadań ISR, obezwładniania obrony przeciwlotniczej przeciwnika (ang. *Suppression of Enemy Air Defence* – SEAD), walki elektronicznej (ang. *Electronic Warfare*) może on stanowić wsparcie dla lotnictwa załogowego, przejmując od niego część zadań uderzeniowych.

Na podstawie analizy literatury przedmiotu można przyjąć założenie, że w najbliższych kilkunastu latach siły powietrzne będą sukcesywnie pozyskiwać i posiadać znaczną liczbę bezzałogowych statków powietrznych o dużej i średniej długości lotu, operujących na średnich i dużych odległościach. Będą one uzupełnieniem dla załogowych bojowych samolotów i śmigłowców, realizując zadania na ich korzyść. Obecnie bezzałogowe systemy powietrzne

45 Vide: S. Trimble, *E-2D units will command future UCLASS fleet*, online – <https://www.flightglobal.com/news/articles/e-2d-units-will-command-future-uclass-fleet-407693/> [dostęp: 1.11.2015].

eksploatowane w siłach powietrznych realizują dwa rodzaje zadań. Pierwszym z nich jest rozpoznanie powietrzne, natomiast drugim z nich jest prowadzenie misji uderzeniowych na obiekty naziemne i nawodne przeciwnika. W odniesieniu do zadań bojowych realizowanych przez BBSP, można konstatować że zadania z tego zakresu w przyszłości ulegną znacznemu rozszerzeniu⁴⁶. Obecnie trwają prace koncepcyjne nad możliwością realizacji zadań wykonywanych przez BBSP z zakresu: uderzeń lotniczych, niszczenia środków systemu obrony powietrznej przeciwnika, zwalczania sił nawodnych przeciwnika oraz okrętów podwodnych oraz wykonywania bombardowań i minowania. Do wykonywania tych misji wykorzystywać będą one nie tylko broń opartą na detonacji materiału kruszącego, ale także nieśmiercionośną z możliwością bezpośredniego rażenia nią siły żywej⁴⁷.

⁴⁶ S. Zajac (red.), *Studium przyszłości sił powietrznych. Kierunki rozwoju do 2025 roku*, AON, Warszawa 2009, s. 130.

⁴⁷ „Eyes of the army” U.S. Army Roadmap for UAS 2010-2035, U.S. Army UAS Center of Excellence, Fort Rucker 2010, s. 9.

3

Samoloty bojowe i ich uzbrojenie

3.1. Charakterystyka samolotów bojowych

Samolot jest największą i najpopularniejszą klasą statków powietrznych. Definiowany jest jako aerodyna, stałopłat¹ posiadający napęd, który służy do nadania mu prędkości. W odniesieniu do lotnictwa bojowego, jest ona ważnym parametrem. Pozwala na szybką reakcję i osiągnięcie przez samolot zamierzonego celu, czasami znacznie oddalonego od miejsca bazowania. Klasyfikując je według tego parametru, przy porównaniu do prędkości dźwięku² możemy wyróżnić samoloty:

a) poddźwiękowe (subsoniczne) – czyli, takie których maksymalna prędkość jest mniejsza niż 340 m/s (1224 km/h).

b) przydźwiękowe (transsoniczne) – o prędkości równej lub zbliżonej do prędkości dźwięku.

c) naddźwiękowe (supersoniczne) – ich prędkość jest wyższa niż prędkość dźwięku.

d) hiperdźwiękowe – obiekty zdolne do poruszania się z prędkością powyżej 1389 m/s (5000 km/h). Przyjmuje się, że obiektami hipersonicznymi są obiekty poruszające się z prędkością równą bądź większą niż 4 Ma³.

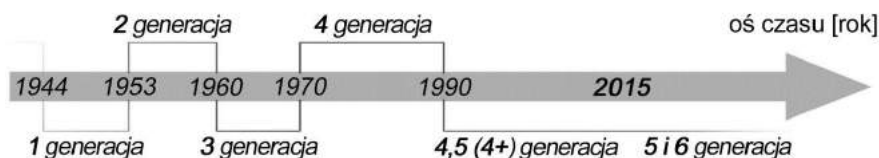
1 Aerodyny są obiektami, które unoszą się w atmosferze poprzez wytworzenie na przeznaczonych do tego powierzchniach siły nośnej, która powstaje poprzez dynamiczne oddziaływanie powietrza na nieruchome (**stałopłaty**) lub ruchome płaty nośne (**wiroplaty**).

2 Prędkość dźwięku jest zależna od ośrodka, w którym dźwięk się rozchodzi. Dla powietrza jego wartość uzależniona jest od jego parametrów, takich jak temperatura, wilgotność czy ciśnienie oraz innych, które mają pomijalny wpływ. Dla temperatury normalnej (15°C) wynosi ona 340 m/s (ok. 1224 km/h).

3 Prędkość Macha określa się jako iloraz prędkości poruszającego się obiektu do prędkości rozchodzenia się dźwięku w tym samym otoczeniu. Jest ona wartością bezwymiarową (bezmianową).

Pojęcie **prędkości hiperdźwiękowej** obecnie nie odnosi się do samolotów. Istnieją jedynie pojedyncze egzemplarze statków powietrznych, które są w stanie być obiektami hiperdźwiękowymi. Klasyfikacja ta wyznacza pewien kierunek zmian na przyszłość. Należy zatem spodziewać się, że nowobudowane wojskowe konstrukcje lotnicze, będą w stanie osiągać co raz to większe prędkości. Pojęcie prędkości hipersonicznej odnosi się do **lotniczych środków rażenia**. Są nimi **pociski hipersoniczne**. Broń ta analogicznie jak statki powietrzne jest w stanie osiągać prędkości wyższe niż 4 Ma. Dają one możliwość zniszczenia dowolnego celu na Ziemi, w maksymalnym czasie wynoszącym jedną godzinę. Tak krótki czas daje zdolność do bardzo szybkiego reagowania na wszelkie zagrożenia, niezależnie od rozmieszczenia własnych wojsk, baz i konieczności uzyskania zezwolenia państw trzecich o zgodę na przelot.

Z samolotami bojowymi wiąże się pojęcie generacji. Jej wyznacznikiem jest złożoność układów sterowania i kierowania oraz innego wyposażenia technicznego (zaawansowania technologicznego) implementowanego w ich układach⁴. Samoloty bojowe pierwszej generacji eksploatowane były w latach 1944–1953 (rys. 4). Przełomem w ich budowie oraz głównym wyznacznikiem tej grupy statków powietrznych było zastosowanie silnika turboodrzutowego. Zastąpił on dotychczas stosowany napęd tłokowy. Pomimo tego, że charakteryzowały się one dużymi rozmiarami, posiadały stosunkowo małą wytrzymałość i żywotność. Ich konstrukcje nośne zawierały usterzenia płytowe, a skrzydła charakteryzowały się dodatnim kątem skosu, zwiększającym jego stateczność i sterowność. Standardem wyposażenia stał się wyrzucany fotel, przeznaczony do szybkiego opuszczenia samolotu, w przypadku braku możliwości kontynuowania lotu (np. w przypadku ich ostrzału). Uzbrojenie tego typu samolotów stanowiły działka, służące przede wszystkim do walki powietrznej. Poza tym nie posiadały one pokładowych stacji radiolokacyjnych, przez co prowadzone zadania bojowe odbywały się wyłącznie w zasięgu widzialności. Przykładem samolotu myśliwskiego z tego okresu czasu był amerykański Lockheed F-80 Shooting Star.



Opracowanie własne.

Rys. 4. Rozwój generacji samolotów bojowych

4 Analogicznie do generacji pocisków.

Lata 1953–1960, to okres budowy samolotów drugiej generacji. Konstrukcyjnie, były to udoskonalane platformy wcześniejszej – pierwszej generacji. W ich strukturach stosowano skrzydła w układzie konstrukcyjnym delta, zwiększające siłę nośną i wytrzymałość samolotu. Doprowadziło to do osiągnięcia prędkości przekraczających prędkość dźwięku. Takie rozwiązanie przyczyniło się do zwiększenia udźwigu uzbrojenia. Stanowiły go kierowane pociski rakietowe klasy powietrze–powietrze. Pokładowa stacja radiolokacyjna, stanowiąca standardowe wyposażenie samolotów bojowych drugiej generacji, pozwoliła na zastosowanie ich z odległości poza zasięgiem wzroku pilota. Przykładem konstrukcji lotniczej z tego okresu czasu był rosyjski samolot myśliwski MiG-15.

Samoloty trzeciej generacji zaczęły pojawiać się w 1960 roku, funkcjonując przez dekadę. Cechą charakterystyczną ich budowy była zmienna geometria skrzydeł, która zdecydowanie polepszyła własności aerodynamiczne tamtejszych konstrukcji. W tym celu stosowano także elementy mechanizacji skrzydła, takie jak: kłapy czy sloty. Nadal wykorzystywano i udoskonalano pociski rakietowe, lecz na skutek potrzeby prowadzenia manewrowej walki powietrznej na małych odległościach powrócono do koncepcji wyposażania samolotów w lufową broń pokładową. Przykładem samolotu bojowego trzeciej generacji jest radziecki jednosilnikowy samolot odrzutowy o zmiennej geometrii skrzydeł MiG-23.

Czwarta generacja samolotów bojowych przypadła na lata 1970–1990. Konstrukcje tamtego okresu zaczęły nosić cechy wielozadaniowości, co sprawiło, że nazywane zostały **samolotami wielozadaniowymi**. Były w stanie przenosić uzbrojenie różnych klas i typów oraz wypełniać różnego rodzaju misje bojowe. Ich właściwości podnosiły dobrze rozwinięte systemy awioniki, kierowania i naprowadzania środków rażenia. Udałe konstrukcje płatowców oraz ich wysokie właściwości aerodynamiczne pozwoliły na prowadzenie przez nich wysokomanewrowej walki powietrznej. Standardem stał się komputer pokładowy, który nie tylko dbał o zachowanie parametrów lotu, ale wspomagał proces rozpoznania, przechwytywania i śledzenia potencjalnych obiektów rażenia. Przykładem tego typu statku powietrznego jest samolot wielozadaniowy F-16 Fighting Falcon.

Samoloty bojowe produkowane od 1990 roku do czasów obecnych, zostały zdefiniowane jako – generacja cztery+ (4,5). Połówkowe oznaczenie powstało

w celu podkreślenia braku znaczącego postępu w aerodynamice konstrukcji⁵. Z drugiej zaś strony współczesne myśliwce, charakteryzują się bardzo dużą ilością systemów i urządzeń elektronicznych opartych na mikroprocesorach. Pomimo braku zdecydowanych zmian w konstrukcji płatowca, rozpoczęto stosowanie lżejszych i równie wytrzymałych materiałów kompozytowych. Przykładem tej generacji statku powietrznego jest samolot wielozadaniowy Eurofighter Typhoon (EF-2000).

Współcześnie konstruowane bojowe statki powietrzne noszą miano piątej generacji. Wprowadzenie ich do wyposażenia sił powietrznych państw nastąpi w przeciągu kilku najbliższych lat. W obszarze zespołów napędowych zauważalna jest w ich konstrukcjach tendencja do stosowania silników z możliwością sterowaniem wektorem ciągu, zwiększając w ten sposób ich właściwości manewrowe. Poza tym rezygnuje się ze stosowania dopalania, z uwagi na wysokie promieniowanie termiczne oraz duże ilości spalanego paliwa. Coraz częściej zamiast tego używa się napędów *supercruise*, które pozwalają na osiągnięcie prędkości naddźwiękowych oraz zwiększają ich właściwości *stealth*, emitując znacznie mniej energii. Ich zdolności bojowe podnoszą wysoko zaawansowane wyposażenie sensoryczne z rozbudowaną awioniką. Ich wielozadaniowe możliwości zapewniają między innymi wyselekcjonowane lotnicze środki rażenia, wyposażone w zaawansowane systemy sterowania i kierowania. W zależności od zastosowanego uzbrojenia (wariantu uzbrojenia), przeznaczone są do wykonania jednego rodzaju misji (np. SEAD, CAS, AI oraz inne), szczególnie ukierunkowanych na obiekty powietrzne i naziemne nieprzyjaciela⁶. Dużą wagę przywiązuje się do rozwoju pocisków raketowych średniego i dalekiego zasięgu klasy powietrze-powietrze przy współdziałaniu z pokładową stacją radiolokacyjną dalekiego zasięgu, wspomagającą ich użycie, poprzez wczesne wykrycie i zidentyfikowanie środków napadu powietrznego nieprzyjaciela⁷.

W skali światowej, obecnie realizowanych jest kilka programów rozwojowych, w ramach których efektem mają być samoloty bojowe nowej – piątej generacji. Wśród nich najbardziej znanymi są dwa programy – amerykański,

5 G. Brown, *Defining a 5th Generation Fighter*, Dubai International Air Chiefs Conference, November 2011, s. 3.

6 H. Carlisle, *5th Generation Fighters*, online – http://secure.afa.org/events/Breakfasts/Breakfast_2-28-12_LtGen_Carlisle.pdf [dostęp: 8.11.2015].

7 E. McCormack, *Future Air Combat and 5th Generation Fighters*, online – <http://www.williamsfoundation.org.au/Resources/Documents/5thGeneration.pdf> [dostęp: 8.11.2015].

dotyczący budowy samolotu F-35 Lightning II oraz jego rosyjski odpowiednik Suchoj PAK FA. Poza nimi rozwijane są takie konstrukcje jak: indyjski projekt samolotu bojowego HAL AMCA, turecki TAI TFX, chiński Chengdu J-20 oraz Shenyang J-31. Obecnie jedynym samolotem bojowym piątej generacji, który osiągnął zdolność operacyjną jest F-22 Raptor.

Samoloty bojowe szóstej generacji stanowią dalszą przyszłość lotnictwa bojowego. Literatura przedmiotu określa je jako zaawansowane platformy wyposażone w systemy: ataku elektronicznego z możliwością oceny świadomości sytuacyjnej oraz pasywnej samoobrony, działające jako element sieciocentrycznego pola walki⁸. Ich uzbrojenie przewiduje zastosowanie oprócz klasycznej broni środków nieśmiercionośnych, takich jak broń laserowa, mikrofalowa oraz inne. Taki rodzaj uzbrojenia lotniczego mógłby działać nie tylko destrukcyjnie na statek powietrzny przeciwnika, ale skutecznie obezwładnić jego systemy pokładowe i całkowicie wyeliminować go z walki. Samoloty tej generacji, według szacunków mają być wytwarzane nie wcześniej niż w 2025 roku.

3.2. Samolotowe uzbrojenie lotnicze

3.2.1. Uzbrojenie lufowe samolotów

Współczesne samoloty bojowe wyposażane są w lotniczą broń lufową, którą stanowią **działka lotnicze**. Zapewniają one samolotom zdolności bojowe do walki na bliskim dystansie oraz stosowane są przeciwko celom naziemnym. Zazwyczaj montowane są one nieruchomo, w osi podłużnej samolotu, charakteryzując się wysoką szybkostrzelnością i niezawodnością. Ich kaliber zazwyczaj wynosi kilkadziesiąt milimetrów.

Przykładem broni lufowej, wykorzystywanej we współczesnych samolotach bojowych jest 20 mm działko M61A1 Vulcan. Jest ono 6-lufową bronią, osadzaną na stałe i chłodzoną powietrzem. Działko wraz z jego systemem napędzane jest hydraulicznie oraz sterowane elektrycznie. Jego szybkostrzelność wynosi 6000 wystrzałów na minutę i jest zdolne do zestrzelenia samolotu w ciągu jednej sekundy. Zasięg pocisków wynosi około 600–700 metrów. Jego elementy dzielimy na ruchome i stałe. Elementami obracającymi się są

8 G. Brown, *Defining a 5th*, op. cit., s. 5.

zespół tłoka oraz luf, natomiast pozostałe podzespoły są nieruchome. Dzięki swojej niezawodności jest ono podstawowym uzbrojeniem większości samolotów bojowych USA od ponad 50. lat. Znalazło ono miejsce w podstawowym wyposażeniu uzbrojenia takich samolotów, jak: F-111, F-14, F-15 czy F-16⁹. Amunicja zasilająca broń zawiera pociski treningowe, przeciwpancerne oraz burzaco-zapalające. Jego najnowsza wersja M61A2, o zmniejszonej masie wynoszącej 91,6 kg znalazła zastosowanie w jednym z najnowszych samolotów bojowych świata – F-22 Raptor. Zmniejszenie masy uzyskano dzięki zastosowaniu cieńszych luf oraz wykorzystaniu materiałów kompozytowych, zastępujących cięższe metale.

Inną amerykańską lufową bronią lotniczą jest pięciolufowe 25 mm działko typu Gatling oznaczone jako GAU-12. Jego napęd stanowi silnik elektryczny, mechaniczny, pneumatyczny bądź hydrauliczny. Zasilany jest dwoma rodzajami amunicji: przeciwpancerno-zapalającą lub burząco-zapalającą. Posiada on dość osobliwą konstrukcję. Zamontowane jest ono w dwóch zasobnikach, umieszczonych po dwóch stronach kadłuba. Jeden z nich zawiera działko natomiast drugi mieści amunicję, która dostarczana jest do broni za pomocą mostka. Broń wyróżnia się jedną z największych prędkości początkowych pocisku wynoszącą 1085 m/s oraz szybkostrzelności oscylujących w granicach 3300 strzałów na minutę. Jego nowsza wersja, oznaczona symbolem GAU-22/A jest obecnie testowana i ma stanowić uzbrojenie samolotu F-35¹⁰.

Kolejnym przykładem współczesnej lotniczej broni lufowej jest rosyjskie 30 mm działko GSz-30-1 (oznaczone także jako 9A-4071K). Jest automatyczną, jednolufową bronią chłodzoną wodą, znajdującą się w płaszczu okrywającym lufę. Jego szybkostrzelność wynosi 1500 strzałów na minutę, charakteryzując się przy tym niewielką masą wynoszącą około 50 kilogramów. Oprócz walki powietrznej, odbywającej się na krótkich odległościach przewidziane jest ono do rażenia obiektów naziemnych. Stosuje się w stosunku do nich amunicję typu: odłamkowo-burzącego oraz przeciwpancerną ze smugaczem, przeznaczoną do niszczenia lekko opancerzonych celów naziemnych, nawodnych i powietrznych. Naprowadzanie broni na cel odbywa się za pomocą laserowego systemu celowniczego, dzięki czemu zapewniona jest duża skuteczność prowadzonego ognia. Działko GSz-30-1 stanowi wyposażenie

9 A. Wetoszka, I. Nowak, *Zastosowanie samolotu F-16...*, op. cit., s. 55–56.

10 http://www.gd-ots.com/armament_systems/mbw_GAU-22A.html [dostęp: 21.11.2015].

wielu samolotów bojowych Federacji Rosyjskiej, takich jak: MiG-29, Su-27, Su-34, a także Suchoj T-50.

Innym przykładem działka współczesnego samolotu bojowego jest 27 mm Mauser BK-27 produkowany przez niemiecką firmę Rheinmetall. Zostało ono zaprojektowane i zbudowane w ramach programu wielozadaniowego samolotu bojowego (ang. *Multi-Role Combat Aircraft* – MRCA). Jest ono automatycznym, jednolufowym działkiem rewolwerowym, działającym na zasadzie odprowadzenia energii gazów prochowych. Posiada dużą szybkostrzelność wynosząca 1700 strzałów na minutę, miotając pociski i nadając im prędkość początkową równą 1025 m/s. Zasilane jest ono amunicją z pociskami: uniwersalnymi, burzącymi, przeciwpancernymi, przeciwpancerno-burzącymi, przeciwpancerno-odłamkowymi oraz podkalibrowymi przeciwpancernymi pociskami odłamkowymi z sabotem¹¹ (ang. *Fragible Armour Piercing Discarding Sabot* – FAPDS). Tak rozbudowany zasób amunicji, pozwala na prowadzenie skutecznego ognia zarówno do celów powietrznych na małej odległości, jak również naziemnych. Zasilane jest taśmowo z bębna lub beztaśmowo, ze skrzynki amunicyjnej¹². Stanowi wyposażenie współczesnych samolotów bojowych, takich jak: Eurofighter Typhoon czy JAS 39 Gripen.

Dane taktyczno-techniczne wybranych i współcześnie używanych działek lotniczych, w celu ich porównania przedstawiono w tabeli poniżej (tabela 4) oraz w załączniku.

3.2.2. Uzbrojenie lotnicze klasy powietrze-powietrze

Samoloty bojowe są nosicielami największej liczby pocisków raketowych wśród bojowych platform powietrznych. Ich specyfika wykonywania lotów, z dużą prędkością i pułapem determinuje użycie uzbrojenia kierowanego, wśród którego wyróżniamy środki bojowe przeznaczone do rażenia wszelkich celów zarówno powietrznych, naziemnych, nawodnych i podwodnych. Obiekty powietrzne stanowią cele, w stosunku do których najodpowiedniejsze uzbrojenie lotnicze stanowią pociski raketowe klasy powietrze-powietrze, różnego zasięgu.

11 **Sabotem** nazywamy część pocisku podkalibrowego, którego zadaniem jest dopełnienie do średnicy lufy, uszczelnienie przewodu lufy za pociskiem oraz nadanie mu prędkości obrotowej. Po wystrzeleniu pocisku sabot oddziela się od niego, a pocisk podąża do celu samodzielnie.

12 <http://www.usaf.com/weapons/aircannon.htm> [dostęp: 21.11.2015].

Jednym z podstawowych tego typu środków, używanych przez lotnictwo NATO jest AIM-120 AMRAAM¹³. Jest pociskiem raketowym klasy „wystrzel i zapomnij”, dalekiego zasięgu, z możliwością rażenia celów oddalonych od jego nosiciela do 110 kilometrów (wersja AIM-120C). Naprowadzany jest on na cel dwójako: inercyjnie oraz radiolokacyjnie. Posiada zapalnik zbliżeniowy oraz głowicę odłamkowo-burzącą. Pozwala on na jego użycie w każdych warunkach pogodowych, zarówno do celów oddalających się, jak i zbliżających się do jego nosiciela. Jego najnowsza wersja posiada cyfrowy układ obliczeniowy, który stanowił główny kierunek zmian konstrukcyjnych, w stosunku do poprzednich jego wersji. Zmianie uległa także jego głowica bojowa, którą udoskonalono. Silnik raketowy, napędzający pocisk został wyposażony w większy ładunek miotający, dzięki czemu zwiększono jego zasięg. Produkowany od 1988 roku pocisk raketowy AIM-120 AMRAAM jest środkiem perspektywicznym. Producent, firma Raytheon podaje, że zasięg następnej z jego wersji, dzięki zastosowaniu silnika strumieniowego¹⁴ może ulec zwiększeniu nawet do 50%. Obecnie prowadzone są testy, w trakcie których środki te wystrzelwane są z samolotu F-35. Ich celem jest ich pełna integracja z tą platformą¹⁵.

Odpowiedzią na AIM-120 AMRAAM, ze strony rosyjskich producentów był pocisk raketowy R-77 (oznaczenie NATO AA-12 ADDER). Przeznaczony jest on do zwalczania celów powietrznych, a także pocisków raketowych klasy powietrze-powietrze, powietrze-ziemia oraz pocisków manewrujących. Jego naprowadzanie realizowane jest w oparciu o bezwładnościowy system inercyjny, a w końcowej fazie lotu aktywny system radiolokacyjny. Odpalenie pocisku następuje po wprowadzeniu do jego komputera pakietu danych takich jak kurs i prędkość celu. W odległości kilkunastu (16–20) kilometrów aktywuje się głowica radiolokacyjna, lokalizująca cel. Na krótszych dystansach system inercyjny nie jest uruchamiany, a naprowadzanie odbywa się radiolokacyjnie. Wersja rozwojowa tego środka, o wydłużonym zasięgu oznaczona

13 S. Zajas (red.), *Studium przyszłości sił...*, op. cit., s. 129.

14 **Silnik strumieniowy** jest rodzajem napędu raketowego. Napęd strumieniowy (ang. *ramjet*) jest odmianą napędu odrzutowego. Jego charakterystyczną cechą budowy jest prosta, nie zawierająca ruchomych części konstrukcja. Dzięki temu może on pracować w bardzo wąskim zakresie ciągu, czyli utrzymywać stałą prędkość napędzającego go obiektu. Najczęstszym zastosowaniem tego typu napędu jest technika wojskowa w tym szybkie, manewrujące pociski średniego i dalekiego zasięgu.

15 Modern, Versatile and Proven, online – <http://www.raytheon.com/capabilities/products/amraam/> [dostęp: 21.11.2015].

R-77P została zaopatrzona w dodatkowy silnik strumieniowy. Będzie ona zdolna do rażenia statków powietrznych przeciwnika w odległości do 115 kilometrów, przy rozwijaniu przez niego prędkości rzędu 5 Ma. Zgodnie z zapowiedziami producenta, ma on stanowić uzbrojenie samolotu Suchoj T-50¹⁶.

Innym pociskiem raketowym średniego zasięgu jest Meteor. Posiada możliwość atakowania celów poza zasięgiem ich widoczności. Jego naprowadzanie zapewnia aktywny układ radiolokacyjny, zaprojektowany w celu umożliwienia aktywowania wielu pocisków, do celów manewrujących, znajdujących się w dużej odległości, takich jak szybkie samoloty odrzutowe, małe bezzałogowe statki powietrzne i pociski manewrujące, w środowisku silnego zakłócania elektronicznego. Zdolny jest on do zwalczania celów powietrznych w dzień i w nocy, w każdych warunkach pogodowych. Zaopatrzony jest w głowicę odłamkową z zapalnikiem uderzeniowym. Jego zasięg wynosi około 100 kilometrów, co zapewnia mu silnik strumieniowy, pozwalający na rozpędzenie go do prędkości powyżej 4 Ma. Do tej pory zamówienia na jego dostawę złożyły: Wielka Brytania, Francja, Hiszpania i Szwecja. Potencjalnymi nosicielami tej broni mają być samoloty Eurofighter Typhoon, Gripen i Rafale. Jako opcja proponowana jest także integracja z samolotami F-35 Lightning II¹⁷.

Kolejnym z najskuteczniejszych pocisków raketowych klasy powietrze-powietrze jest AIM-9X Sidewinder. Jego nosicielami, oprócz samolotów są także śmigłowce. Naprowadzany jest termicznie i zdolny do użycia w każdych warunkach pogodowych, zarówno w dzień jak i w nocy. Naprowadzanie termiczne realizowane jest za pomocą kamery termowizyjnej. Najnowsza wersja tego środka oznaczona X (18 z kolei wersja) została wprowadzona do uzbrojenia w 2004 roku. W odniesieniu do swoich poprzedników, charakteryzuje się ona zmianą układów elektronicznych oraz udoskonaleniem systemu naprowadzania. Wprowadzono wieloelementową głowicę termowizyjną, stanowiącą część układu samonaprowadzania, którą sprzężono z autopilotem pocisku za pośrednictwem cyfrowego mikroprocesora. Dzięki włączeniu pocisku w szybną danych MIL STD-1776, umożliwiono wskazywanie celów za pomocą celownika nabełmowego, w pełnym zakresie kątów. Do układu napędowego dodano możliwość zmiany wektora ciągu, czyniąc pocisk wysoce manewrowy, pozwalając na rozpędzenie go do prędkości ponad 3 Macha. Producent, firma

16 M. Mikołajczuk, J. Gruszczyński, *Uzbrojenie ZSRR...*, op. cit., s. 61.

17 <http://www.airforce-technology.com/projects/-meteor-beyond-visual-range-air-air-missile/> [dostęp: 21.11.2015].

Raytheon nadal rozwija ten środek. W grudniu 2009 roku poinformowano, że kolejna jego subwersja, nazwana AIM-9X „Super Sidewinder” przystosowana zostanie także, do możliwości rażenia celów powierzchniowych (na lądzie i na wodzie). Główne zmiany dotyczyły oprogramowania jej systemu naprowadzania. Jego podzespoły mają posłużyć także do budowy lotniczych pocisków zwalczających rakiety balistyczne¹⁸.

Kolejnym, z wielu produkowanych i udoskonalanych obecnie środków rakietowych klasy powietrze-powietrze jest niemiecki pocisk IRIS-T (ang. *Infra Red Imaging System Tail/Thrust Vector-Controlled*). Opracowywany jest on przez niemiecką firmę Diehl Defence, we współpracy z innymi państwami uczestniczącymi w projekcie (6 konsorcjów). Zgodnie z zapowiedziami producenta jest on jednym ze środków bojowych, który mógłby w przyszłości zastąpić AIM-9 Sidewinder. Przeznaczony jest do likwidowania celów na krótkich dystansach, przez naprowadzanie go za pomocą podczerwieni. Co ciekawe, jest skonstruowany w sposób, umożliwiając jego inicjowanie z tych samych wyrzutni co AIM-9 Sidewinder. W porównaniu z nim, charakteryzuje się on większą czułością systemu naprowadzającego. Wyposażenie go w silnik strumieniowy pozwoliło na uzyskanie wysokich prędkości wynoszących do 3672 km/h oraz satysfakcjonującej zwrotności¹⁹. Jego nosicielami są takie samoloty bojowe jak: SAAB JAS 39 Gripen, Eurofighter Typhoon (EF-2000), F-16 Fighting Falcon SP Grecji oraz i hiszpańskie F/A-18 Hornet.

Wśród pocisków klasy powietrze-powietrze możemy wyróżnić ich podkategorię, którą tworzą pociski klasy powietrze-przestrzeń kosmiczna. Jednym z nich jest amerykański pocisk AIM-135 ASAT (ang. *air-launched anti-satellite multistage missile*). Odpalany był z nosiciela, na jego maksymalnym pułapie. Jego celami miały być satelity, rozlokowane w przestrzeni kosmicznej, w odległości ponad 560 kilometrów od nosiciela. Pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, pomimo pozytywnych testów zaniechano dalszych badań tego typu broni²⁰. Jednym z przyczyn były międzynarodowe akty prawne odnoszące się do eksploracji przestrzeni kosmicznej, zakazujące tego typu działalności.

Obecnie najbardziej rozwijanymi lotniczymi środkami bojowymi, przeznaczonymi do rażenia platform powietrznych są pociski rakietowe małego

18 Infrared-tracking, short-range multi-mission missile, online – <http://www.raytheon.com/capabilities/products/aim-9x/> [dostęp: 21.11.2015].

19 <http://www.diehl.com/en/diehl-defence/products/guided-missiles/iris-t-guided-missile-family/irist.html> [dostęp: 21.11.2015].

20 M.J. Dougherty, *Nowoczesne uzbrojenie lotnicze...*, op. cit., s. 17.

i średniego zasięgu, posiadające możliwości rażenia do około 100 kilometrów. Okazuje się, że budowa broni przewyższającej te osiągi jest niecelowa. Po pierwsze znacząco obniża udźwig samolotu, ze względu na swoją dużą masę własną. Drugim z powodów jest możliwość reakcji na zagrożenie, spowodowane czasem jego dolotu do celu. Poza tym duży dystans pozwala także na określenie pozycji agresora, powodując duże ryzyko jego namierzenia i kontrataku. Konstatację tą potwierdzają między innymi „mapy drogowe” rozwoju lotniczych środków rażenia, które przewidują, że podstawową bronią klasy powietrze-powietrze będą w przyszłości dwa zasadnicze pociski raketowe: AIM-9X Sidewinder oraz AIM-120 w wersji D. Tendencja ta, zgodnie z literaturą przedmiotu może utrzymać się do 2032 roku²¹. Drugim dowodem na potwierdzenie tej tezy jest fakt, że pociski tego typu, takie jak amerykański AIM-54 Phoenix, czy rosyjski R-33 nie są już rozwijane. Z drugiej zaś strony mógłby stanowić odpowiedni środek bojowy, przeznaczony do zwalczania, bardzo intratnych celów, którymi są systemy wczesnego ostrzegania i naprowadzania AWACS, określania obiektów i naprowadzania JSTARS oraz innych platform tego typu.

Wybrane, rozwijane i implementowane we współczesnych platformach powietrznych pociski raketowe klasy powietrze-powietrze, w celu ich porównania zebrane zostały w tabeli 5 oraz w załączniku.

3.2.3. Uzbrojenie lotnicze klasy powietrze-ziemia

Współczesne pociski klasy powietrze-ziemia przenoszone przez współczesne statki powietrzne, zazwyczaj są bronią precyzyjną naprowadzaną i kierowaną w oparciu o różne systemy. Możemy dokonać ich klasyfikacji ze względu na ich przeznaczenie, determinowane rodzajem celu. Wśród nich wyróżniamy przeciwradiolokacyjne oraz przeciwpancerne pociski raketowe. Do rażenia umocnień, budynków, schronów i innych tego typu elementów infrastruktury, współcześnie w dużej mierze używa się pocisków manewrujących, charakteryzujących się dużą: masą, energią wybuchu oraz zasięgiem dochodzącym do kilkuset kilometrów. Najprawdopodobniej z uwagi na stosunkowo małe koszty produkcji oraz duże możliwości propagowania energii, podczas ich detonacji rozwijane są bomby lotnicze. Wśród nich wyróżniamy klasyczne bomby swobodnie opadające (nienaprowadzane) oraz naprowadzane.

21 Future Readiness, *Naval Aviation Vision*, January 2010, s. 84.

Tabela 4. Dane taktyczno-techniczne wybranego współczesnego uzbrojenia lufowego samolotów

Parametr/Nazwa	M61A1 Vulcan	GAU-12	GSz-30-1	Mauser BK-27
Układ konstrukcyjny	Gatlinga	Gatlinga	klasykne działające na zasadzie odrzutu	działko rewolwerowe, energia gazów prochowych
Kaliber [mm]	20	25	30	27
Liczba luf	6	5	1	1
Zasilanie	bezzaśmowe, napęd hydrauliczny	taśmowe i bezzaśmowe z napędem elektrycznym	taśmowe dwustronne	taśmowo z bębna lub bezzaśmowe ze skrzynki
Masa całkowita [kg]	377	123	50	100
Szybkostrzelność [strz./min]	6000	3300	1500	1700
Prędkość początkowa pocisku [m/s]	1050	1085	900	1025
Zasięg skuteczny [m]	600	–	1800	–

Tabela 5. Dane taktyczno-techniczne wybranych samolotowych pocisków rakietowych klasy powietrze-powietrze

Parametr/Nazwa SB (klasa)	AIM-120C AM-RAAM (p-p, d. z)	R-77P (p-p, d. z)	Meteor (p-p, ś. z)	AIM-9X Sidewinder (p-p, m. z)	IRIS-T (p-p, m. z)
Długość całkowita [m]	3660	3800	3650	2850	2936
Średnica kadłuba [mm]	178	200	178	127	127
Rozpiętość brzechw [mm]	526	700	–	630	447
Masa startowa [kg]	152	225	185	91	87,4
Rodzaj naprowadzania	inercyjne, radiolokacyjne	radiowo-bezwładnościowe i radiolokacyjne	bezwładnościowe, aktywne radiolokacyjne	termicznie (podzewień)	termicznie (podzewień)
Rodzaj napędu	silnik rakietowy na paliwo stałe	silnik rakietowy na paliwo stałe	rakietowy ze zmianą wektora ciągu	rakietowy ze zmianą wektora ciągu	silnik rakietowy na paliwo stałe
Działanie głowicy	odłamkowo-burząca	odłamkowo-burząca	odłamkowo-burząca	odłamkowa	ukierunkowana odłamkowo-burząca
Zasięg [km]	wersja C-110	115	100	29	25
Prędkość przelotowa [Ma]	4	5	4	3	3

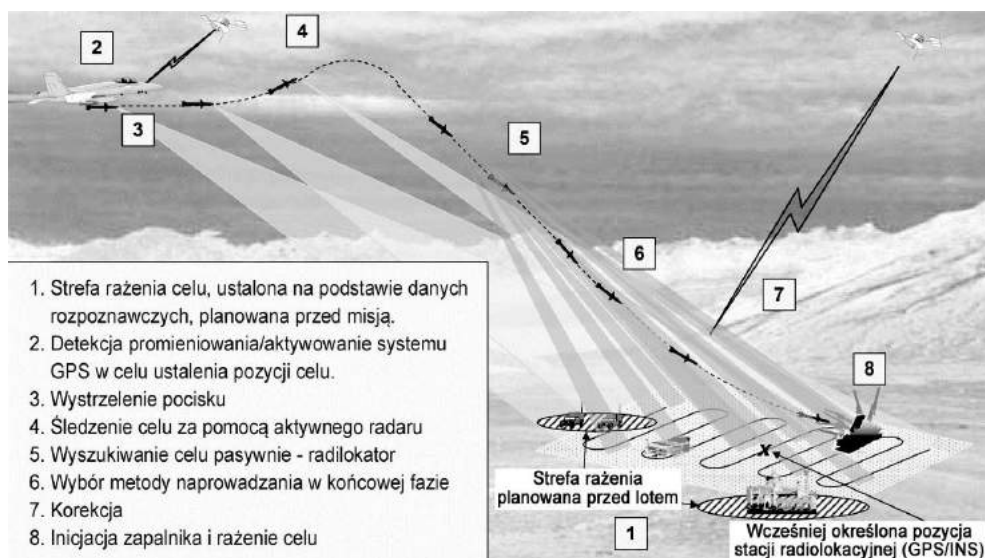
Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wykazanych w bibliografii.

Pociski przeciwradiolokacyjne są jednymi z podstawowych środków rakietowych przenoszonych przez współczesne samoloty bojowe. Są one odpowiednią bronią do skutecznego obezwładniania zaawansowanego systemu radarowego obrony powietrznej przeciwnika. Zazwyczaj wyposażone są one w pasywną głowicę radiolokacyjną. W nowych rozwiązaniach posiadają one także układy, których zadaniem jest możliwość pamięci ostatniej pozycji stacji radiolokacyjnej. Takie rozwiązania skutecznie przeciwdziałają zmyleniu środka poprzez zmianę pozycji celu, nawet po jego wystrzeleniu.

Jednym z podstawowych środków przeciwradiolokacyjnych jest AGM-88 HARM (ang. *High-speed Anti-Radiation Missile*). Jego naprowadzanie na cel odbywa się w pełni automatycznie. Realizowane jest ono za pomocą anteny odbierającej promieniowanie emitowane przez stację radiolokacyjną, stanowiącą jej cel. Jego wyróżniającą się cechą jest wysoka prędkość wynosząca ponad 2 Ma oraz zasięg dochodzący do 48 kilometrów. Osiągi te zapewnia jego napęd rakietowy ze stałym materiałem pędym. Bazując na konfliktach, w których wykorzystywano rakiety AGM-88 HARM, uznając go za odpowiedni środek, podjęto próby nad jego udoskonalaniem. Polegały one na zwiększeniu jego efektywności i niezawodności. Nowy produkt określono jako zaawansowany, kierowany pocisk przeciwradiolokacyjny i oznaczono go jako AGM-88E AARGM (ang. *Advanced Anti-Radiation Guided Missile*). W nowym modelu, rozbudowie uległ jego system naprowadzania, którego właściwe działanie zapewniają dwa tryby pracy: pasywny i aktywny. Pierwszy z nich, pozwala na naprowadzanie na źródło promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez radar. Tryb aktywny, natomiast realizowany jest przez radar milimetrowy. Takie rozwiązanie pozwala na lokalizowanie celu, w przypadku ustania emisji źródła, aktywowania przez niego urządzeń zakłócających lub rozpoczęcia procesu zmiany stanowiska (rys. 5).

Producent, firma Orbital ATK Defense Electronic Systems, potwierdziła pomyślność przebiegu jego testów, które odbyły się 22 września 2014 roku. Dzięki implementacji w jego głowicy układów INS/GPS, koncern zakłada w przyszłości użycie go, oprócz typowych misji SEAD i DEAD, także do ruchomych celów morskich²².

²² <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/agm-88.htm> [dostęp: 3.10.2015].



Opracowanie własne na podstawie: <http://www.dtic.mil/ndia/2009gunmissile/AARGM.pdf> [dostęp: 3.12.2015].

Rys. 5. Proces naprowadzania pocisku przeciwradiolokacyjnego AGM-88E AARGM

Innym raketowym środkiem, będącym wyposażeniem współczesnych samolotów jest ALARM (ang. *Air Launched Anti-Radiation Missile*). Jest pociskiem raketowym klasy powietrze-ziemia, przeznaczonym do rażenia stacji radiolokacyjnych, pracujących w systemie obrony powietrznej przeciwnika. Naprowadzany jest pasywnie, za pomocą radiolokatora działającego na źródło emisji promieniowania elektromagnetycznego. Pocisk działa w bezpośrednim oraz w trybach pośrednich. Zasadniczo może on prowadzić atak wprost do celu, automatycznie naprowadzając się na źródło jego emisji. W trybie ataku pośredniego wyrzeliwany jest on w okolicy prawdopodobnego miejsca stacjonowania stacji radiolokacyjnej. Po odpaleniu wzbija się on z dużą prędkością, osiągając pułap 12 kilometrów. Następnie odpalany jest spadochron, który umożliwia jego powolne, bezwładnościowe opadanie. Umieszczony w głowicy pocisku radiolokator przeszukuje zdefiniowane pasmo, próbując namierzyć cel. Po jego odnalezieniu następuje odrzucenie spadochronu oraz inicjacja drugiego stopnia zespołu napędowego. Posiada on możliwość zapisu ostatniej lokalizacji celu, co umożliwia atak na niego nawet w przypadku ustania emisji. Sposób atakowania oraz poszukiwania celu jest programowany

przed startem lub za pomocą systemów pokładowych przed jego aktywowaniem²³.

Lotnicze pociski raketowe, których celem są obiekty pancerne, takie jak czołgi, samochody czy transportery opancerzone, przenoszone przez samoloty stanowią niewielką grupę. Powodem takiej sytuacji jest wykonywanie tego typu zadań głównie przez śmigłowce i bojowe bezzałogowe statki powietrzne. Z drugiej zaś strony obiekty te nie potrzebują dużej energii kinetycznej, lecz w celu zapewnienia wysokiej skuteczności działania, wymagają precyzyjnego uderzenia. Pozwala to na właściwe aktywowanie wkładki kumulacyjnej, zawartej w głowicy bojowej takiego środka.

Jednym z przeciwpancernych samolotowych pocisków raketowych jest Brimstone II, produkowany przez firmę MBDA. Prace nad jego projektem podyktowane były potrzebą rażenia celów opancerzonych z dużej odległości i wysokości. Jest środkiem typu „wystrzel i zapomnij”, posiadającym zdolność lokalizacji celu we wcześniej zdefiniowanym w jego pamięci obszarze. Zapewnia to wysokoczęstotliwościowy system radiolokacyjny. W przypadku zmiany decyzji, posiada on opcję samozniszczenia. Identyfikacja celu następuje w drodze porównania jego obrysu ze wzorcami zaimplementowanymi w bibliotece obrazów radarowych. Takie osobliwe rozwiązanie, pozwala na indywidualnie zaplanowany atak, w zależności od celu, uderzając go w najbardziej newralgiczne miejsce i uzyskując dzięki temu najlepszy efekt jego rażenia. Przed jego uwolnieniem przez platformę wprowadzane są do jego pamięci wstępne dane o obszarze ataku. Przemieszczając się w jego kierunku wykorzystuje on inercyjny bezwładnościowy układ nawigacyjny. Środek charakteryzuje się możliwością zaprogramowania czasu włączenia się systemu radiolokacyjnego dopiero po przekroczeniu określonej pozycji, dzięki temu jest on bezpieczny i nie stanowi zagrożenia dla wojsk własnych. Zawarta w pocisku tandemowa głowica, z podwójną wkładką kumulacyjną, zdaniem producenta pozwala na skuteczne wyeliminowanie z pola walki każdego współczesnego czołgu, mimo jego zabezpieczenia w postaci reaktywnego pancerza. Jednym z jego nosicieli jest samolot Eurofighter Typhoon, który na ośmiu węzłach jest w stanie przetransportować do 24 pocisków Brimstone²⁴.

23 <http://www.armedforces.co.uk/raf/listings/10039.html#ALARM> [dostęp: 2.10.2015].

24 http://www.mbdasystems.com/mediagallery/files/dual-mode-brimstone-air_datasheet-1433431708.pdf [dostęp: 2.10.2015].

Wybrane, współczesne samolotowe pociski klasy powietrze-ziemia, przeznaczone do rażenia stacji radiolokacyjnych oraz obiektów opancerzonych przeciwnika zestawiono w tabeli poniżej (tabela 6), a ich najważniejsze dane przedstawione zostały na wykresach słupkowych w załączniku. Ich celem jest porównanie najważniejszych parametrów.

3.2.4. Pociski manewrujące

Pociski manewrujące, zwane także samosterującymi tworzą wspólnie dużą grupę lotniczych środków bojowych, których przeznaczeniem są zazwyczaj obiekty naziemne, takie jak schrony, bunkry oraz inne obiekty znajdujące się w znacznie oddalonych od nosiciela strefach działań. Choć ich koszty są bardzo wysokie, to jednak niepodważalną ich zaletą jest zasięg, który zazwyczaj przewyższa możliwości stacji radiolokacyjnych zestawów przeciwlotniczych przeciwnika, zachowując dzięki temu bezpieczeństwo nosiciela. Określane są one (definiowane) jako broń dalekiego zasięgu, którą wyposaża się w napęd odrzutowy, posiadającą zazwyczaj autonomiczny system kierowania. Tor lotu pocisku manewrującego programowalny jest przed startem i implementowany w pamięci pokładowego układu systemu naprowadzania. Podczas lotu pokładowy układ korelacji terenu, składający się z radiowysokościomierza i komputera, porównuje rzeczywisty profil terenu z zaprogramowanym obrazem i na tej podstawie dokonuje niezbędnych korekt swojej trajektorii²⁵. Ewolucja pocisków manewrujących wiodła od prostych, napędzanych silnikiem bomb, aerodynamicznie lecących po linii prostej od startu do celu, aż po złożone systemy zdolne do zmiany trasy lotu, a nawet wielokrotnego podchodzenia do celu i wciąż nie jest zakończona.

Współcześnie projektowane i rozwijane pociski tego typu posiadają płaty nośne, niezbędne do poruszania się i wytwarzania siły nośnej. Nazywamy je **pociskami uskrzydłonymi**. Dodatkowe powierzchnie aerodynamiczne, pozwalają na jego poruszanie się w gęstych warstwach atmosfery po przestrzennych krzywoliniowych torach. Kierowanie jego lotem polega na zmianie wektora siły sterującej pocisku, zgodnie z sygnałami wypracowanymi przez pokładowy system sterowania lotem. Jako ich napęd używane są silniki rakietowe: strumieniowe, turboodrzutowe i dwuprzepływowe. Napędy w tego

25 *Ilustrowany leksykon lotniczy...*, op. cit., s. 183.

typu środkach rażenia stanowią silniki marszowe, które nadają i utrzymują ich prędkość w pełnym zakresie lotu²⁶.

Na podstawie analizy współczesnej literatury przedmiotu można przyjąć założenie, że samonaprowadzające się, uskrzydłone pociski zdominowały i wyparły wcześniej używane klasyczne pociski raketowe typu powietrze–ziemia. Dowodem na tak postawioną tezę jest pocisk raketowy AGM-65 Maverick, przeznaczony do niszczenia różnych celów, takich jak broń ciężka, pojazdy, budynki oraz okręty nawodne. Pomimo że wyprodukowano i sprzedano ponad 75 tysięcy pocisków, różnych jego wersji, ze względu na brak odbiorców nie jest już rozwijany.

Przykładem współczesnego środka rażenia klasy powietrze–ziemia jest AGM-158 JASM (-ER) (ang. *Joint Air-to-Surface Standoff Missile (-Extended Range)*) (rys. 6). Jest pociskiem konwencjonalnym, manewrującym typu *cruise*²⁷, dalekiego zasięgu, klasy powietrze–ziemia. Ta precyzyjna broń przystosowana jest do użycia spoza obszaru obrony przeciwlotniczej przeciwnika²⁸.



Fotografia własna.

Rys. 6. Makieta pocisku AGM-158 JASSM

Możliwość taka oraz 370 kilometrowy zasięg stanowią jej największe walory. Pocisk wykorzystywany jest do rażenia zarówno celów nieruchomych, jak i poruszających się. Po jego odpaleniu z platformy lotniczej wykonuje on autonomiczny lot²⁹, na niskim pułapie, omijając przeszkody terenowe. Posiada unikatowy system

²⁶ Ibid.

²⁷ *Cruise* to typ pocisków manewrujących, napędzanych silnikiem odrzutowym lub napędem strumieniowym, wykonujących lot do zaprogramowanego celu przy użyciu komputera pokładowego i systemu nawigacji satelitarnej.

²⁸ Inaczej broń typu **stand off**.

²⁹ **Lot autonomiczny** rozumiany jest jako ruch obiektu w powietrzu, z możliwością modyfikacji wcześniej zaplanowanego toru lotu, w sposób zapewniający osiągnięcie celu. Jest on zdolny do wariantowania oraz wyboru optymalnej trajektorii bez ingerencji człowieka.

naprowadzania, w którym w pierwszej fazie lotu zapewnia go autopilot inercyjny sprzężony z odbiornikiem GPS. W końcowej fazie zadanie to przejmuje czujnik zobrazowania termicznego i system porównywania konturów³⁰. Producent, koncern Lockheed Martin aktualnie prowadzi badania nad pociskiem AGM-158 oznaczonym jako JASMER, o zwiększonym zasięgu działania do 1000 kilometrów. Seryjna jego produkcja została zatwierdzona przez amerykańską instytucję kontrolną Kongresu (ang. *Government Accountability Office* – GAO) w styczniu 2014 roku³¹.

Kolejnym przykładem pocisku manewrującego jest AGM-86. Początkowo konstruowany był z myślą o przenoszeniu głowicy atomowej, stanowiąc tzw. triadę nuklearną³². Zdolność operacyjna jego pierwszej wersji nastąpiła już w 1982 roku. W tym samym czasie skonstruowana została jego głowica konwencjonalna, a pocisk oznaczono AGM-86C CALCM (ang. *Conventional Air Launched Cruise Missile*). W 1996 roku przedstawiono propozycję budowy następnej jego wersji, oznaczając ją kolejną literą alfabetu. AGM-86D CALCM, w stosunku do poprzednika został wyposażony w głowicę przeznaczoną do rażenia celów umieszczonych pod ziemią oraz umocnionych. W tym celu zaopatrzone go w programowalny zapalnik FMU-159/B, z możliwością ustawienia w nim zwłoki czasowej. Naprowadzanie pocisku realizowane jest za pomocą 8-kanałowej nawigacji satelitarnej GPS, zapewniającej niewielką odchyłkę trafienia wynoszącą w granicach od 3 do 5 metrów. Jedną z koncepcji wykorzystania pocisku jest użycie go przy współdziałaniu z bezzalogowymi systemami powietrznymi, stanowiącymi lokalizatory celów.

Obecnie trwają prace rozwojowe, których wynikiem ma być pocisk AGM-86 zawierający głowicę termobaryczną³³. Producent, firma Boeing potwierdza jego pozytywne testy oraz zdolność operacyjną³⁴. Obecnie nosicielami jego starszej wersji – C, są samoloty bombowe B-52 oraz B-2 Spirit, których udźwig pozwala na przenoszenie tego środka w ilości do 20 pocisków. Istnieją także dywagacje o możliwości utrzymania w gotowości przez USA 48 samolotów bombowych B-52,

30 <http://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed/data/mfc/pc/jassm/mfc-jassm-f-15-pc.pdf> [dostęp: 1.10.2015].

31 Defense Acquisitions-Assessments of Selected Weapon Programs, Report to Congressional Committees, U.S. GAO, Washington 2015, s. 95.

32 **Triadą nuklearną** nazywamy trzy rodzaje nosicieli broni atomowej: bombowce strategiczne, okręty podwodne, rakiety balistyczne wyrzeliwane z wyrzutni lądowych.

33 **Głowicą termobaryczną** (inaczej: próżniową, paliwowo-powietrzną) nazywamy taki rodzaj głowicy bojowej, która składa się z paliwa lub materiału wybuchowego, rozpylanego i inicjowanego w powietrzu. Jej skuteczność rażenia jest 3–5 razy większa, w stosunku do środków o tej samej masie, zawierających trinitrotoluen.

34 http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2004/august/i_history.html [dostęp: 25.11.2015].

przeznaczonych do przenoszenia głowicy jądrowej, której nosicielem jest niniejszy pocisk³⁵.

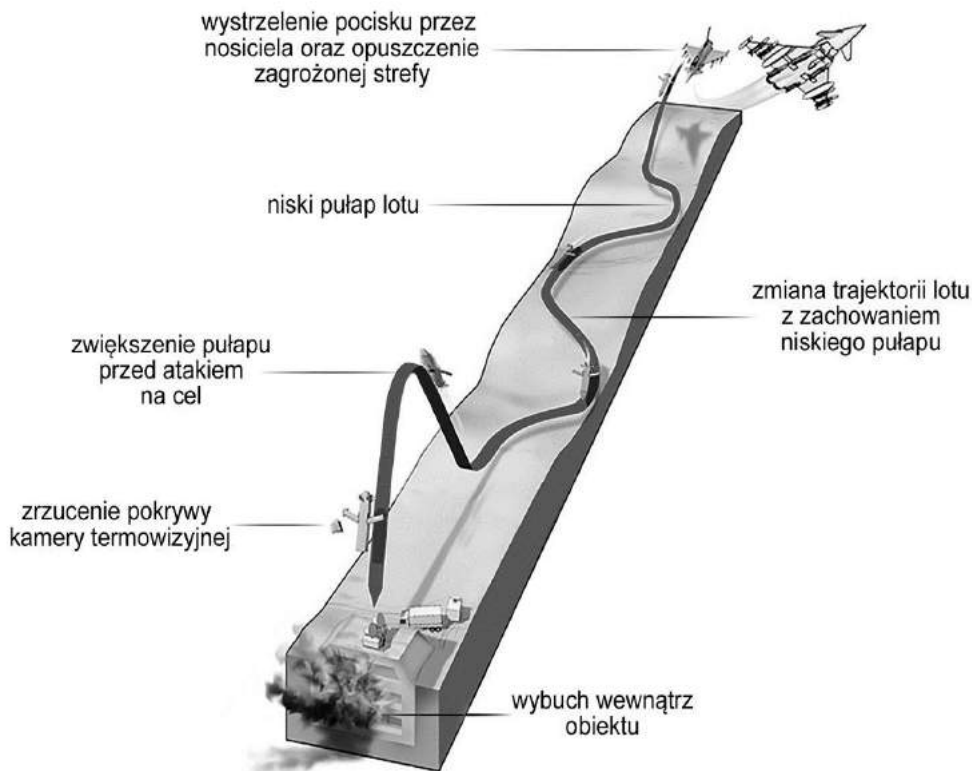
Jednym ze współczesnych, manewrujących lotniczych środków rażenia jest Storm Shadow. Jest konwencjonalną bronią, przeznaczoną do uderzeń na punktowe umocnione i odkryte cele, z możliwością zasięgu przekraczającego 250 kilometrów. Jego producentem jest europejski koncern MBDA. Jest środkiem typu „wystrzel i zapomnij”, samonaprowadzającym się na cel. Naprowadzanie realizowane jest za pomocą nawigacji bezwładnościowej, z użyciem GPS. Wspomagane jest także systemem porównującym profil powierzchni ziemi – TERPROM (ang. *Terrain Profile Matching*). Z uwagi na specyficzny charakter jego trajektorii (rys. 7) jest pociskiem charakteryzującym się niską wykrywalnością. Po odpaleniu go przez nosiciela obniża swój pułap do minimum. Zachowując go, zmierza do celu zmieniając swoją trajektorię w płaszczyźnie poziomej. Po przechwyceniu celu, pocisk wznosi się na zadaną wysokość, tak aby kąt uderzenia w cel był jak najbardziej efektywny. Przed zaatakowaniem obiektu, z głowicy pocisku odpada pokrywa kamery termowizyjnej o wysokiej rozdzielczości, dzięki której następuje identyfikacja celu.

Głowica typu BROACH (ang. *Bomb Royal Ordnance Augmented Charge*) poprzez swoją dwustopniową budowę efektywnie razi cel. Pierwsza z jej modułów działa kumulacyjnie, wypalając otwór, w który uderza jej druga, burząca część. Dzięki takiej budowie nie następuje dyssypacja energii, która w całości wykorzystywana jest do rażenia celu. Taka jej budowa pozwala na przebicie żelbetonu do głębokości 3 metrów. Nosicielami tej broni są między innymi samoloty bojowe: Dassault Rafale czy Eurofighter Typhoon. Firma MBDA podaje, że w przyszłości może stanowić wyposażenie samolotu F-35³⁶.

Innym współcześnie rozwijanym, uskrzydłym pociskiem manewrującym jest Taurus KEPD 350E (ang. *Kinetic Energy Penetration Destroyer*). Produkowany jest on przez szwedzko-niemiecką firmę TAURUS Systems GmbH. Wśród założeń, w trakcie jej konstruowania określono, że jego zasięg będzie wynosił nie mniej niż 350 kilometrów. Poza tym, w myśl projektu jego głowica miała stanowić penetrator z możliwością emisji bardzo wysokiej energii kinetycznej. Pocisk przeznaczony jest do niszczenia punktowych celów umocnionych. Jego naprowadzanie na cel realizowane jest w oparciu o bezwładnościowy układ z nawigacyjnym korygowanym systemem GPS,

35 D. Lennox, *Jane's Strategic Weapon Systems Issue 49*, Jane's Information Group Limited, Coulsdon 2009, s. 179–181.

36 http://www.mbda-systems.com/mediagallery/files/storm-shadow-scalp_datasheet-1424429956.pdf [dostęp: 27.11.2015].



Opracowanie własne na podstawie: <http://www.airforce-technology.com/projects/storm-shadow-missile/> [dostęp: 26.11.2015].

Rys. 7. Wizualizacja trajektorii uskrzydłonego pocisku manewrującego Storm Shadow

radiolokacyjnym wysokościomierzem oraz układem elektrooptycznym, porównującym obraz terenu z wybranymi, zapisanymi w pamięci komputera punktami. Wybór jego celu zapewniany jest za pomocą termowizyjnej głowicy elektrooptycznej, dzięki której odchyłka trafienia w punkt wynosi około 3 metry. Po zrzuceniu przez przenoszoną go platformę bojową, kontynuuje lot na niskiej wysokości wynoszącej około 30 metrów. Pułap lotu oraz kształt tego środka bojowego zapewniają mu obniżoną skuteczną powierzchnię odbicia radiolokacyjnego, przez co zapewnia sobie niską wykrywalność przez środki radiolokacyjne przeciwnika. Posiada także rozbudowany układ bojowy, którego trzon stanowi głowica tandemowa MEPHISTO (ang. *Multi-Effect Penetrator, High Sophisticated and Target Optimised*). Prekursor głowicy zapewnia niszczenie ściany budynku lub innego obiektu, natomiast ładunek zasadniczy eksploduje w jego wnętrzu, zapewniając wysoką skuteczność rażenia. Nosicielami pocisku Taurus KEPD 350E są samoloty bojowe, takie jak: Panavia Tornado, Eurofighter

Typhoon, JAS 39 Gripen i McDonnell Douglas F/A-18 Hornet³⁷. Poza tym sprzedaż pocisku przez producenta została zaoferowana Indyjskim Siłom Powietrznym, których nosicielami miałyby być samoloty Sukhoi Su-30MKI. Inne możliwe rynki eksportowe stanowią mogą Australia oraz Kanada³⁸.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne, opisywanych powyżej manewrujących pocisków uskrzydłonych klasy powietrze-ziemia, w celu ich porównania zebrano w tabeli 7. Analizę wybranych ich osiągnięć przedstawiono w załączniku do pracy.

Koleją grupą zadań, wykonywanych przez lotnictwo bojowe jest niszczenie obiektów nawodnych oraz podwodnych przeciwnika. Głównymi celami ataków, w ramach tych zadań są okręty, w tym także okręty podwodne. W odniesieniu do pierwszych z nich, wykorzystuje się zazwyczaj pociski klasy powietrze-woda. Do zwalczania okrętów podwodnych natomiast, stosuje się LŚB klasy powietrze-głębina wodna. Zatem, grupę lotniczych środków rażenia, których celem są obiekty nawodne oraz podwodne przeciwnika nazywamy pociskami **przeciwokrętowymi**. Środki te sprostawszy zadaniom, do jakich są przeznaczone wymagają odpowiedniej konstrukcji. Na uwagę zasługuje dodatkowo fakt, że pod względem budowy, okręt jest analogiczny do konstrukcji budynku, bądź innego obiektu budowlanego. Pociski przeciwokrętowe są zatem konstruowane w taki sposób, aby przebić kadłub i eksplodować w jego wnętrzu. Z tego powodu ich główce bojowe charakteryzują się stosunkowo dużą masą oraz budową zwiększającą efekt wybuchu.

Wybór środka bojowego powinien także uwzględnić fakt, że zazwyczaj obiekty nawodne i podwodne posiadają silną obronę przeciwlotniczą. W celu przeciwdziałania wykryciu pocisku przeciwokrętowego stosuje się specyficzny profil jego lotu. Polega on na szybkim osiągnięciu przez niego minimalnego pułapu (zazwyczaj wynoszącego w przedziale 15–25, a tuż przed celem nawet od 2 do 5 metrów³⁹), kontrolowanego przez radiowysokościomierz, bądź inne tego typu urządzenie. Taki tor lotu zapewnia niski poziom wykrycia przez środki radiolokacyjne oraz inne urządzenia zakłócające, rozlokowane na pokładzie okrętu⁴⁰. Naprowadzanie pocisków przeciwokrętowych oparte jest zatem o systemy termiczne lub wykorzystujące źródło propagacji radarowej. Z uwagi na poruszanie się celu, system GPS stosowany jest sporadycznie. Stanowi on jedynie system korygujący.

37 http://www.mbd-systems.com/mediagallery/files/taurus-kepd-350_datasheet-1432028443.pdf [dostęp: 27.11.2015].

38 <http://www.airforce-technology.com/projects/taurus-kepd-350-missile-german/> [dostęp: 27.11.2015].

39 W literaturze anglosaskiej, niski pułap lotu charakterystyczny dla pocisków przeciwokrętowych nazywany jest **lotem ślizgowym** nad powierzchnią wody – ang. *sea skimming*.

40 *Ilustrowany leksykon lotniczy...*, op. cit., s. 171.

Tabela 6. Dane taktyczno-techniczne wybranych pocisków klasy powietrze-ziemia

Parametr/Nazwa SB (klasa)	AGM-88E AARGM (p-z, p-radiol.)	ALARM (p-z, p-radiol.)	Brimstone II (p-z, p-panc.)
Długość całkowita [m]	4,17	4,24	1,8
Srednica kadłuba [mm]	250	230	180
Rozpiętość brzechw [mm]	1120	730	-
Masa startowa [kg]	361	268	48,5
Rodzaj naprowadzania	GPS/INS/radiolokacyjne/ pasywnie- -radar milimetry	pasywne radiolokacyjne	radar milimetry/laserowe/INS
Rodzaj napędu	silnik raketowy na paliwo stałe	silnik raketowy, 2-stopniowy na paliwo stałe	silnik raketowy na paliwo stałe
Działanie głowicy	odłamkowo-burząca	odłamkowo-burząca	dwustopniowa kumulacyjna
Zasięg [km]	150	93	60
Prędkość przelotowa [Ma]	2	2	1,3

Tabela 7. Dane taktyczno-techniczne wybranych wykorzystanych pocisków manewrujących klasy powietrze-ziemia

Parametr/Nazwa SB (klasa)	AGM-158 JASSMER	AGM-86D CALCM	Storm Shadow	Taurus KEPD 350E
Długość całkowita [m]	4,26	2,4	5,1	5,09
Srednica kadłuba [mm]	635	620	480	1066
Rozpiętość brzechw [mm]	2400	3700	2840	2042
Masa startowa [kg]	1020,5	5545	1230	1400
Rodzaj naprowadzania	bezwładnościowe/GPS/ termowizyjne	bezwładnościowe, 8 kana- łowy GPS	INS/korygowanie GPS i TERPROM/podczterwień	INS/GPS/pořównanie punktów terenu/termowizja
Rodzaj napędu	silnik odrzutowy	silnik turbowentylatorowy	silnik turbodrzutowy	dwuprzepływowy silnik turbowentylatorowy
Działanie głowicy	burząca	penetrująca, odłamkowo- -burząca	dwustopniowa BROACH: kumulacyjna, burząca	dwustopniowa MEPHI- STO: kumulacyjna, burząca
Zasięg [km]	926	1320	250	500
Prędkość przelotowa [Ma]	poddźwiękowa	poddźwiękowa	0,8	0,6-0,95

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wykazanych w bibliografii.

3.2.5. Samolotowe przeciwokrętowe środki rażenia

Jednym z lotniczych środków przeciwokrętowych jest rosyjsko-indyjski pocisk manewrujący BrahMos. Dzięki zastosowaniu w nim napędu strumieniowego jest on uważany za najszybszy pocisk manewrujący na świecie⁴¹. Jego prędkość waha się w przedziale 2,8–3,0 Macha, co skutecznie zwiększa jego energię kinetyczną. Profil lotu programowany i wprowadzany jest do komputera pokładowego przed jego odpaleniem. Zakłada on dwie trajektorie – lot na małej i dużej wysokości. W pierwszym z nich osiąga on maksymalny pułap wynoszący 14 kilometrów, który obniża do wysokości 15 metrów tuż przed celem. Taka trajektoria zwiększa zasięg nawet do 290 kilometrów, lecz obniża jego wykrywalność. Drugi, odwrotny tryb zapewnia lot na małej kilkunastometrowej wysokości, z mniejszą prędkością i zasięgiem. Jego autonomiczny system kierowania w pierwszej fazie wykorzystuje system INS, przechodząc do pasywno-aktywnego trybu, naprowadzając się na źródło promieniowania elektromagnetycznego, emitowanego przez okręt. W przypadku nie wykrycia takich fal, głowica przechodzi do aktywnego trybu radarowego. Po jego namierzeniu, aktywowany jest tryb pasywny, a tuż przed celem ponownie załącza się aktywny system, który potwierdza jego parametry. Trajektoria lotu pocisku w płaszczyźnie poziomej jest zmienna i zatacza krzywoliniowe tory, minimalizując zakłócenia skierowane w jego kierunku. Pocisk BrahMos oprócz możliwości aktywowania go z platformy powietrznej posiada możliwość wystrzelenia go przez naziemne, nawodne oraz podwodne środki.

Obecnie trwają prace nad kolejną wersją pocisku oznaczonego BrahMos-II. Według założeń konstrukcyjnych producenta, ma stanowić środek napędzany strumieniowym silnikiem naddźwiękowym (ang. *supersonic combustion ramjet* – *scramjet*), pozwalającym na rozwinięcie przez niego prędkości wynoszącej do 7 Macha. Takie rozwiązanie oraz opływowy jego kształt, może pozwolić na osiągnięcie przez niego dystansu wynoszącego ponad 300 kilometrów. Pierwsza testowa wersja pocisku ma być gotowa do badań w 2017 roku. Ostateczny produkt ma w niedalekiej przyszłości stanowić między innymi uzbrojenie indyjskich samolotów bojowych Su-30MKI⁴².

Innym, typowym środkiem przeciwokrętowym jest pocisk o zwiększonym zasięgu AGM-84K SLAM-ER (ang. *Standoff Land Attack Missile-Expanded Response*). Został on skonstruowany na bazie swojego poprzednika – pocisku przeciwokrętowego AGM-84 HARPOON. Jest środkiem typu „wystrzel

41 M.J. Dougherty, *Nowoczesne uzbrojenie lotnicze...*, op. cit., s. 201.

42 Russia, India to test-fly hypersonic missiles by 2017, online – <http://www.thehindu.com/sci-tech/science/article3580844.ece?homepage=true> [dostęp: 4.12.2015].

i zapomnij”, zdolnym do rażenia celów naziemnych i morskich, z dużej odległości wynoszącej do 280 kilometrów. Jego naprowadzanie na cel realizowane jest za pomocą bezwładnościowego systemu nawigacyjnego oraz wielokanałowego odbiornika GPS, odpornego na zakłócenia. Pocisk wyróżnia się systemem automatycznego rozpoznawania celów (ang. *Automatic Target Recognition Unit – ATRU*), działającym w oparciu o system radarowy⁴³. Jego możliwości pozwalają na identyfikację i rozróżnianie celów, takich jak obiekty nawodne, pojazdy czy obiekty żywe, zmniejszając prawdopodobieństwo błędu jego identyfikacji.

Kolejnym współczesnym przedstawicielem pocisków klasy powietrze-woda jest francuski Exocet, produkowany przez firmę MBDA. Jest bronią typu „wystrzel i zapomnij”, charakteryzującą się niskim poziomem lotu. W zależności od stanu morza wynosi on od 2 do 10 metrów, skutecznie zmniejszając jego wykrywalność. Posiada dwustopniowy napęd składający się z silnika startowego, który w czasie pracy 2 sekund nadaje mu prędkość początkową, utrzymywaną następnie przez silnik marszowy. Jego naprowadzanie realizowane jest za pomocą aktywnego systemu radarowego oraz nawigacji bezwładnościowej. Obecnie rozwijana jest jego wersja oznaczona MIM40 Block 3. Wyposażona jest ona w dodatkowy silnik startowy, odrzucany od korpusu pocisku, po zakończeniu jego działania. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest osiągnięcie zasięgu wynoszącego do 180 km.

Innym przykładem środka przeciwokrętowego, przenoszącego przez samoloty bojowe jest pocisk manewrujący produkcji szwedzkiej – RBS-15F ER. Napędzany jest on silnikiem turbodrzutowym, pozwalającym na osiągnięcie zasięgu do 250 kilometrów. Naprowadzanie środka realizowane jest za pomocą systemu GPS oraz aktywnie – radarowo. Obecnie trwają prace nad kolejną wersją pocisku oznaczoną RBS-15 Mk IV. W stosunku do poprzednich jego modeli odróżnia się ona możliwością programowania głowicy, w zależności od specyfikacji celu oraz zasięgiem wynoszącym ponad 1000 kilometrów.

Innym przykładem jest norweski przeciwokrętowy pocisk Penguin (oznaczenie amerykańskie – AGM-119 Penguin). W przeciwieństwie do większości pocisków tego typu (opisanych wcześniej) naprowadzany jest pasywnie – termicznie. Naprowadzanie realizowane jest także przez bezwładnościowy układ inercyjny INS. System sterowania pozwala na programowanie wielu profili jego lotu. Zależne są one głównie od terenu i umiejscowionych tam przeszkód, które pocisk omija, zachowując jak najmniejszą odległość od powierzchni wody. Wyposażony jest on w zapalnik ze zwłoką czasową, pozwalający na jego detonację wewnątrz okrętu, zwiększając w ten sposób efekt wybuchu. Pociski typu

43 M.J. Dougherty, *Nowoczesne uzbrojenie lotnicze...*, op. cit., s. 209.

Penguin generalnie używane są przez śmigłowce. Jedynym samolotem bojowym, zdolnym do jego przenoszenia jest F-16 Fighting Falcon.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne opisywanych powyżej pocisków przeciwokrętowych, w celu ich porównania zebrano w tabeli poniżej (tabela 8) oraz w załączniku, w którym przedstawiono je w formie wykresów słupkowych.

3.2.6. Uzbrojenie bombardierskie samolotów

Jednym z głównych rodzajów uzbrojenia lotniczego są bomby. Są one przeznaczone do niszczenia celów naziemnych oraz nawodnych. W skład systemu uzbrojenia bombardierskiego, oprócz właściwej bomby wchodzi urządzenie nośne (belki bombardierskie), system jej sterowania oraz naziemnej obsługi. Wśród typowych bomb lotniczych wyróżniamy: klasyczne, czyli takie których ruch podyktowany jest ich swobodnym opadaniem. Drugie z nich to bomby kierowane. Wśród tych możemy wyróżnić bomby naprowadzane (np. laserowo, optycznie, nawigacyjnie) oraz uskrzydłone⁴⁴. Cechą charakterystyczną tego rodzaju uzbrojenia lotniczego jest brak w jego budowie napędu. Materiał kruszący zawarty w ich korpusie często stanowi około połowy ich masy własnej.

Przykładem **bomby klasycznej**, wykorzystywanej we współczesnych samolotach bojowych jest bomba klasyczna Mk-84 (inaczej Mark-84)⁴⁵. Jest ona lotniczym środkiem rażenia ogólnego przeznaczenia o masie całkowitej wynoszącej 925 kilogramów. Jej kształt ma postać opływowego stalowego kadłuba, w którym zamieszczony jest kruszący materiał wybuchowy stanowiący mieszaninę trotylu (80%) i aluminiowego proszku (20%)⁴⁶. Skutkiem wybuchu bomby jest krater średnicy 15 i głębokości 11 metrów. Poza tym w zależności od wysokości jej zrzutu, przebijalność betonu wynosi do 3 metrów, a metalu do 380 mm. Odłamki jej korpusu posiadają wystarczającą do rażenia energię kinetyczną, rozprzestrzeniając się po jej detonacji w promieniu do 360 metrów od miejsca jej upadku. Posiada ona dwa rodzaje zapalników M904 i M905, umieszczonych w jej przedniej lub dennej części. W przypadku zrzutu z niskiego pułapu, instaluje się do niej przystawkę BSU-50B. Stanowi ją balono-spadochron, który umożliwia powolniejsze jej opadanie, dzięki czemu zapewnia on bezpieczeństwo załogi jej nosiciela przed rażeniem.

⁴⁴ N. Grzesik, *Uzbrojenie samolotu F-16*, WSOSP, Dęblin 2010, s. 124.

⁴⁵ Jej analogicznym w budowie odpowiednikiem, lecz dużo mniejszym wagomiarowo jest klasyczna bomba Mk-82, której masa wynosi 259 kilogramów.

⁴⁶ Zwany **tritonalem**. Dodatek aluminium istotnie zwiększa ciepło wybuchu, ale jednocześnie obniża parametry detonacyjne.

Tabela 8. Dane taktyczno-techniczne wybranych pocisków klasy powietrze-woda

Parametr/Nazwa ŚB (klasa)	BrahMos	AGM-84K SLAM-ER	Exocet MM40	RBS-15F ER	Penguin Mk 3
Długość całkowita [m]	8,4	4,37	4,7	4,33	3,2
Średnica kadłuba [mm]	640	343	348	500	280
Rozpiętość brzechw [mm]	1280	2430	1100	1400	1400
Masa startowa [kg]	2500	725	670	600	392
Rodzaj naprowadzania	INS/radarowe/G30-M ^{a)} IRNSS ^{b)}	INS/GPS/podczewień/ ATRU	GPS/aktywnie-radarowo	INS/GPS/radarowo	INS/pasywnie-termicznie
Rodzaj napędu	dwustopniowy: silnik startowy na paliwo stałe oraz marszowy silnik strumieniowy	samodiagnostujący/turboodrzutowy na paliwo stałe	silnik turboodrzutowy, dwustopniowy: silnik startowy i marszowy-paliwo stałe	silnik turboodrzutowy	burząca z zapalnikiem ze zwłoką czasową
Działanie głowicy	burząca	penetracyjno-burząca WDU-40/B	kumulacyjno-burząca	odłamkowo-burząca	burząca
Zasięg [km]	wysoki pułap – 290 niski pułap – 120	280	180	250	55
Prędkość przelotowa [Ma]	2,8–3	0,7	0,92	poddźwiękowa	naddźwiękowa

a) **G3COM** stanowi zbiór trzech systemów satelitarnych: GPS, GLONASS oraz GAGAN. System GAGAN (ang. *GPS Aided Geo Augmented Navigation*) jest systemem wspomagającym, opartym na GPS, obejmującym swoim zasięgiem południową Azję.

b) **Indyjski regionalny system nawigacji satelitarnej** (ang. *Indian Regional Navigation Satellite System – IRNSS*) – autonomiczny system nawigacji satelitarnej rozwijany przez indyjską Agencję Kosmiczną. Swym działaniem obejmować on będzie obszar Indii oraz 1,5–2 tys. km pas wokół tego kraju.

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wykazanych w bibliografii.

Innymi przykładami współcześnie używanych klasycznych niekierowanych bomb lotniczych są: BETAB-500, rodzina bomb FAB o wagomiarze: 250, 500 i 1500 kilogramów oraz wiele innych. Niektóre z konstrukcji uzbrojenia bombardierskiego, zawierają w swojej budowie napęd raketowy. Służy on do nadania mu przyspieszenia, w celu głębszej penetracji celu. W konstrukcji bomb lotniczych są to rozwiązania spotykane sporadycznie.

Współcześnie możemy zauważyć tendencję do rozwoju **bomb kierowanych laserowo** LGB (ang. *laser guided bomb*). Ich naprowadzanie odbywa się poprzez przechwycenie wiązki laserowej odbitej od celu. Rozróżniamy w nich dwa rodzaje wskazywania celów. Pierwszym z nich stanowi nosiciel lub inny statek powietrzny, drugi natomiast system naziemny lub nawet pojedynczy żołnierz, np. JTAC (ang. *Joint Terminal Attack Controller* – wysunięty nawigator naprowadzania lotnictwa), wyposażony w podświetlacz laserowy. Dzięki temu mogą być one stosowane w dzień i w nocy, a także do celów stacjonarnych i poruszających się⁴⁷.

Zazwyczaj LGB składa się z zestawu półaktywnego systemu naprowadzania laserowego, który zamieszcza się w jej części nosowej lub ogonowej. Do ich uzbrojenia używa się tych samych zapalników⁴⁸, co w przypadku ich klasycznych odpowiedników, zwiększając ich modułowość oraz zmniejszając koszty wytwarzania. Przykładem takiego lotniczego środka rażenia są zestawy GBU-12D/B Paveway⁴⁹ II oraz GBU-24B Paveway III. Pierwszy z wymienionych, oparty jest na klasycznej bombie Mk-82, natomiast trzon drugiego stanowi bomba Mk-84. Wspólną ich częścią są układy systemu laserowego naprowadzania. Takie modułowe rozwiązanie sprawiło, że broń ta podczas jej bojowego użycia, w operacji Pustynna Burza prowadzonej w Zatoce Perskiej w 1991 roku, osiągnęła skuteczność 88% ataków na różne cele. Współczesne rozwijane ich wersje, zostały wyposażone dodatkowo w możliwość naprowadzania INS i GPS⁵⁰ oraz dwa rodzaje głowic, burzącą oraz przeciwbetonową. Nosicielami tego typu bomb lotniczych są między innymi samoloty bojowe: F-16 Fighting Falcon, F/A-18 Hornet czy B-52 Stratofortress.

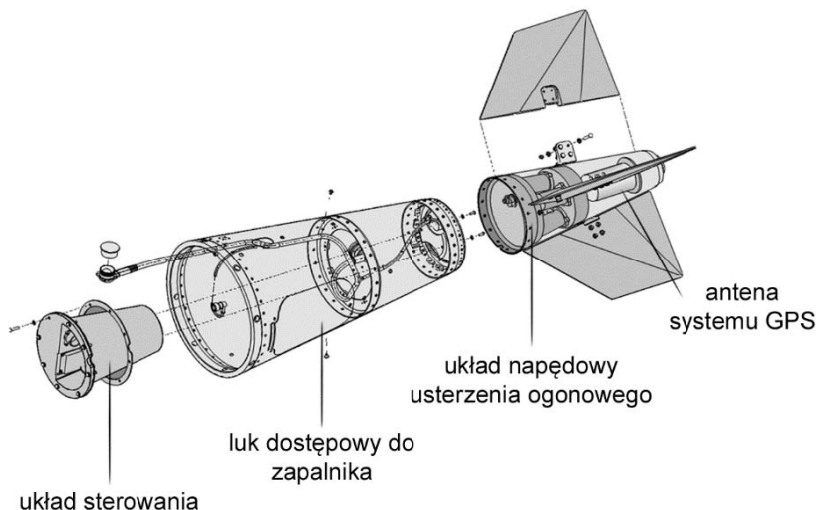
47 A. Wetoszka, I. Nowak, *Zastosowanie samolotu F-16...*, op. cit., s. 75.

48 N. Grzesik, *Uzbrojenie samolotu F-16...*, op. cit., s. 131.

49 **Paveway** jest nazwą serii bomb. PAVE jest akronimem od nazwy (ang. *Precision Avionics Vectoring Equipment*) oznaczającej precyzyjnie wektorujące wyposażenie awioniczne.

50 *Converting Bombs Into Precision-Guided Weapons*, online – <http://www.raytheon.com/capabilities/products/paveway/> [dostęp: 29.11.2015].

Systemem montowanym do wielu współczesnych, amerykańskich bomb lotniczych jest wspólna amunicja ataku bezpośredniego – JDAM (ang. *Joint Direct Attack Munition*) – rys. 8.

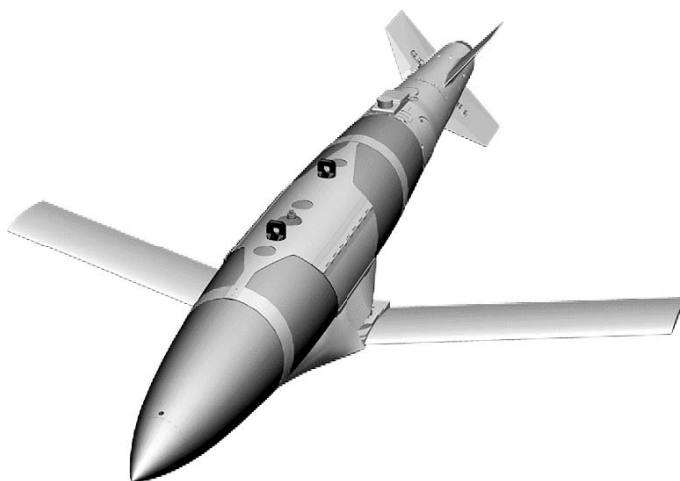


Rys. 8. Budowa amunicji ataku bezpośredniego JDAM

Zestaw wyposażony jest w system GPS, dzięki któremu klasyczna bomba staje się precyzyjnym środkiem bojowym. Układ ten montowany jest do środka bojowego przed jego podwieszeniem do platformy powietrznej. Jego działanie wykorzystuje inercyjny układ nawigacji z korekcją GPS. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie błędu trafienia nieprzekraczającego 13 metrów. Zestaw może być wykorzystywany w każdych warunkach atmosferycznych, w dzień i w nocy, do celów których pozycja jest wcześniej ustalona i znana⁵¹. Jego niska cena (około 20–25 tys. dolarów amerykańskich) oraz duża precyzja oddziaływania na cel pozwala sądzić, że będzie on nadal stosowany i udoskonalany. Konstatację tą potwierdzają testy bomb wyposażonych w zestaw JDAM, prowadzone w ostatnim okresie przy udziale samolotów F-35.

Obecnie prowadzone są prace nad kolejnym modelem zestawu, o wydłużonym zasięgu nazwanym JDAM-ER (ang. *-Extended Range*) – rys. 9. Jego konstrukcja oraz dodatkowe rozkładane powierzchnie nośne mogłyby zwiększyć zasięg bomby z 24 (system JDAM) do 56 kilometrów, bez radykalnego zwiększenia kosztów.

51 N. Grzesik, *Zaawansowane systemy uzbrojenia lotniczego. Budowa i zastosowanie*, WSOSP, Dęblin 2011, s. 234.



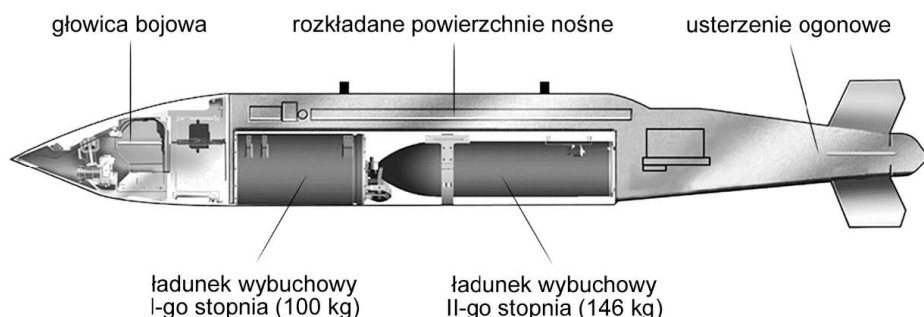
Rys. 9. Model zestawu JDAM-ER zamontowanego na klasycznej bombie

Równoległe, z tego samego powodu rozwijany jest wspomagający system naprowadzania – KAATS (ang. *Kill Assist Adverse Weather Targeting System*), umożliwiający zdalne korygowanie toru lotu bomby, po jej zrzuceniu do celów ruchomych. Z uzbrojeniem bombardierskim produkowanym przez USA związane jest także kolejne przedsięwzięcie, będące w fazie rozwojowej, dotyczące głowicy naprowadzającej. W ramach oszczędnościowego programu JDAM DAMASK (ang. *Direct Attack Munition Affordable SeeKer*) planuje się stworzyć moduł montowany do bomb, który w oparciu o różne metody naprowadzania, takie jak: podczerwień, obraz radarowy, zdjęcia satelitarne oraz inne, byłby w stanie tworzyć obrazy, będące wzorami potencjalnych celów⁵². Takie niskobudżetowe rozwiązanie, stanowi kolejny kierunek rozwoju bomb lotniczych.

Podobnymi modułowymi systemami rozwijanymi w amerykańskich bombach lotniczych są: izraelski system SPICE (ang. *Smart, Precise Impact, Cost-Effective*), turecki HGK guidance kit (tur. *Hassas Güdüm Kiti*/ang. *Precision Guidance Kit*), brazylijski SMKB (ang. *Smart-MK-Bomb*), czy francuski AASM (fr. *Armement Air-Sol Modulaire*/ang. *Air-to-Ground Modular Weapon*). Ich celem jest znaczne zwiększenie naprowadzania bomb lotniczych, przy jak największym ograniczeniu nakładów finansowych.

⁵² <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/damask.htm> [dostęp: 6.12.2015].

Zdolności poruszania się w atmosferze, na skutek wytworzenia na swoich powierzchniach siły nośnej, mają także współczesne bomby lotnicze⁵³. Pomimo braku napędu, dzięki takiemu rozwiązaniu posiadają możliwości rażenia celu, oddalonego od swojego nosiciela na odległość dochodzącą do kilkudziesięciu kilometrów. Przykładem takiego środka bojowego jest bomba AGM-154C JSOW (ang. *Air-to-Ground Missile, Joint Standoff Weapon*), którego budowę przedstawia poniższy schemat (rys. 10).



Rys. 10. Schemat budowy bomby szybującej AGM-154C JSOW

Producentem tej precyzyjnej i trudno wykrywalnej broni jest firma Raytheon. Przeznaczona jest ona do niszczenia schronów, fortyfikacji i obiektów strategicznych. Jej moduł bojowy, posiada dość osobliwą budowę. Podzielony jest na dwa ładunki bojowe, wyposażone w 100 i 146 kilogramowe części. Pierwszy z nich posiada właściwości kruszące beton, o cechach kumulacyjnych. Drugi natomiast, detonuje wewnątrz atakowanego obiektu, proliferując energię wybuchu do jego środka. Niezaprzeczalną zaletą bomby jest możliwość użycia jej z odległości poza zasięgiem obrony przeciwlotniczej przeciwnika. Rozwijana ponaddźwiękowa prędkość oraz dzięki temu wysoka energia kinetyczna pozwala na przebicie przez nią zbrojonego betonu do głębokości 3,7 metra. W początkowej fazie lotu wykorzystuje ona układ nawigacji inercyjnej z korekcją GPS. Naprowadzenie na cel realizowane jest także przy pomocy celownika termowizyjnego, precyzyjnie namierzającego cel, w końcowej fazie jej lotu⁵⁴. Istnieją także koncepcje wyposażenia jej w łącze przesyłania danych, dające jej zdolność atakowania celów ruchomych, poprzez

53 W literaturze przedmiotu określane są jako **bomby szybujące**.

54 A. Wetoszka, I. Nowak, *Zastosowanie samolotu F-16...*, op. cit., s. 67–68.

korygowanie swojej trajektorii⁵⁵. Nosicielami tej broni są między innymi takie platformy, jak: F/A-18, F-16, F-15E, B-2 czy B-52.

W ostatnich latach, w rozwoju lotniczych środków rażenia zauważalna jest tendencja do coraz to dokładniej naprowadzanych środków rażenia, które konstruowane są w ten sposób, by mogły razić tylko i wyłącznie cel, ograniczając straty niepożądane. Z drugiej zaś strony ważnym czynnikiem warunkującym rozwój uzbrojenia lotniczego jest jego cena. Z uwagi na tą charakterystykę powstają próby konstrukcji bomb małowagomiarowych. Rozwiązane to jest o tyle korzystne, że pozwala na możliwość przenoszenia przez samolot większej ilości środków, posiadających mniejszy wagomiar jednostkowy. Przykładem takiego lotniczego środka rażenia jest bomba szybująca o małej średnicy GBU-39 SDB I (ang. *Small Diameter Bomb*). Jest najmniejszą bombą używaną przez Siły Powietrzne USA, będąca na ich wyposażeniu od kilku lat. Dotychczas opracowano jej dwa warianty. Pierwszy z nich przeznaczony jest do niszczenia obiektów umocnionych, takich jak bunkry. Jego naprowadzanie zapewnia system INS oraz GPS odporny na zakłócenia⁵⁶. Drugi z modeli, zawierający termiczną głowicę samonaprowadzającą, przeznaczony jest do rażenia wojskowych obiektów poruszających się, takich jak: samochody, transportery czy czołgi. Informacje o celu koordynowane są zwrótnie do platformy przenoszącej ją, za pomocą łącza transmisji danych Link-16. Pomimo niewielkiego ładunku kruszącego, zawartego w jej korpusie, który wynosi 93 kilogramy jest ona zdolna do przebiccia 1,8 metra zbrojonego betonu. Jej dokładność trafienia jest nie większa niż 8 metrów. Szybowanie bomby zapewniają jej rozkładane skrzydła, w kształcie rombu, zwane diamentowym grzbietem (ang. *Diamond Back*). Takie rozwiązanie pozwala na osiągnięcie przez nią zasięgu wynoszącego ponad 110 kilometrów⁵⁷. Dodatkowo do środka jest system podwieszenia BRU-61/A. Zawiera on w sobie pneumatyczny mechanizm zwalniający środek, zapewniający jego wydłużoną eksploatację, ograniczający obsługę oraz związane z nią dodatkowe koszty. Co najważniejsze system podwieszania pozwala na integrację środka z najnowocześniejszymi bojowymi statkami powietrznymi, takimi jak F/A-22, F-35, F-16, samolotami bombowymi B-1 i B-2 oraz bezzałogowymi bojowymi statkami powietrznymi.

55 <http://www.raytheon.com/capabilities/products/jsow/> [dostęp: 25.11.2015].

56 Określany przez producenta jako Anti-jam GPS (AJGPS).

57 http://www.boeing.com/assets/pdf/defense-space/missiles/sdb/docs/SDB_overview.pdf [dostęp: 1.12.2015].

Obecnie trwają prace nad następcą bomby szybującej, oznaczoną jako GBU-53/B SDB II. Ważący 113 kilogramów środek uzbrojenia przewidziany jest głównie do rażenia celów poruszających się. Jego naprowadzanie na cel oparte jest na systemach INS oraz GPS, z użyciem łącza transmisji danych Link-16. Dwukanałowy system wymiany danych pozwala na zmianę celu nawet po jej zrzuconiu przez nosiciela. W końcowej fazie lotu, w zależności od celu aktywowany jest jeden z trzech systemów samonaprowadzania: radaru mikrofalowego wysokiej częstotliwości, podczerwieni oraz półaktywnego systemu laserowego. Łącząc informacje pochodzące z różnych czujników, jest w stanie określić priorytety i razić najważniejszy z zidentyfikowanych celów. Bomba obecnie testowana jest przez śmigłowiec UH-1 oraz samolot bojowy F-15E. Pełna integracja środka z samolotem F-15 ma nastąpić w 2017 roku⁵⁸, natomiast z innymi platformami bojowymi, takimi jak: F-22 Raptor oraz F-35 Lightning II (w tym także w wersji pionowego startu i lądowania – wersja F-35B) dopiero w 2022 roku⁵⁹.

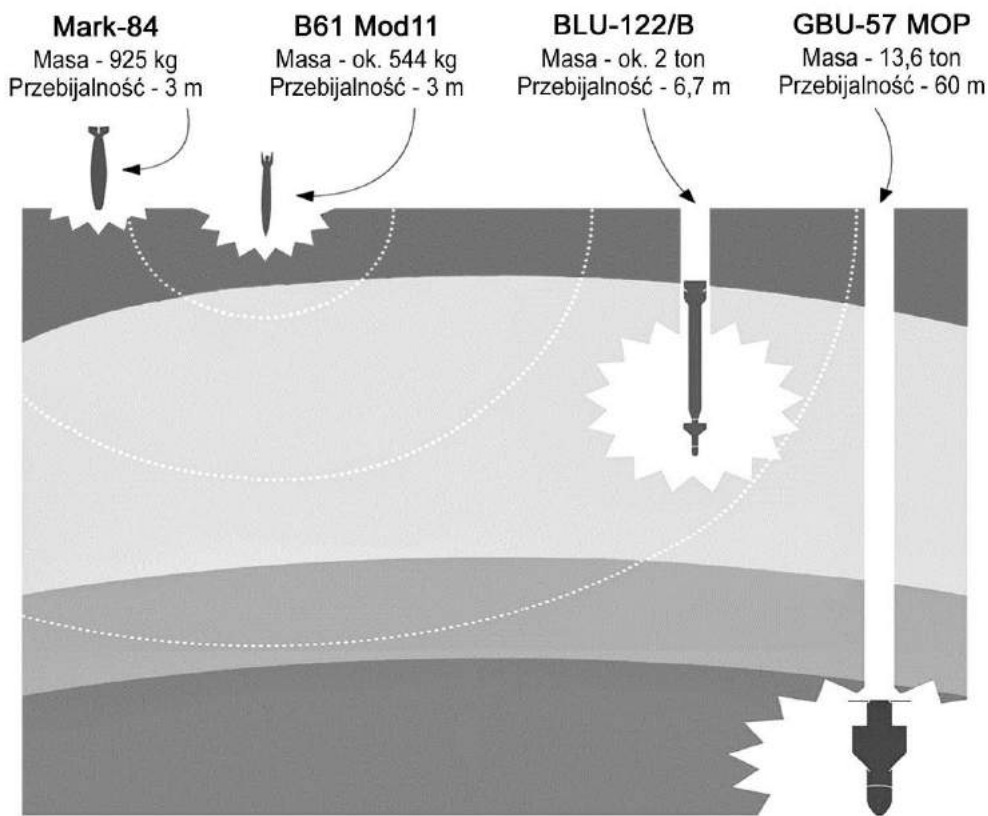
Poza małowagowymi bombami, przewidzianymi do rażenia wyselekcjonowanych celów, z zachowaniem skupienia na nich energii wybuchu oraz zapewnienia przez to niskiego poziomu *collateral damage*, trwają prace nad bombami wielo-wagowymi. Przykładem takiego środka jest bomba głębokiej penetracji GBU-57 MOP (ang. *Massive Ordnance Penetrator*) naprowadzana systemem GPS. Jej celem są bunkry oraz inne obiekty silnie umocnione, w tym także schrony nuklearne. Zgodnie z zapewnieniami producenta, przy masie własnej wynoszącej 13,6 tony jest ona zdolna do przebicia 60 metrów zbrojonego betonu. W porównaniu z innymi tego typu bombami jest to znacznym osiągnięciem (rys. 11).

Jej geneza uwarunkowana jest doświadczeniami armii USA, które zdobyła ona w Iraku, w czasie prowadzenia operacji w 2003 roku. Okazało się bowiem, że wiele środków bojowych, przenoszonych przez statki powietrzne nie było w stanie całkowicie zniszczyć wielu schronów położonych głęboko pod ziemią.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne opisywanego współczesnego samolotowego uzbrojenia bombardierskiego, w celu jego porównania zebrano w tabeli poniżej (tabela 9). Najważniejsze ich dane techniczne, przedstawione zostały w załączniku, w formie wykresów słupkowych.

58 *Fewer aircraft, greater effectiveness*, online – <http://www.raytheon.com/capabilities/products/sdbii/> [dostęp: 02.12.2015].

59 *Defense Acquisitions-Assessments...*, op. cit., s. 123.



Źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/mop-specs.htm> [dostęp: 2.12.2015].

Rys. 11. Porównanie przebijalności betonu przez wybrane penetrujące bomby przeciwbetonowe

Tabela 9. Dane taktyczno-techniczne wybranych współczesnych bomb lotniczych

Parametr/Nazwa ŚB (klasa)	Mark-82	Mark-84	GBU-12D/B Paveway II	GBU-24B Paveway III	Zestaw JDAM
Długość całkowita [m]	2,22	3,28	3,27	4,38	w zależności od bomby
Średnica kadłuba [mm]	273	458	273	458	
Masa całkowita [kg]	259	925	275	1050	
Masa mat. wybuchowego [kg]	87	429	87	429	
Rodzaj naprowadzania	swobodnie opadająca	swobodnie opadająca	swobodnie opadająca	swobodnie opadająca	INS/GPS
Działanie bomby	odłamkowo-burząca	odłamkowo-burząca	odłamkowo-burząca	odłamkowo-burząca	w zależności od bomby
Zasięg [km]	–	–	15	z wysokiego pułapu – 30	do 28

Parametr/Nazwa ŚB (klasa)	AGM-154C JSOW	GBU-39/B SDB I	GBU-53/B SDB II	GBU-57 MOP
Długość całkowita [m]	4,26	1,8	1,76	6,2
Średnica kadłuba [mm]	330	190	180	800
Masa całkowita [kg]	2700	130	93	13600
Masa mat. wybuchowego [kg]	497	93	48	2400
Rodzaj naprowadzania	GPS/INS/podczewierzeń	AJGPS/INS/Link-16	INS/GPS/radar mikrofalowy wysokiej częstotliwości, podczewierzeń, laserowy/Link-16	GPS
Działanie bomby	dwustopniowa: kumulacyjna, odłamkowo-burząca	kumulująca, odłamkowo-burząca	kumulująca, odłamkowo-burząca	burząca
Zasięg [km]	130	110	do celów: – stacjonarnych – 110 – poruszających się – 72	–

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wykazanych w bibliografii.

Śmigłowce bojowe i ich uzbrojenie

4.1. Charakterystyka śmigłowców bojowych oraz typologia ich zadań

Śmigłowcami nazywamy wiropląty z napędzanym wirnikiem lub wirnikami o stałych (nieruchomych) osiach zasadniczo pionowych lub nachylonych pod niewielkim kątem do powierzchni płatów. System płatów, nazywamy wirnikiem nośnym śmigłowca. Służą on do wytworzenia siły nośnej. Z uwagi na taką konstrukcję możemy wyróżnić kilka ich walorów. Cechuje je: możliwość pionowego startu i lądowania, lotu we wszystkich kierunkach, lądowanie na stosunkowo małej powierzchni (np. na powierzchni okrętu), wykonywanie lotów na małej wysokości z różnymi prędkościami oraz inne. Dzięki takim właściwościom śmigłowce znalazły bardzo szerokie zastosowanie w sferze wojskowej. Wśród nich wyróżniamy **śmigłowce bojowe**. Są to konstrukcje przeznaczone do wykonywania zadań bojowych z innymi rodzajami wojsk, wsparcia wojsk na polu walki, zwalczania czołgów, rozpoznania pola walki, korygowania ognia artylerii oraz innych zadań. Zgodnie z tą typologią, wśród śmigłowców bojowych wyróżniamy: szturmowe, zwalczania okrętów podwodnych oraz śmigłowce wielozadaniowe¹ – łączące cechy różnych platform bojowych.

Wśród bojowych platform powietrznych wyróżniamy **śmigłowce szturmowe**. Stanowi je grupa statków powietrznych, których zadaniem jest niszczenie celów naziemnych przeciwnika. Ten typ wiroplątów stworzony został w ramach potrzeby prowadzenia walki lądowo-powietrznej, z użyciem jednostek aeromobilnych. Podczas prowadzenia takiego rodzaju działań, celem śmigłowców szturmowych jest zwiększenie siły ognia poprzez: wsparcie

1 *Ilustrowany leksykon lotniczy...*, op. cit., s. 248.

walczących wojsk, wykonywanie zadań przeciwpancernych i wsparcia bezpośredniego, niszczenie siły żywej oraz obezwładnianie obrony przeciwlotniczej przeciwnika. Współczesny wyspecjalizowany śmigłowiec szturmowy projektowany jest do działań bojowych na konwencjonalnym polu walki, w warunkach dużej aktywności środków przeciwpancernych. Charakteryzuje się on zatem relatywnie dużą prędkością, zwrotnością oraz manewrowością. Przykładem śmigłowca szturmowego jest rosyjski Ka-52.

Kolejnym rodzajem uzbrojonych wiroplątów są **śmigłowce uderzeniowe**. Określa się nimi tę grupę statków powietrznych, które przewidziane są do rażenia celów wyspecjalizowanymi i precyzyjnymi, najczęściej naprowadzanymi środkami rażenia.

Kolejną dużą grupą wiroplątów bojowych są **śmigłowce zwalczania okrętów podwodnych** (śmigłowce ZOP). Ich zadania polegają na identyfikacji, lokalizacji oraz niszczeniu okrętów podwodnych przeciwnika. W celu identyfikacji obiektów rażenia, we współczesnych działaniach bojowych korzystają one z kilku dostępnych technologii. Jedną z nich jest metoda akustyczna. Działa ona w oparciu o boje sonarowe oraz zaimplementowane w nich hydrofony. Sonary, za pomocą układu hydrofonicznego są w stanie odbierać fale akustyczne, wytwarzane przez obiekty podwodne lub od nich odbite. Inna dostępna metoda polega na wykrywaniu anomalii magnetycznych. Do tego celu służą detektory, pozwalające na odbiór zmian natężenia pola magnetycznego dużych skupisk metali. Do mniej stosowanych sposobów należą metody prowadzone za pomocą detektorów światła podczerwonego, radarowe oraz inne. Do śmigłowców ZOP możemy zaliczyć takie konstrukcje, jak: Kaman SH-2G Super Seasprite czy Mi-14 PŁ. Są one podstawowym wyposażeniem Brygady Lotnictwa Marynarki Wojennej. Do ich zadań należy: poszukiwanie, śledzenie i zwalczanie okrętów podwodnych, które wykonują samodzielnie lub we współdziałaniu z siłami okrętowymi. Współczesnymi środkami bojowymi przenoszonymi przez śmigłowce ZOP są torpedy lub miny morskie.

4.2. Uzbrojenie śmigłowców bojowych

4.2.1. Uzbrojenie lufowe śmigłowców

Podstawowym uzbrojeniem stosowanym w większości śmigłowców bojowych jest broń lufowa. Przeznaczona jest ona do miotania pocisków strzeleckich, artyleryjskich oraz granatnikowych. Z zależności od zastosowanej amunicji,

obiektami jej działania jest najczęściej siła żywa, pojazdy opancerzone oraz inne wyposażenie. Do rażenia siły żywej stosuje się pociski pełnopłaszczowe lub bezpłaszczowe oraz amunicję granatnikową. Charakteryzują się one dużą energią kinetyczną (pociski miotane są z dużą prędkością początkową) oraz małą przebijałością. Do oddziaływania na siłę żywą stosuje się także artyleryjskie pociski burzące oraz odłamkowo-burzące.

Cele nieopancerzone, takie jak statki powietrzne, rozlokowane na powierzchni ziemi, wyrzutnie pocisków raketowych, stacje radiolokacyjne, oraz inne obiekty wyróżniające się wytrzymałością porównywalną ze stalową blachą o grubości od 4 do 6 milimetrów, mogą być niszczone pociskami zasadniczego przeznaczenia, wszystkich typów².

Do celów lekko opancerzonych, takich jak: bojowe wozy piechoty, transportery opancerzone, stanowiska ogniowe, zazwyczaj stosuje się amunicję przeciwpancerną. W budowie charakteryzuje się ona rdzeniem wykonanym z twardego metalu, którego zadaniem jest przebicie pancerza takiego obiektu. Niektóre z nich – przeciwpancerno-zapalające zawierają dodatkowo masę zapalającą, wzmagającą efekt rażenia poprzez zapłon obiektu lub spowodowanie jego detonacji.

Pierwszymi rozwiązaniami uzbrojenia strzeleckiego w śmigłowcach bojowych było montowanie na ich pokładach karabinów maszynowych, które usytuowane były w okolicach okien i drzwi. Ogień w różnych kierunkach, prowadzili z nich żołnierze, wchodzący w skład załogi. Takie rozwiązanie uniemożliwiało jednak korzystanie z uzbrojenia przez pilota, który mógłby prowadzić ogień, w sektorze dobrej widzialności. Współczesne **ruchome stanowiska broni lufowej** umieszcza się w różnych miejscach kadłuba śmigłowca. Wyróżnia się zatem stanowiska: ogonowe, boczne, górne (przednie i tylne), dolne i nosowe. Obecnie w śmigłowcach montowana jest broń lufowa kalibru od 7,62 do 30 milimetrów. Stanowią ją karabiny maszynowe o kalibrze, zazwyczaj do 20 mm oraz lufowe działka lotnicze o kalibrze z przedziału 20–30 milimetrów. Należą do nich także granatniki lotnicze, zazwyczaj o kalibrze 40 mm.

Innym rozwiązaniem stosowanym w śmigłowcach bojowych są **nieruchome stanowiska broni lufowej**. Należą do nich środki, charakteryzujące się niezmiennością swojego położenia względem platformy, na której zostały zamieszczone. W zależności od ich rozlokowania względem statku

2 K. Ogonowski, *Systemy uzbrojenia lufowego współczesnych statków powietrznych*, WSOSP, Dęblin 2013, s. 234–241.

powietrznego, wyróżniamy ich trzy rodzaje. Wśród nich występują stanowiska: kadłubowe, gondolowe i skrzydłowe. Przykładem takiego rozwiązania jest 30 mm jednolufowe działko Szipunow 2A42 montowane na stałe pod kadłubem współczesnych rosyjskich śmigłowców bojowych.

W przedmiocie badań nad lotniczą bronią lufową warte uwagi są **podwieszane zasobniki strzeleckie**. Jest to rodzaj broni lotniczej wykorzystującej uzbrojenie strzelecko-artyleryjskie, które umieszcza się w specjalnych zasobnikach o opływowych kształtach, zwanych kontenerami. Ich zasadniczym zadaniem jest przenoszenie standardowych lotniczych środków strzeleckich. Montowane są one do płatowca przy pomocy uniwersalnych uchwytów belkowych. Są one automatycznymi systemami broni, ponieważ wszystkie elementy umieszczone są wewnątrz lotniczego kontenera, a standardowe węzły mocowania go do poszycia śmigłowca zapewniają ich modułowość oraz pewną i bezpieczną eksploatację. Dzielimy je na zasobniki nieruchome, w których broń zamocowana jest na stałe oraz ruchome. W drugim z ich typów, istnieje możliwość wychylenia broni w dwóch płaszczyznach – pionowej i poziomej. Taka budowa umożliwia rażenie naziemnych celów wydłużonych i punktowych z małej wysokości. Obydwa typy zasobników są skutecznym środkiem walki, w działaniach stanowiących wsparcie z powietrza oddziałów wojsk lądowych³.

Do broni lufowej przenoszonej przez współczesne śmigłowce bojowe są **granatniki lotnicze**. Stosowane są one do zwalczania różnego rodzaju celów, na bliskich i średnich odległościach. Ich wykorzystanie w lotnictwie podyktowane jest ich walorami, takimi jak: duża szybkostrzelność (około 440 strzałów na minutę), mała siła odrzutu, duża niezawodność, wysoka siła rażenia oraz inne. Z uwagi na odłamkowe działanie ich amunicji, znalazły one zastosowanie w prowadzeniu działań przeciwpartyzanckich, antyterrorystycznych, osłony konwojów oraz innych. Granatniki lotnicze przenoszone przez śmigłowce bojowe są właściwym środkiem do prowadzenia walk w terenie zurbanizowanym i górskim. Pozwalają one także na prowadzenie skutecznego ognia do celów opancerzonych i czołgów, z odległości do 300 metrów. Siła żywa może być rażona za pomocą granatników lotniczych na odległość do 400 metrów. Przykładem takiego lotniczego uzbrojenia jest amerykański granatnik Mk 19. Wążący ponad 35 kilogramów automatyczny środek walki, o kalibrze 40 mm, jest w stanie miotać pociski na odległość 2200 metrów, nadając im prędkość początkową wynoszącą 241 m/s.

3 A. Żyłuk, *Uzbrojenie lotnicze...*, op. cit., s. 38–39.

Ważnym elementem systemu granatników lotniczych jest ich amunicja. Na uwagę zasługują najnowocześniejsze konstrukcje w tym obszarze. Jednym z nich jest produkt firmy ST Kinetics – programowalna amunicja typu 40ABMS (ang. *Air-Burst Munition System*). Nabój wypełniony jest 350 wolframowymi kulkami, o kierunkowym działaniu. Podczas detonacji formują one stożkowy strumień, wylatujący w kierunku celu. Cechują się dużą siłą rażenia oraz wysokimi właściwościami penetrującymi. Pozwalają one na przebicie większości współczesnych kamizelek kuloodpornych. W dedykowanych do amunicji granatnikach, ważną rolę stanowi system kierowania ogniem. Składa się on z: optycznego (optoelektronicznego) celownika, dalmierza laserowego oraz balistycznego modułu przeliczającego. Działanie granatnika polega na namierzeniu obiektu przez celownik, przy współdziałaniu z dalmierzem laserowym. Wynik przekazywany jest do modułu przeliczającego, którego zadaniem jest programowanie zapalnika umieszczonego w amunicji. Dzięki temu jej detonacja następuje dokładnie w czasie, gdy osiąga on cel.

Uogólniając, współczesną granatnikową broń lotniczą stanowią środki kalibru 40 mm, o masie około 30–35 kilogramów i długości jednego metra. Jest ona w stanie miotać pociski granatnikowe z prędkością wynoszącą około 240 metrów na sekundę na odległość ponad 2 kilometry. Szybkostrzelność takiej broni wynosi około 350 strzałów na minutę, co na współczesnym polu walki jest wynikiem zadowalającym. Dane taktyczno-techniczne współczesnych popularnych granatników lotniczych przedstawiono w tabeli poniżej (tabela 10).

Tabela 10. Dane taktyczno-techniczne wybranych współczesnych granatników lotniczych

Parametr/Nazwa	Mk 19 Mod 3	GMG	CIS 40 AGL
Kaliber lufy [mm]	40	40	40
Stosowana amunicja	40 x 53	40 x 53	40 x 53
Długość broni [mm]	1095	1090	966
Masa broni [kg]	35,6	28,8	33
Szybkostrzelność [strz./min]	350	350	350–500
Zasięg [km]	2,2	2,2	2,2
Prędkość początkowa pocisku [m/s]	241	241	242

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wykazanych w bibliografii.

W najbliższym czasie nie należy spodziewać się wprowadzenia do uzbrojenia nowatorskich konstrukcji z zakresu lotniczej broni lufowej. Powodem takiego stanu rzeczy jest fakt, że w ostatnim czasie osiągnęły one bardzo wysoki stopień

doskonałości, co znacznie spowolniło ich dalszy rozwój. Współczesne prace rozwojowe skupiają się bardziej wokół udoskonalania jej amunicji. Pojawiają się konstrukcje bezłuskowe z ciekłym materiałem miotającym. Zasada działania tego typu układów, polega na wstrzyknięciu płynu miotającego, a następnie dostarczeniu naboju. Rozwiązania te jednak obarczone są problemami. Jednym z nich jest brak dostatecznego uszczelnienia komory naboju, co skutkuje dyssypacją energii cieplnej oraz ciśnienia. Brak łuski jednak upraszcza cykl oddania strzału, zwiększając parametr szybkostrzelności poprzez omijanie czynności związanych z usuwaniem jej po oddanym strzale. Inne współczesne prace dotyczą zwiększenia skuteczności amunicji poprzez stosowanie pocisków: z sabotem, kumulacyjnych oraz rdzeni uranowych. Wśród przyszłości uzbrojenia lufowego istnieją również koncepcje dotyczące zaimplementowania mini pocisków raketowych, które w pierwszym etapie miotane byłyby analogicznie do pocisków strzeleckich, a następnie napędzane własnym silnikiem. Największym problemem w czasie konstrukcji i testów takiej amunicji jest utrzymanie zdatności, po wystrzeleniu jej z przewodu lufy i działaniu gorących i niszczących ją gazów prochowych.

Współczesne konstrukcje lotniczej broni lufowej wspomagane są systemami uzbrojenia, których zadaniem jest skuteczniejsze prowadzenie ognia oraz zautomatyzowanie tego procesu. Należą do nich układy: wymiany i transmisji danych, śledzenia celu, napełniacze celowników oraz inne tego typu rozwiązania pomocnicze. Z uwagi na silny rozwój systemów elektronicznych i optycznych, są one silnie rozwijane, determinując kierunek rozwoju lotniczej broni strzeleckiej.

4.2.2. Niekierowane i kierowane śmigłowcowe pociski raketowe

Niekierowane pociski raketowe (NPR) stanowiące podstawowe uzbrojenie śmigłowców bojowych, umieszczane są zazwyczaj w prowadnicowych wyrzutniach rurowych, mieszczących od kilku do kilkunastu sztuk. Zawarte w nich pociski są przeznaczone do rażenia określonych celów oraz wykonywania zadań pomocniczych (oświetlanie, zadymianie, rozrzucanie dipoli itp.). Kierunek i trajektoria ich lotu determinowana jest zorientowaniem śmigłowca w przestrzeni. Wśród nich najbardziej rozpowszechnionymi są środki o kalibrze⁴ od 51 do 127 mm, których przeznaczeniem są cele powierzchniowe.

4 Kalibrem niekierowanego pocisku raketowego (NPR) nazywamy średnicę jego silnika wyrażoną w milimetrach.

Niekierowane śmigłowcowe pociski raketowe przeznaczenia zasadniczego służą głównie do niszczenia pojedynczych celów o małych wymiarach oraz siły żywej przeciwnika, a także celów opancerzonych, lekko opancerzonych i nieopancerzonych. Należą do nich: czołgi, działa samobieżne, transporterzy opancerzone, rakiety na wyrzutniach, stacje radiolokacyjne⁵ oraz statki powietrzne na płaszczyznach postojowych i w obwałowaniach. Zastosowanie śmigłowcowych NPR uzależnione jest od charakterystyki działania środka rażącego.

Wśród tego typu broni wyróżniamy pociski z modułowymi głowicami bojowymi o działaniu: burzącym, odłamkowym, odłamkowo-burzącym, kumulacyjnym i przeciwbetonowym. Pociski burzące i odłamkowo-burzące przeznaczone są do niszczenia celów, działaniem produktów wybuchu fali uderzeniowej oraz odłamków. Są one najczęściej wykorzystywane do niszczenia samolotów i śmigłowców, wyrzutni pocisków raketowych, samochodów, nie- i opancerzonych oraz siły żywej przeciwnika. NPR o działaniu kumulacyjnym przeznaczone są do rażenia czołgów, dział samobieżnych, transporterów opancerzonych, wozów bojowych piechoty. Są one niszczone strumieniem kumulacyjnym, który przebijając pancerz wywołuje wysokie, rażące załogę ciśnienie oraz może powodować detonację amunicji lub paliwa. Dość osobliwymi konstrukcjami w pociskach niekierowanych są ich głowice bojowe, zawierające subamunicję⁶. Zasadniczo przeznaczona jest ona do niszczenia: bunkrów, obiektów opancerzonych, pasów startowych lotnisk oraz podobnych celów.

Dane taktyczno-techniczne wybranych współcześnie stosowanych NPR, w celu ich porównania przedstawiono w tabeli poniżej (tabela 11) oraz w załączniku 3.

Przykładami NPR przenoszonymi przez amerykańskie i zachodnioeuropejskie współczesne śmigłowce bojowe są: Hydra 70, SNEB czy CRV7. W uzbrojeniu śmigłowców rosyjskich możemy wyróżnić zestawy: S-8, S-13, S-24, odpowiednio o kalibrach 80, 122 i 240 mm. Do rodzimych produkcji zaliczamy pocisk raketowy NLPR-70, produkowany przez Zakłady Metalowe MESCO S.A.

5 Ibid., s. 24.

6 **Subamunicją** nazywamy amunicję zawierającą od kilku do kilkuset ładunków małego wagomiaru.

Tabela 11. Dane taktyczno-techniczne wybranych współczesnych śmigłowcowych niekierowanych pocisków rakietowych (NPR)

Parametr/Nazwa	Hydra 70	CRV7	S-8	NLPR-70
Kaliber [mm]	70	70	80	70
Długość [mm]	1060	–	1400	1360
Masa ^{a)} [kg]	10,4–12,2	11,1	11,5–15,1	12,2
Rodzaj napędu	silnik rakietowy na paliwo stałe	silnik rakietowy na bezdymne paliwo stałe	silnik rakietowy na paliwo stałe	silnik rakietowy na paliwo dwufazowe
Działanie głowicy	burząca/odłamkowa/kumulacyjna	burząca/przeciwpancerna/przeciwbetonowa/z subamunicją	kumulacyjna/tandemowa/odłamkowa/przeciwbetonowa	odłamkowo-burząca ze zwłoką czasową
Zasięg skutecznego działania [m]	8000	4000	4000 S-8OFP – 6000	2000
Prędkość maksymalna [m/s]	739	–	545	700

^{a)} Przedział masy wyróżnionych pocisków uzależniony jest od rodzaju głowicy bojowej.

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wykazanych w bibliografii.

Publikowane „mapy drogowe”, określające przyszłość lotniczych środków rażenia, antycypują rozwój niekierowanych pocisków rakietowych w dwóch kierunkach⁷. Pierwszy z nich związany jest z precyzją uderzenia w cel. Amerykański program zaawansowanego systemu uzbrojenia precyzyjnego rażenia – APKWS (ang. *Advanced Precision Kill Weapon System*) zakłada, że NPR w niedalekiej przyszłości mają być wyposażone w tanie, a zarazem skuteczne układy naprowadzania, oparte zasadniczo na świetle laserowym. Takie rozwiązanie pozwoli na zwiększenie dokładności rażenia w cel do 2 metrów w odniesieniu do pocisków wystrzeliwanych z pokładu śmigłowca z odległości od 1,5 do 5 kilometrów. Ułatwione zostanie także użycie LŚR poprzez wskazywanie celów przez inny statek powietrzny (w tym bezzałogowy statek powietrzny) lub pojedynczego żołnierza. Dowodem na tę konstatację jest fakt, że 15 października bieżącego roku Departament Obrony Stanów Zjednoczonych zamówił pierwszą partię zestawów adaptacyjnych APKWS dla lotnictwa amerykańskich sił lądowych. Jest ona przeznaczona dla jednostek dysponujących śmigłowcami szturmowymi Boeing AH-64 Apache. Dzięki

7 *Future Readiness...*, op. cit., s. 79.

zestawom produkowanym przez koncern BAE Systems, niekierowane pociski raketowe kal. 70 mm, staną się tanią i efektywną bronią precyzyjną⁸.

Drugi z kierunków rozwoju niekierowanych pocisków raketowych adoptowanych przez śmigłowce bojowe dotyczy ich kosztów. Amerykańska koncepcja LOGIR (ang. *Low-Cost Guided Imaging Rocket*) zakłada dostosowywanie już istniejących, nieprecyzyjnych środków rażenia poprzez wyposażenie ich głowic bojowych w tanie systemy kierowania. Dotyczy to między innymi niekierowanych środków rażenia, a także bomb oraz innych lotniczych środków bojowych.

Do zasadniczych środków bojowych, przenoszonych przez śmigłowce należą także **kierowane pociski raketowe (KPR)**. Grupę tę w większości tworzy uzbrojenie, wykorzystywane w innych klasach bojowych statków powietrznych, takich jak samoloty oraz bojowe bezzałogowe statki powietrzne. Zasadniczo należą do nich pociski przeciwpancerne (np. AGM-114 Hellfire II) oraz klasy powietrze-powietrze (np. AIM-9X Sidewinder), służące głównie do obrony własnej przed agresorami powietrznymi. Tego typu kierowane lotnicze środki rażenia tworzą wyposażenie współczesnych wiroplątów bojowych, takich jak: Bell AH-1Z Viper, Eurocopter Tiger czy Agusta A129 Mangusta. W nowoczesnych śmigłowcach produkcji rosyjskiej (takich jak Ka-50 czy K-52) stosowane są ich odpowiedniki, takie jak przeciwpancerny kierowany pocisk raketowy 9M120 Wicher, czy pocisk raketowy klasy powietrze-powietrze R-73. Konkretnie modele KPR zostały opisane we wcześniejszej części niniejszej pracy.

W najbliższym czasie rozwój kierowanych śmigłowcowych pocisków raketowych skupiony będzie nad udoskonaleniem ich możliwości. Będą one w stanie przebić najnowsze wielowarstwowe pancerze czołgowe, nastąpi wydłużenie ich zasięgu oraz poprawienie innych ich parametrów eksploatacyjnych⁹.

4.2.3. Uzbrojenie do zwalczania obiektów podwodnych

Jednym z zadań realizowanych przez współczesne śmigłowce wojskowe jest zwalczanie okrętów podwodnych (ZOP) (ang. *Anti-Submarine Warfare* – ASW). Realizacja tych zadań stała się możliwa, dzięki ich specyfice lotu:

8 *Pociski APKWS dla AH-64 Apache*, „Lotnictwo Aviation International” 2015, nr 3, s. 8.

9 M. Mikołajczuk, J. Gruszczyński, *Uzbrojenie ZSRR...*, op. cit., s. 152.

z małą prędkością, na niskim pułapie oraz możliwością wykonania zawisu¹⁰, tuż nad powierzchnią wody. Takie ich właściwości pozwalają na umieszczenie w wodzie specjalistycznego wyposażenia niezbędnego do wykrywania, śledzenia i rażenia obiektów podwodnych przeciwnika.

Najodpowiedniejszymi współczesnymi środkami bojowymi przeznaczonymi do likwidowania okrętów podwodnych, przenoszonymi przez śmigłowce są **torpedy lotnicze**. Nazywamy nimi środki bojowe, które za pomocą własnego napędu są w stanie poruszać się pod wodą. Przeznaczone są one do niszczenia obiektów podwodnych i nawodnych za pomocą materiału kruszącego zawartego w ich głowicy bojowej.

Jedną z współczesnych torped przenoszonych przez śmigłowce jest Mark 54 MAKO (Mk 54). Przeznaczona jest do niszczenia okrętów podwodnych, operujących na niewielkim zanurzeniu. Powstała ona w oparciu o swój poprzedni model – Mk 50, nad którym prace rozwojowe z uwagi na zbyt duże koszty zostały zakończone. Rozpoczęto zatem pracę nad podobną technologicznie konstrukcją, znacznie obniżając nakłady finansowe jej wytwarzania, jednocześnie zapewniając torpedzie wysokie zdolności operacyjne. Mark 54 MAKO powstała w ramach programu lekkiej hybrydowej torpedy (ang. *Lightweight Hybrid Torpedo* – LHT), stworzonego poprzez koncern Raytheon oraz amerykańskie Centrum Broni Podwodnych (ang. *Naval Undersea Warfare Center* – NUWC). Głowica środka, wyposażona w sonar akustyczny, posiada możliwość lokalizowania celu i naprowadzania się na niego. Charakteryzuje się ona dużą odpornością za zakłócenia, związane z odbiciem fali dźwiękowej oraz emitowane przez inne jednostki przeciwnika. W ramach programu HAAWC (ang. *High Altitude Anti-Submarine Warfare Weapons Concept*) prowadzone są prace nad jej odmianą, charakteryzującą się możliwością zrzucenia jej z dużej wysokości (ponad 10 tys. metrów) oraz odległości od atakowanego celu. Amerykańska koncepcja *LongShot* zakłada jej udoskonalenie poprzez zaadoptowanie modułu składającego się ze skrzydeł oraz stateczników¹¹. Dzięki takiemu rozwiązaniu stałaby się ona uskrzydloną torpedą manewrującą, naprowadzaną systemem GPS (lub innymi), możliwą do użycia w każdych warunkach pogodowych¹².

10 **Zawisem** statku powietrznego nazywamy taki jego stan w czasie lotu, w którym w danej chwili czasu nie wykonuje on ruchu postępowego (jest nieruchomy).

11 Układ analogiczny do zestawu JDAM, stosowany w amerykańskich bombach lotniczych.

12 Team Torpedo: US Firms Sell & Support MK48s and MK54s, online – <http://www.defenseindustrydaily.com/team-torpedo-raytheon-partners-to-support-mk48-and-mk54-requirements-02533/> [dostęp: 15.12.2015].

Kolejną torpedą przeciwskrętową jest MU90. Stanowi ją lekki środek bojowy, przeznaczony do rażenia okrętów podwodnych o napędzie spalinowym i elektrycznym, będących w zanurzeniu do głębokości 1000 metrów. Zasadniczo wyposażona jest w napęd elektryczny, pozwalający na jej zasięg do 20 tys. metrów oraz poruszania się z prędkością do 100 km/h. Ponad 30 kilogramowa głowica bojowa, wyposażona w ładunek kumulacyjny jest w stanie skutecznie razić każdy współczesny okręt podwodny. Wyróżnia ją budowa modułowa. Pierwsza część zawiera układ samonaprowadzania, oparty o system akustyczny, pozwalający na śledzenie do 12 obiektów w tym samym czasie. Kolejny moduł – bojowy zawiera głowicę bojową, zasadniczo działającą kierunkowo. Taka konstrukcja pozwala na jej zastąpienie innym modułem, przeznaczonym do rażenia celów nawodnych (wyposażonym w pływaki) lub zadań szkoleniowych. Moduł rufowy zawiera wysokoobrotowy silnik elektryczny, emitujący niski hałas. Modułowa konstrukcja torpedy pozwala na jej rozwój, poprzez wymianę jej części, ograniczając dodatkowe koszty.

Inną współczesną torpedą wykorzystywaną przez śmigłowce do zwalczania okrętów podwodnych jest rosyjski środek bojowy APR-3E. Przeznaczony jest on do atakowania nowoczesnych okrętów podwodnych, będących w zanurzeniu do głębokości 800 m lub znajdujących się na powierzchni wody i poruszających się z prędkością do 80 kilometrów na godzinę. Torpeda posiada hydrostatyczny układ naprowadzania, odpowiedzialny za identyfikację i klasyfikację celów. Ponadto posiada dość osobliwą trajektorię ruchu w wodzie. Po zanurzeniu się w toni, podczas opadania grawitacyjnego, zatacza ona spiralne ruchy, poszukując dookoła potencjalne cele, będące w odległości do 2 tys. metrów. Po wykryciu obiektu podwodnego, niezwłocznie uruchamiany jest silnik, który kieruje środek do celu, skracając jego czas reakcji i możliwości samoobrony.

Kolejnym środkiem przeciwookrętowym jest angielska torpeda Sting Ray Mod 1. Jest współczesnym środkiem bojowym, przeznaczonym do rażenia okrętów podwodnych z napędem konwencjonalnym, operujących na płytkich akwenach wodnych. Jej głowica bojowa, wyposażona w akustyczne sensory, wyróżnia się niskim błędem związanym z identyfikacją celów i rozróżnianiu ich od celów pozornych. Jej nosicielem jest między innymi śmigłowiec AugustaWestland AW101 w bojowej wersji morskiej.

Do innych podobnych i współcześnie rozwijanych konstrukcji torped przeciwookrętowych należą także: K745 Chung Sang Eo (Blue Shark) produkcji koreańskiej czy chińska torpeda Yu-7.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne wybranych torped lotniczych, przeznaczonych do zwalczania okrętów i obiektów podwodnych, w celu ich porównania zebrano w tabeli poniżej (tabela 12) oraz w załączniku do pracy.

Najbliższa przyszłość dotycząca rozwoju torped lotniczych będzie skupiona na udoskonalaniu jednostek napędowych, dążąc do jak największego ich zasięgu oraz prędkości. Ewoluuować będą także systemy ich naprowadzania, tworząc z torped broń inteligentną. Z uwagi na dynamicznie rozwijające się systemy zakłócania tego typu broni, ważnym wydaje się przeciwdziałając temu zjawisku. Przykładem jest amerykański program CBASS (ang. *Common Broadband Advanced Sonar System*), w ramach którego opracowywane są systemy rozróżniające cele od celów pozornych, odpalanych w ramach obrony własnej przez okręt podwodny¹³. Ich pozytywne testy oraz możliwości adaptacyjne, pozwolą na stosowanie torped do rażenia najnowocześniejszych okrętów, znacznie zwiększając prawdopodobieństwo skutecznego wyeliminowania ich z walki.

Kolejnym elementem, implementowanym do torped będą sieci łączności. Dzięki takiemu rozwiązaniu, możliwa będzie komunikacja z ich nosicielem, pozwalająca między innymi na zmianę celu lub zaniechaniu ataku, nawet po jej aktywowaniu. Należy także wziąć pod uwagę fakt, że znaczną część zadań zwalczania okrętów podwodnych przejmą w przyszłości samoloty. Przykładem takiej platformy powietrznej jest Boeing P-8 Poseidon. Posiada ona możliwości rozpoznawania okrętów podwodnych z pułapu ponad 18 tys. metrów, przebywając w powietrzu i prowadząc nieprzerwanie misje w czasie do kilkunastu godzin. Samolot wyposażony będzie w odmianę torped MK-54, umożliwiającą jej zrzut z dużej wysokości oraz w pociski przeciwookrętowe – AGM-84H SLAM-ER. Poza tym, ma być on przystosowany do współpracy z bezzałogowymi systemami powietrznymi (np. MQ-4C Triton), które wyposażone w elementy sieciocentryczne, będą w stanie prowadzić rozpoznanie oraz identyfikację celów morskich, a w przyszłości przejmą część zadań bojowych umożliwiając rażenie okrętów¹⁴. Śmigłowce ZOP mogą być ogniwem pośrednim, przeznaczonym do identyfikacji i śledzenia obiektów podwodnych i przekazywania danych o nich za pomocą systemów wymiany danych.

13 B. Meyers, F. Cancelliere, K. LaPointe, Torpedoes and the next generation of underwater weapons, online – http://www.public.navy.mil/subfor/underseawarfaremagazine/Issues/Archives/issue_14/torpedoes.html [dostęp: 21.12.2015].

14 *Future Readiness...*, op. cit., s. 81–82.

Tabela 12. Dane taktyczno-techniczne wybranych współczesnych torped lotniczych

Parametr/Nazwa ŚB	Mark 54 MAKO (Mk 54)	MU90	APR-3E	Sting Ray Mod 1	Yu-11
Długość całkowita [m]	2,72	2,85	3,68	2,60	2,60
Średnica kadłuba [mm]	324	323,7	350	324	324
Masa [kg]	276	304	525	267	235
Maksymalna głębokość [m]	–	1000	800	800	600
Rodzaj naprowadzania	aktywny i pasywny system akustyczny	aktywny i pasywny system akustyczny	akustyczne o zasięgu do 2 km	aktywny i pasywny system akustyczny	aktywny i pasywny system akustyczny
Rodzaj napędu	paliwo ciekłe – spalanie zewnętrzne	silnik elektryczny	silnik raketowy na paliwo stałe	silnik elektryczny	paliwo ciekłe – spalanie zewnętrzne
Działanie głowicy	odłamkowa – działanie kierunkowe	kumulacyjna	burząca, zapalnik uderzeniowy/akustyczny	burząca (materiał kruszący – Torpex)	burząca
Zasięg [km]	–	10 – z prędkością max. 23 – z prędkością min.	3	11	11 – z prędkością max. 30 – z prędkością min.
Prędkość [km/h]	74,1	93 – maksymalna 54 – minimalna	103	83	93 – maksymalna 48 – minimalna

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wykazanych w bibliografii.

Innymi środkami przeciokrętowymi są **miny morskie**. Stanowi je broń morską, przeznaczoną do rażenia podwodnej części kadłuba okrętu. Składa się ona z trzech podstawowych podzespołów: ładunku kruszącego, mieszczącego się w cylindrycznym lub kulistym kadłubie, zapalnika oraz urządzeń inicjujących i zabezpieczających. W zależności od stosowanego zapalnika wyróżniamy miny o działaniu kontaktowym, posiadające możliwość wybuchu na skutek zetknięcia się ich zapalnika z kadłubem okrętu oraz nie kontaktowym (zazwyczaj: magnetycznym, indukcyjnym, akustycznym oraz hydrodynamicznym). Zazwyczaj umieszcza się je na powierzchni oraz pod powierzchnią wody. Z tych względów wyróżniamy miny: kotwiczne, zagrodowe, denne oraz dryfujące. Miny kotwiczne, charakteryzują się dodatnią pływalnością i utrzymywane są na żądanej głębokości za pomocą kotwicy połączonej z minliną¹⁵. Szczególnym ich przypadkiem są miny zagrodowe, utrzymywane na minlinie przy niewielkim zanurzeniu. Środki minerskie denne, ustawiane są na dnie akwenu, na niewielkiej głębokości, natomiast miny dryfujące (zwane pływającymi) są wolne i mogą być znoszone przez prądy morskie, fale oraz wiatr. Miny morskie stawiane (zrzucone) za pomocą statków powietrznych nazywamy **minami lotniczymi**, a obszary o niewielkiej powierzchni, stawiane przez nie na płytkim akwenu nazywa się **łachami minowymi**.

Współczesny rozwój min, w tym także min lotniczych ograniczany jest z uwagi na międzynarodowe umowy o charakterze prawnym. W myśl VIII konwencji haskiej, zabrania się używania bojowych środków morskich (min oraz torped), których działanie nie byłoby kontrolowane. Z założenia, zapisy tam zawarte, wykluczają stosowanie min dryfujących. Poza tym wymaga się takiego ustawiania środków minerskich, aby stały się one nieszkodliwe najdłużej po upływie godziny, od czasu ich rozmieszczenia. Morskie środki bojowe (miny i torpedy), chybiwszy w cel nie mogą stanowić zagrożenia dla innych obiektów¹⁶. Zatem powinny być one wyposażone w urządzenia samolikwidujące. Taka konstrukcja jednak podraża koszty ich wytwarzania, a wyżej wymienione ograniczenia skutecznie spowolniły ich rozwój.

Literatura przedmiotu przedstawia wymagania, jakie powinny spełniać miny morskie, by ich stosowanie było zgodne z prawem oraz sprostało współczesnym wymaganiom taktycznym i operacyjnym. Minerskie środki lotnicze

¹⁵ **Minliną** nazywamy stalową linę utrzymującą minę na kotwicy w odpowiedniej odległości od powierzchni wody.

¹⁶ Konwencja dotycząca zakładania min wybuchających automatycznie za dotknięciem (VIII konwencja haska), Haga, 18 października 1907 r.

powinny być zatem autonomicznym obiektem podwodnym, wyposażonym w odpowiednie sensory oraz system nawigacji (orientacji), bądź sterowania. Pożądanym jest aby działały one w wyznaczonym rejonie, spoczywając na dnie lub w osadach dna morskiego, będąc zawieszonymi w toni wodnej z możliwością przemieszczenia się w różnych kierunkach i z różnymi prędkościami. Ważnym wydaje się także posiadanie zdolności kalkulowania ich zamiarów, w zależności od zaistniałej sytuacji, włącznie do unikania trałów i innych tego typu środków. Kolejną cechą jest implementowanie systemów „swój-obcy”, pozwalających na ochronę wojsk własnych¹⁷. Wydaje się, że rozwój techniczny i technologiczny oraz zainteresowanie się bronią minową, jako relatywnie niskokosztownym środkiem bojowym może doprowadzić do spełnienia wyżej wymienionych wymagań, unifikacji w sensie konstrukcyjnym oraz ich użycia, co pozwoli w niedalekim czasie na masowe ich produkowanie i wykorzystywanie w konfliktach militarnych.

17 J. Głębocki, J. Kuliś, S.J. Kurpiel, *Miny morskie – prognoza rozwoju*, „Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej” 2005, nr 3(162), s. 24–25.

5

Ograniczenia użycia uzbrojenia lotniczego

5.1. Ograniczenia użycia uzbrojenia lotniczego wynikające z zasad użycia sił

Przy podejmowaniu decyzji o wyborze celów, środków rażenia i taktyki działania niezwykle istotnym elementem jest stosowanie zasady użycia sił (ang. *Rules of Engagement* – ROE).

NATO definiuje ROE jako „wydane przez kompetentne władze wojskowe wytyczne, które dookreślają okoliczności i ograniczenia, jakim poddane są siły zbrojne w razie inicjowania i/lub kontynuacji działań zbrojnych z napotkanymi siłami przeciwnika”¹.

W myśl Decyzji Komitetu Wojskowego NATO MC362/1, ROE to „dyrektywy dla sił zbrojnych (w tym dla pojedynczych żołnierzy), które określają okoliczności, warunki, stopień i sposób, w jaki siła zbrojna lub działania, które mogą być postrzegane jako prowokacyjne (zaczepne), powinny być podjęte”².

Najważniejszymi elementami ROE są: prawo, polityka, sztuka operacyjna (taktyka i strategia), charakter i miejsce prowadzenia misji, czy operacji, rodzaj sił zbrojnych biorących udział w operacji, inne lokalne uwarunkowania.

Opracowania ROE zawierają klauzule wskazujące na nieograniczanie prawa do samoobrony³. Ponadto, ROE nie ograniczają uprawnień dowódcy do użycia wszelkich koniecznych i dostępnych środków dla obrony oddziału lub pojedynczych żołnierzy. Prawo do samoobrony obejmuje obronę: indy-

1 *Allied Administrative Publication AAP-6, NATO Glossary of Terms and Definitions*, 16.04.2007, s. 198 i nowsza edycja z 2010 r., s. 2-R-10 (<http://www.nato.int/docu/stanag/aap006/aap-6-2010.pdf>).

2 MC 362/1, sec. 2.

3 MC 362/1, sec. 1.

widualną, w ramach pododdziału, narodową oraz sojuszniczą. Zwykle zapisy ROE przybierają następujący kształt:

– każdy ma prawo do użycia siły z wykorzystaniem dozwolonej broni wyłącznie w obronie własnej w celu odparcia bezpośredniego zamachu na niego, innych żołnierzy, wyznaczonych osób, ludności cywilnej oraz chronionej własności;

– żadne z działań nie wyklucza bezpośredniego i natychmiastowego użycia broni, jeżeli zwłoka w jej użyciu groziłaby bezpośrednim niebezpieczeństwem dla życia lub zdrowia ludzkiego;

– żadne z postanowień ROE nie ogranicza prawa i obowiązku dowódców jednostek wojskowych aby użyć wszystkich dostępnych środków oraz podjąć stosowne działania w celu obrony podległych żołnierzy.

W myśl MC 362/1 prawo do samoobrony wymaga, aby użycie siły spełniało kryterium konieczności i proporcjonalności oraz miało miejsce w odpowiedzi na atak lub bezpośrednie zagrożenie atakiem⁴. Konieczność oznacza użycie siły niezbędne dla zabezpieczenia samoobrony. Proporcjonalność oznacza odpowiedź współmierną do postrzeganego stopnia zagrożenia. Każde użycie siły musi być ograniczone do stopnia, intensywności i czasu koniecznego dla odparcia niebezpieczeństwa⁵.

Zasada konieczności i proporcjonalności użycia siły w ramach samoobrony wymaga wyjaśnienia następujących pojęć: ataku i bezpośredniego zagrożenia atakiem oraz wrogiego działania i wrogich zamiarów.

W kontekście samoobrony za atak uważa się użycie siły przeciwko wojskom NATO lub siłom działającym pod kierownictwem NATO i ich personelowi⁶.

W odniesieniu do bezpośredniego zagrożenia takim atakiem użyty termin *imminent* oznacza, że potrzeba obrony jest oczywista, stała i przeważająca⁷.

W związku z tym pojawiają się dwa terminy: wrogie działanie (*hostile act*) i wrogi zamiar (*hostile intent*). Za wrogie działanie (*hostile act*) NATO uznaje zamierzony akt, powodujący poważny uszczerbek lub niebezpieczeństwo dla NATO, sił zbrojnych Sojuszu czy osób, którym przyznano szczególny status.

Za wrogi zamiar (*hostile intent*) MC 362/1 uznaje prawdopodobne i dostrzegalne ryzyko ataku, o ile łącznie spełnione są dwie przesłanki: istnieje zdolność oraz gotowość indywidualnych osób, grup osób lub pododdziałów

4 MC 362/1, sec. 7.

5 MC 362/1, sec. 7b.

6 MC 362/1, sec. 7d.

7 MC 362/1, sec. 7c.

do ataku i dokonania szkody oraz istnieją dowody, które wskazują na intencję ataku lub dokonania w inny sposób jakiegokolwiek szkody.

Trudne jest wyznaczenie granicy pomiędzy niewinnym aktem a aktem noszącym cechy wrogich zamiarów. W sytuacji pokoju i w operacjach poprzedzających wybuch lub eskalację konfliktu zbrojnego w przypadkach, gdy użycie siły nie jest dopuszczalne w ramach samoobrony, siłę można stosować jedynie w granicach upoważnienia, jakie dają *Rules of Engagement*.

Najważniejszymi elementami ROE są: prawo, polityka, sztuka operacyjna (taktyka i strategia), charakter i miejsce prowadzenia misji, czy operacji, rodzaj sił zbrojnych biorących udział w operacji, inne lokalne uwarunkowania. Zasady, którymi należy kierować się w procesie opracowywania ROE:

- dokonać ogólnej oceny planowanej operacji, działań;
- zapoznać się z obowiązującymi traktatami i innymi porozumieniami międzynarodowymi (szczególnie gdy planowane działania lub operacje mają charakter koalicyjny);
- przeanalizować stałe, obowiązujące ROE;
- przestudiować aktualnie obowiązujące typowe procedury działania oraz wcześniej opracowane zasady podejmowania działań z użyciem siły pod względem ich przydatności w ramach aktualnie realizowanego zadania;
- zapoznać się z planem operacyjnym (OPLAN) w celu przyjęcia koncepcji działania w ramach misji i wszystkich potencjalnych zadań;
- uwzględnić wszystkie dodatkowe, uzupełniające plany i aneksy związane z użyciem wydzielonych sił;
- przestudiować instrukcje dotyczące koordynacji i środków kontrolnych;
- zanalizować aktualną sytuację polityczną i militarną, która jest bezpośrednio związana z realizacją powierzonej misji;
- zgromadzić dodatkowe informacje, które mogą dotyczyć potencjalnych zagrożeń, wyposażenia technicznego i elektronicznego przeciwnika oraz jego uzbrojenia i taktyki⁸.

W każdym dokumencie zawierającym zasady podejmowania działań z użyciem sił zdefiniowane są następujące pojęcia:

- **użycie siły** – użycie środków przymusu bezpośredniego prowadzące do narzucenia własnej woli;
- **minimum siły** – minimalne użycie środków przymusu bezpośredniego prowadzące do natychmiastowego osiągnięcia celu;

8 G. Phillips, *Rules of Engagement: A. Primer*, „The Army Lawyer” 1993, nr 6, s. 4–27.

- **pokaz siły** (użycie lub zamiar użycia środków o charakterze fizycznym lub psychicznym, nieprowadzące do powstania obrażeń);
- **wrogie działanie** (atak lub użycie siły przeciwko danej osobie lub grupie osób, zagrażające ich życiu lub zdrowiu);
- **wrogi zamiar** (działanie zmierzające do ataku lub użycia siły przeciwko danej osobie lub grupie osób, mogące spowodować zagrożenie życia lub zdrowia);
- **samoobrona** (dozwolone jest użycie siły, włącznie z użyciem broni palnej, do obrony własnej);
- **konieczność wojskowa** (użycie wymaganej siły, skierowane zarówno przeciwko różnym obiektom wojskowym, jak i niewojskowym, niezbędne dla osiągnięcia celów prowadzonej misji lub operacji);
- **proporcjonalność** (prowadzenie działań militarnych w taki sposób, aby przypadkowe straty wśród ludności cywilnej oraz tzw. straty niezamierzone w infrastrukturze cywilnej były jak najmniejsze)⁹.

Pamiętać również należy, iż jedną z ważniejszych kwestii na etapie tworzenia ROE jest to, aby zasady użycia siły nie były zbyt restrykcyjne (utrudniałoby to realizację celów i zwiększało zagrożenie personelu) oraz zawsze gwarantowały i podkreślały prawo do samoobrony. ROE, dla zapewnienia skutecznego działania w każdej sytuacji, zarówno na czas pokoju, jak i rozwoju konfliktu zbrojnego, muszą być zwarte i elastyczne.

Proces tworzenia ROE dla sił NATO przebiega w następujący sposób. W ramach planowanej operacji NATO, po przeprowadzeniu konsultacji z przedstawicielami ONZ oraz z przedstawicielami krajów członkowskich, Rada Północnoatlantycka (NAC) upoważnia jedno z dwóch dowództw NATO: Naczelne Dowództwo Połączonych Sił Zbrojnych NATO w Europie (SHAPE – *Supreme Headquarters Allied Powers Europe*) lub Dowództwo Sił Sojuszniczych NATO ds. Transformacji (ACT – *Allied Command Transformation*), do stworzenia projektu planu operacyjnego, który jest podstawą do opracowania ROE (jest to załącznik do konkretnego planu operacyjnego OPLAN). W dalszej części ROE jest konsultowane z państwami członkowskimi.

Komitet Planowania Obronnego dostarcza politycznych wskazań dla prowadzenia operacji wojskowych, w tym upoważnienia i ograniczeń w zakresie stosowania groźby lub użycia siły zbrojnej albo podjęcia działań, które mogą być postrzegane jako prowokacyjne. W opracowaniu ROE udział biorą

⁹ US RULES OF ENGAGEMENT FOR IRAQ, 8/2007, WIKILEAKS RELEASE: APRIL 5, 2010.

SHAPE oraz podporządkowane mu organy wojskowe, których zadaniem będzie wdrażanie ROE.

Projekt ROE, po zaakceptowaniu przez Komitet Wojskowy NATO, jest przekazywany do decyzji Rady Północnoatlantyckiej, a następnie w formie tzw. ROEAUTH do kolejnych szczebli najwyższych organów wojskowych NATO w celu implementacji. Jeżeli zachodzą zmiany w obszarze prowadzenia operacji, do ROE wprowadza się odpowiednie zmiany w sposób analogiczny do opisanego powyżej trybu. Dokumentem NATO, będącym kompendium strategicznych i operacyjnych ROE oraz polityki Sojuszu jest wskazana wcześniej decyzja Komitetu Wojskowego MC 362/1 z 2003 r. ROE wydawane dla wielonarodowej operacji poddawane są każdorazowo procesom dostosowywania do uwarunkowań prawnych narodowych kontyngentów (tzw. *national restrictions*).

Fakt przyjęcia ROE przez NATO nie pozbawia państw sojuszniczych prawa do opracowania własnych reguł działania przy użyciu siły. W operacjach wielonarodowych państwa zgłaszają zastrzeżenia do sformułowanych zasad (*national caveats*), celem zwolnienia swoich żołnierzy, oddziałów z konieczności użycia siły w sposób sprzeczny z prawem krajowym. Zgłoszone zastrzeżenia nie mogą być sprzeczne z ROE wydanymi dla danej operacji ani nie mogą wykraczać poza zakres ich regulacji. Państwa zachowują uprawnienie w zakresie przyjęcia własnych ROE, o ile nie będą one wykraczać poza zakres ustanowiony przez Sojusz. Jednakże, zbyt wiele rozbieżności od ROE ustalonych dla danych operacji NATO może podważyć zasadę solidarności. Zatem ważne jest uzyskanie jednolitości ROE krajowych w ramach wielonarodowych operacji wojskowych. Każde państwo biorące udział w misji „musi mieć wspólne rozumienie pojęć ROE, np. strzałów ostrzegawczych i wrogiego zamiaru”¹⁰.

Rules of Engagement uwzględniające wymogi krajowego systemu prawa przybierają formę ROE dla danego kontyngentu narodowego i na ich podstawie opracowywana jest tzw. karta żołnierza (*ROE card*), która stanowi wyciąg z ROE, udostępniony wszystkim członkom sił zbrojnych biorących udział w operacji, w zakresie koniecznym dla wykonywania powierzonych zadań.

Opracowania ROE zawierają klauzule wskazujące na nieograniczenie prawa do samoobrony¹¹. Ponadto, ROE nie ograniczają uprawnień dowódcy

10 G. Bowens, *Legal Issues in Peace Operations*, „Parameters” 1998–1999, vol. XXVIII, s. 53.

11 MC 362/1, sec. 1.

do użycia wszelkich koniecznych i dostępnych środków dla obrony oddziału lub pojedynczych żołnierzy. Prawo do samoobrony obejmuje obronę: indywidualną, w ramach pododdziału, narodową oraz sojuszniczą. Zwykle zapisy ROE przybierają następujący kształt:

- każdy ma prawo do użycia siły z wykorzystaniem dozwolonej broni wyłącznie w obronie własnej w celu odparcia bezpośredniego zamachu na niego, innych żołnierzy, wyznaczonych osób, ludności cywilnej oraz chronionej własności;

- żadne z działań nie wyklucza bezpośredniego i natychmiastowego użycia broni, jeżeli zwłoka w jej użyciu groziłaby bezpośrednim niebezpieczeństwem dla życia lub zdrowia ludzkiego;

- żadne z postanowień ROE nie ogranicza prawa i obowiązku dowódców jednostek wojskowych aby użyć wszystkich dostępnych środków oraz podjąć stosowne działania w celu obrony podległych żołnierzy.

5.2. Międzynarodowe prawo konfliktów zbrojnych a stosowanie uzbrojenia lotniczego

Regulacje prawne dotyczące konfliktów zbrojnych mają na celu ochronę osób nieuczestniczących w działaniach o charakterze zbrojnym oraz ograniczenie stopnia przemocy do minimalnego poziomu, umożliwiającego osiągnięcie militarnego celu¹². **Międzynarodowe prawo humanitarne (MPH)** stanowi zbiór norm międzynarodowego prawa, które służą rozwiązywaniu problemów wynikających bezpośrednio z międzynarodowych lub niemiędzynarodowych konfliktów zbrojnych. Z tych względów uregulowania te ograniczają prawo stron konfliktu do stosowania metod i środków walki według własnego uznania oraz chronią osoby i mienie, które są lub mogą być zagrożone przez konflikt. Mają one zatem charakter czysto humanitarny¹³.

Międzynarodowe prawo humanitarne znane również jako prawo konfliktów zbrojnych lub prawo wojenne składa się z dwóch podstawowych filarów. Pierwszy jego trzon jest rezultatem konferencji pokojowych w Hadze w 1899

12 M. Sassòli, A.A. Bouvier, *How Does Law Protect in War*, ICRC, Geneva 1999, s. 67.

13 A. Bieńczyk-Missala, P. Grenich, *Międzynarodowe prawo humanitarne w świetle współczesnych konfliktów zbrojnych*, online – http://www.pl.ism.uw.edu.pl/wp-content/uploads/2013/02/Agnieszka-BienczykMissala-PatrycjaGrenich_MPH.pdf [dostęp: 21.09.2015].

i 1907 roku. Druga jego część stanowi prawo genewskie, którego normy zapisano przede wszystkim w konwencjach genewskich z 1949 roku¹⁴.

Choć postanowienia międzynarodowego prawa konfliktów zbrojnych istnieją już prawie 160 lat¹⁵, to w odniesieniu do działań lotnictwa zaczęły pojawiać się dużo później. Pierwsze takie regulacje umieszczono w 1899 roku w *Deklaracji w sprawie zakazu rzucania z balonów pocisków i środków wybuchowych*, przyjętej na I konferencji pokojowej w Hadze¹⁶. Na mocy tego porozumienia umawiające się strony zrezygnowały z użycia balonów jako platformy do zrzucania pocisków lub środków wybuchowych¹⁷. Pierwsze szeroko opisane międzynarodowe zasady działań wojennych wykonywanych przez lotnictwo zostały zawarte w dokumencie przyjętym przez Komisję Prawników Instytutu Prawa Międzynarodowego w Hadze 19 lutego 1923 roku. Określono w nim reguły wojny powietrznej, zasady żeglugi powietrznej w czasie konfliktu zbrojnego, oznakowanie statków powietrznych i ich załóg oraz inne zagadnienia. Jest on pierwszym dokumentem, w całości poświęconym regułom, dotyczącym działalności lotnictwa w czasie konfliktu zbrojnego. Duży nacisk położono w nim na środki rażenia. Lakonicznie potraktowane zostały kwestie używania amunicji. Zabroniono jedynie stosowania pocisków smugowych, zapalających i wybuchających. Jednakże wiele uwagi poświęcono użyciu bomb i bombardowaniu. Jasno określono, że *bombardowanie lotnicze w celu sterroryzowania ludności cywilnej albo niszczenia czy uszkodzania własności prywatnej niemającej charakteru wojskowego bądź zranienia niewalczących, jest zabronione*. Dopuszcza się je jedynie przeciwko obiektom wojskowym, których częściowe lub całkowite zniszczenie będzie stanowiło wyraźną korzyść wojskową. Poza tym jest ono dozwolone przeciw celom należącym do sił zbrojnych, takich jak: budowle wojskowe, urządzenia i składy wojskowe, fabryki stanowiące ważne ośrodki wykorzystywane do wytwarzania broni, amunicji lub wojskowego zaopatrzenia oraz szlaki komunikacyjne czy transportowe wykorzystywane w celach wojskowych¹⁸. Zabrania się bombardowania miast, osad, wsi miejsc

14 M. Sławiński, *Zjawisko collateral damage w działaniach lotnictwa* [w:] Zeszyty Naukowe Akademii Podlaskiej, Seria: Administracja i Zarządzanie Nr 86, Siedlce 2010, s. 174.

15 Pierwszym aktem międzynarodowego prawa wojennego była Deklaracja w przedmiocie prawa wojny morskiej podpisana w Paryżu w 1856 roku.

16 Zakaz ten powtórzono następnie w 1907 roku, podczas II konferencji haskiej.

17 L. Gelberg, *Prawo międzynarodowe i historia dyplomatyczna. Wybór dokumentów, wstęp i opracowanie*, t. I, PWN, Warszawa 1954, s. 292.

18 A. Górbiela (red.), *Prawo międzynarodowe. Źródła i materiały*, Katowice 1970, s. 137–143.

zamieszkania i budynków, gdy położone są w taki sposób, że mogłyby razić ludność cywilną. W takim przypadku statki powietrzne mają nakaz powstrzymać się od bombardowania. Poza rażącym oddziaływaniem na ludność cywilną ważnym jest także ochrona miejsc poświęconych kulturze, sztuce, nauce, historii oraz miejscom kultu religijnego. Poza tym treści regulacji z Hagi zapewniają ochronę szpitali i innych uprzywilejowanych budynków w czasie nocy. Dokument ten został opracowany przez komisję prawników jako projekt reguł wojny powietrznej (tzw. haskie reguły wojny powietrznej). Nie stał się on jednak prawem obowiązującym¹⁹.

Kolejnym chronologicznie analizowanym aktem międzynarodowego prawa humanitarnego odnoszącym się do kwestii środków rażenia w kontekście ich użycia jest konwencja o zakazie prowadzenia badań, produkcji i gromadzenia zapasów broni bakteriologicznej (biologicznej) i toksycznej. Zawarta ona została w Waszyngtonie, 10 kwietnia 1972 roku. Choć jej treści nie odnoszą się bezpośrednio do lotniczych środków rażenia, to określają one zakaz używania środków masowej zagłady, jaką jest broń biologiczna (bakteriologiczna) i chemiczna²⁰, których nosicielem mogą być także statki powietrzne. Zakaz ukierunkowuje rozwój i wskazuje na możliwości użycia jedynie środków konwencjonalnych.

Deklaracja o ochronie kobiet i dzieci w sytuacji stanu wyjątkowego i konfliktu zbrojnego przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne 14 grudnia 1974 roku to kolejny dokument, w treści którego odnajdujemy postanowienia dotyczące zasad stosowania środków rażenia. Punkt pierwszy tego dokumentu dotyczy ataków i bombardowań ludności cywilnej, efektem których jest niemożliwe do oszacowania cierpienie. W szczególności dotyczy ono kobiet i dzieci jako najbardziej bezbronnych członków populacji. Według niniejszych uregulowań praktyki takie powinny być zakazane i potępione. Dotyczy to również użycia broni chemicznej i biologicznej w trakcie trwania operacji militarnych. Broń ta stanowi rażące naruszenia wcześniej przytoczonych regulacji i zasad międzynarodowego prawa humanitarnego, jak również jest źródłem poważnych strat wśród ludności cywilnej, w tym bezbronnych kobiet i dzieci.

Kolejna regulacja prawa wojennego, ustanowiona 3 lata później odnosi się do środków rażenia (w tym lotniczych) w aspekcie oddziaływania ich skutków

19 *Reguły wojny powietrznej*, Haga, 19 lutego 1923 r.

20 Konwencja o zakazie prowadzenia badań, produkcji i gromadzenia zapasów broni bakteriologicznej (biologicznej) i toksycznej oraz o ich zniszczeniu, sporządzona w Moskwie, Londynie i Waszyngtonie dnia 10 kwietnia 1972 r. (DzU z 1976 nr 1, poz. 1).

na środowisko. Państwa-strony zobowiązują się do *niewykorzystania w celach militarnych lub jakichkolwiek innych celach wrogich technicznych środków oddziaływania na środowisko, powodujących rozległe, trwałe lub poważne następstwa, jako sposób powodowania zniszczeń, wyrządzenia szkód lub strat jakimkolwiek innemu państwu będącemu stroną*²¹. Techniczne środki oddziaływania na środowisko rozumiane są tutaj jako zdolne do dokonywania zmian w dynamice, składzie lub strukturze Ziemi, włączając w to jej biosferę, litosferę, hydrosferę, atmosferę i przestrzeń kosmiczną.

Kolejny akt prawa międzynarodowego podpisany w Genewie, w czerwcu 1977 roku, to Protokół dodatkowy (I) do konwencji genewskich, który odnosi się między innymi do stosowania lotniczych środków rażenia oraz ochrony ludności cywilnej. Podstawową jego zasadą jest stwierdzenie, że strony konfliktu powinny (...) *zawsze odróżnić ludność cywilną od kombatantów oraz dobra o charakterze cywilnym od celów wojskowych i w związku z tym kierować swoje operacje jedynie przeciwko celom wojskowym*²². Postanowienia tej regulacji zdecydowanie podkreślają fakt, iż ataki (takie jak bombardowanie lotnicze) muszą być dokonywane przeciwko określonemu i sprecyzowanemu wcześniej celowi wojskowemu.

Kolejne akty prawa konfliktów zbrojnych zostały sporządzone na początku lat osiemdziesiątych. Możemy wyróżnić tutaj trzy z nich, które bezpośrednio odnoszą się do środków rażenia oraz skutków ich zastosowania. Są to protokoły dodatkowe do Konwencji o broniach konwencjonalnych (tzw. Konwencji CCW)²³. W ich myśl, w czasie konfliktów zbrojnych zabronione jest używanie broni, których zasadnicze działanie polega na rażeniu odłamkami niemożliwymi do wykrycia w ciele ludzkim za pomocą promieni Roentgena (Protokół I). Drugi protokół dotyczy zakazów lub ograniczeń użycia min, min-pułapek i innych tego typu środków. Zabrania on stosowania ich w miejscach o dużym skupieniu osób cywilnych (osiedla, wsie, miasta), w których nie toczą się walki. Wyjątki stanowi ich rozlokowanie w pobliżu obiektu wojskowego, należącego

21 Konwencja o zakazie używania technicznych środków oddziaływania na środowisko w celach militarnych lub jakichkolwiek innych celach wrogich, Genewa, 18 maja 1977 r. (DzU z 1978 r. nr 31, poz. 132, artykuł 1, pkt 1).

22 Protokół dodatkowy do konwencji genewskich z 12 sierpnia 1949 r., dotyczący ochrony ofiar międzynarodowych konfliktów zbrojnych (protokół I), Genewa, 8 czerwca 1977 r. (DzU z 1992 r. nr 41, poz. 175, Dział I).

23 Konwencja o zakazie lub ograniczeniu użycia pewnych rodzajów broni konwencjonalnych, które mogą być uważane za powodujące nadmierne cierpienie lub mające niekontrolowane skutki, Genewa 10 października 1980 r. (DzU z 1984 r. nr 23, poz. 104).

do strony przeciwnej lub znajdującego się pod jego kontrolą. Drugie wykluczenie nawiązuje do sytuacji, w której podjęto środki mające na celu ochronę osób cywilnych, takie jak znaki ostrzegawcze, wartownicy oraz inne sygnały tego typu. Artykuł 5 tej regulacji zabrania używania min zdalnie ustawianych. Według zamieszczonej tam definicji jest to rodzaj środka rażenia, który ustawiany jest za pomocą: działa, rakiety, moździerza, a także zrzucany ze statku powietrznego. Wyjątek stanowi umieszczenie w nim skutecznego mechanizmu samolikwidującego. Stanowi go samoczynny lub zdalnie kontrolowany układ, którego zadaniem jest rozbrojenie miny lub jej zniszczenie. Kolejne artykuły tego aktu prawnego poruszają problem min pułapek. Zgodnie z jego treścią jest nią określone urządzenie lub materiał przeznaczony do zabijania lub ranienia, działające nieoczekiwanie i inicjowane poprzez zbliżenie się do niej lub wykonanie pozornie bezpiecznej czynności. Stosowanie tego typu środków jest zabronione. Poza tym regulacje zobowiązują strony do ewidencji planowo ustawianych pól minowych. Ich cała dokumentacja ewidencyjna powinna być zachowana przez walczące strony. Ważnym zobowiązaniem w tej sprawie jest inicjatywa udzielenia pomocy technicznej oraz materialnej konieczna do unieszkodliwienia pól minowych, min oraz min-pułapek ustawianych podczas konfliktu zbrojnego. Należy zwrócić uwagę, że zobowiązanie to dotyczy porozumienia się stron, innych państw oraz międzynarodowych organizacji.

Trzeci protokół ustaleń genewskich z 1980 roku zakazuje lub ogranicza stosowanie uzbrojenia o charakterze zapalającym. Takim środkiem, w myśl określonej w nim definicji jest nim: broń lub amunicja, która zasadniczo przeznaczona jest do powodowania pożarów obiektów lub oparzeń osób na skutek działania płomieniowego lub cieplnego albo obu jednocześnie. Przykładem takiej broni są: miotacze ognia, fugasy²⁴, pociski raketowe, granaty, miny, bomby oraz inne zasobniki z substancjami zapalającymi. Środki te nie obejmują amunicji: oświetlającej, smugowej, dymotwórczej i sygnałowej. Wykluczona jest także amunicja do przebijania, działania podmuchowego lub odłamkowego w połączeniu z dodatkowym działaniem zapalającym. Przykładem takim są pociski odłamkowe, bomby burzące lub podobna amunicja o różnorodnym działaniu. Ustanowione regulacje, niezależnie od okoliczności zabraniają

24 Fugas – prowizoryczna mina wykonana w warunkach bojowych z materiałów wybuchowych, pocisków artyleryjskich lub bomb lotniczych, Słownik Języka Polskiego SJP, online – <http://sjp.pl/fugas> [dostęp: 23.09.2015].

ataku za pomocą statków powietrznych tego typu środkami rażącymi obiekty wojskowe rozmieszczone w rejonach skupienia osób cywilnych²⁵.

Początek lat 90. ubiegłego wieku zaowocował kolejnym aktem prawa wojennego. Poświęcono w nim uwagę broni chemicznej. W styczniu 1993 roku podpisane zostało międzynarodowe zobowiązanie do zaniechania prac nad jej badaniami, składowaniem oraz potencjalnym użyciem. Regulacje te wyraźnie zakazują pomocy, zachęty oraz skłaniania innych państw do takich praktyk. Na jego mocy strony zobowiązują się do zniszczenia już posiadanych zasobów takiego uzbrojenia oraz obiektów do jej wytwarzania. Uzbrojeniem takim nazwano toksyczne związki chemiczne i ich prekursory. Do grupy tej można zaliczyć amunicję i urządzenia, zaprojektowane celowo dla spowodowania śmierci lub innej szkody poprzez toksyczne właściwości związków chemicznych.

Lata 90. przynoszą akty prawa międzynarodowego, których treści odnoszą się do uzbrojenia minerskiego. *Protokół w sprawie zakazów lub ograniczeń użycia min, min-pułapek i innych urządzeń* podpisany w Genewie 3 maja 1996 roku to kolejny akt MPH odnoszący się do elementów uzbrojenia lotniczego. Regulacja ta określa okoliczności zastosowania, ograniczenia oraz inne kwestie dotyczące min. W myśl zapisów w niej ujętych, mogą być one użyte z wyłączeniem wewnętrznych napięć i niepokojów, takich jak: rozruchy, odosobnione i sporadyczne akty przemocy oraz inne działania podobnego rodzaju, które nie są konfliktami zbrojnymi. Zatem ich zastosowanie skupia się wyłącznie na konflikcie zbrojnym. Kolejna część regulacji określa ograniczenia w użyciu min, min-pułapek i innych podobnych urządzeń. Wyraźnie zabrania się ich użycia w taki sposób, aby wywoływały one niepotrzebne cierpienia lub szkody. Poza tym niezgodne z prawem jest, aby środki takie ulegały detonacjom pod wpływem innym niż fizyczne zetknięcie się z nimi (np. pod wpływem pola magnetycznego pochodzącego od urządzenia je wykrywającego). Zabronione jest także kierowanie tego typu uzbrojenia przeciwko ludności cywilnej lub indywidualnym osobom cywilnym, a także przeciwko dobrom cywilnym, niezależnie od tego, czy ma to dziać się w celach ofensywnych, obronnych czy jako represalia²⁶. Przedmiotowy protokół opisuje także kwestie dotyczące użycia min

25 3 protokoły podpisane w Genewie 10 października 1980 r., kolejno w sprawie:

- a) niewykrywalnych odłamków (Protokół I);
- b) zakazów lub ograniczeń użycia min, min-pułapek i innych urządzeń (Protokół II);
- c) zakazów lub ograniczeń użycia broni zapalających (Protokół III).

26 M. Flemming, J. Wojciechowska, *Zbrodnie wojenne. Przestępstwa przeciwko pokojowi, państwu i obronności. Rozdział XVI, XVII, XVIII kodeksu karnego. Komentarz*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 1999, s. 555–571.

przeciwpiechotnych. Znajdują się w nim zapisy zakazujące stosowania niewykrywalnych tego typu środków. Miny zdalnie stawiane, muszą posiadać skuteczny mechanizm samozniszczenia lub samounieczynnienia²⁷, a także dodatkowe urządzenia służące do ich rozbrojenia, mające na celu ich zneutralizowanie, w przypadku kiedy przestają służyć celom militarnym.

Rok później została opublikowana kolejna międzynarodowa regulacja, nawiązująca do użycia min – tzw. traktat ottawski. Jego celem była potrzeba spowodowania zminimalizowania skutków użycia min przeciwpiechotnych. W preambule tej konwencji możemy odnaleźć zapis: należy [...] *zdecydowane sprawić, by ustały cierpienia i straty w życiu ludzkim spowodowane przez miny przeciwpiechotne, które zabijają lub kaleczą każdego tygodnia setki osób, w większości niewinne osoby cywilne i bezbronne, zwłaszcza dzieci, hamują gospodarczy rozwój i odbudowę, stanowią przeszkodę w repatriacji uchodźców i osób przesiedlanych na określonym terytorium, wywołują inne poważne następstwa przez wiele lat po ich rozmieszczeniu*. Treści te pokazują bardzo duże zagrożenie związane z użyciem takich środków. W związku z tym w 1992 roku założona została Międzynarodowa Kampania na rzecz Zakazu Min Przeciwpiechotnych (ang. *International Campaign to Ban Landmines* – ICBL). Jej nadrzędnym celem było wprowadzenie zakazu stosowania tego typu uzbrojenia. Na mocy stworzonej regulacji wszystkie państwa członkowskie zobowiązały się nie tylko do zaniechania stosowania, produkowania oraz nabywania, ale także do zniszczenia wszystkich min przeciwpiechotnych, będących w ich posiadaniu. Obecnie ze 194 państw świata traktat ottawski podpisało 163 z nich, co należy uznać za światowy sukces²⁸.

Poddając analizie akty międzynarodowego prawa konfliktów zbrojnych należy zwrócić uwagę na stanowisko Unii Europejskiej w tym względzie. W 2005 roku zostały opublikowane wytyczne UE w sprawie promowania przestrzegania międzynarodowego prawa humanitarnego²⁹. Akt ten zdecydowanie podkreśla filary funkcjonowania wspólnoty europejskiej, którymi są: wolność, demokracja, poszanowanie praw człowieka i podstawowych jego wolności. Według wspólnoty stały się one także asumptem do promowania

27 Samounieczynnieniem nazywamy automatyczny proces, w którym urządzenie staje się niesprawne na skutek nieodwracalnego wyczerpania się jednego elementu, istotnego dla jego działania (np. ogniwa zasilające), *ibid.*, s. 560.

28 https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVI-5&chapter=26&lang=en [dostęp: 6.10.2015].

29 DzUrz UE C 327 z dnia 23 grudnia 2005 r.

i przestrzegania MPH. Powstały ze względu na zachowanie balansu pomiędzy potrzebami militarnymi i kwestiami humanitarnymi. Treści zawarte w niniejszej regulacji są ogólnikowe i zwracają jedynie uwagę na dalszą potrzebę respektowania prawa, szczególnie w stosunku do osób, które nie biorą bezpośredniego udziału w konflikcie – ludności cywilnej.

Podsumowując należy zwrócić uwagę, że międzynarodowe prawo konfliktów zbrojnych posiada dwa główne źródła. Pierwsze z nich to przytoczone akty prawne, konwencje, traktaty, z drugiej zaś strony tworzy je prawo zwyczajowe. Jest ono tworem praktyki państw, które przyjmują je za obowiązujące. Do dodatkowych źródeł należy zaliczyć orzeczenia trybunałów międzynarodowych i opinie ekspertów. Nie mniej jednak, w odniesieniu do lotniczych środków rażenia, na podstawie analizy każdego z aktów można uogólnić kilka obowiązujących reguł:

a) lotnicze środki rażenia powinny być używane tylko i wyłącznie do wcześniej określonych celów wojskowych. W szczególności dotyczy to ustawiania min oraz wykonywania bombardowań;

b) zakazuje się używania broni innej niż konwencjonalna (broń palna, granatniki, rakiety, min, bomby, których rażenie spowodowane jest wybuchem kruszącego ładunku wybuchowego);

c) zakazuje się użycia oraz gromadzenia broni masowego rażenia (biologicznej, chemicznej i atomowej);

d) zabronione jest użycie środków rażenia przeciwko obiektom kultury oraz w sposób niszczący środowisko naturalne;

e) miny powinny w swojej konstrukcji zawierać skuteczne mechanizmy umożliwiające ich samozniszczenie, samounieczynnienie lub rozbrojenie. W szczególności dotyczy to min przeciwpancernych, uważanych za wyjątkowo niebezpieczne.

W tym miejscu można wskazać na kilka kontrowersyjnych przykładów zastosowania międzynarodowego prawa konfliktów zbrojnych.

Pomiędzy marcem a czerwcem 1999 roku Sojusz Północnoatlantycki NATO (ang. *North Atlantic Treaty Organization*) rozpoczął operacje lotniczą pod kryptonimem *Allied Force*. Skierowana była ona przeciwko Federalnej Republice Jugosławii w celu zmuszenia rządu do zakończenia represji wymierzonej w ludność albańską zamieszkującą Kosowo oraz wymuszenie procesu demokratyzacji w państwie. Operacja polegała na użyciu sił powietrznych sojuszu w celu rażenia obiektów, których zniszczenie miało skutecznie zredukować potencjał bojowy jugosłowiańskiej armii. W trakcie prowadzonych działań 12 kwietnia 1999 roku jednym z celów był most kolejowy na rzece Južna Morava, około 300 km na południe od Belgradu. Pilot

samolotu bojowego *F-15E Strike Eagle* otrzymał zadanie rażenia obiektu. W jego kierunku wystrzelił kierowany pocisk raketowy klasy powietrze-ziemia. Podczas trwania misji bojowej przez most przejeżdżał pociąg, w którym znajdowali się pasażerowie. System sterowania rakieta zmienił cel, którym stał się pociąg. Pocisk raził, go, pozostawiając most użytecznym. Pilot w celu wykonania misji wystrzelił drugi z kierowanych pocisków, który drugi raz trafił w pociąg. W wyniku tego incydentu śmierć poniosło 10 osób³⁰ (w tym dziecko i kobieta w ciąży). Kolejnych 16 pasażerów odniosło poważne obrażenia. Dowodzący Dowództwem Sojuszniczym ds. Operacji w Europie (ang. *Supreme Allied Commander Europe – SACEUR*), amerykański generał Wesley Clark po zaistniałym incydencie oświadczył, że podczas ataku pociąg jechał zbyt szybko. Poza tym pilot, z uwagi na zbyt dużą odległość od celu nie mógł go rozpoznać wzrokowo. Wystrzelenie drugiego pocisku natomiast tłumaczone było jako wypadek. Według relacjonującego pociąg przemieszczał się w kłębach kurzu i dymu, a pilot miał poniżej minuty na ponowną reakcję³¹.

23 sierpnia 2009 roku amerykański bezzałogowy statek powietrzny MQ-1 Predator, zdalnie sterowany przez operatora CIA, wystrzelił w kierunku budynku położonego w niewielkiej wiosce na terenie Pakistanu dwa pociski raketowe AGM-114 Hellfire. Założyciel i przywódca ugrupowania – Ruch Talibanu w Pakistanie Baitullah Mehsud przebywał w towarzystwie swojej żony, teściów i wuja na dachu posiadłości. Działacz podejrzewany był o zabójstwo byłej premier Benazir Bhutto w grudniu 2007 roku oraz ataki bombowe, między innymi w hotelu Marriot w Islamabadzie. W momencie ataku terrorysta chorujący na cukrzycę i chorobę nerek podłączony był do aparatury medycznej. Opiekę nad nim sprawował wuj, będący lekarzem. W wyniku ataku raketowego, jego ciało rozerwane zostało na strzępy. Zginęli też jego teściowie, żona oraz siedmioosobowa ochrona³².

W pierwszym z omawianych przypadków w przypadku prowadzenia ataku przy użyciu sił powietrznych należało przestrzegać zasady proporcjonalności³³,

30 T. Youngs, P. Bowers, *Kosovo: Operation „Allied Force”*, House of Commons Library Research Paper 99/48, s. 19.

31 A. van Engeland, *Civilian or Combatant? A Challenge for the 21st Century*, Oxford, New York 2011, s. 18–20.

32 J. Mayer, *The Predator War: What are the risks of the C.I.A.’s covert drone program?*, „The New Yorker”, 26 October 2009.

33 **Zasada proporcjonalności** (ang. *proportionality*) jest jedną z kilku reguł obowiązujących przy podejmowaniu decyzji o wyborze celów oraz doborze środków do ich skutecznego rażenia. W jej myśl [...] żaden atak nie może być rozpoczęty, a każdy atak rozpoczęty musi być wstrzymany, jeżeli prognozowane całkowite straty i zniszczenia

a przed jego prowadzeniem dokonać dokładnego rozpoznania, tak aby uzyskane informacje były dokładne i umożliwiały jego właściwe zaplanowanie. Ponadto wojskowe statki powietrzne mogą być wykorzystane jedynie na oddziały wojskowe lub cele naziemne przeciwnika, jeśli podjęte zostały wymagane środki ostrożności gwarantujące ludności cywilnej odpowiednią ochronę. Należy zatem unikać zadawania strat ludności cywilnej i niszczenia dóbr o charakterze cywilnym³⁴.

Duże wątpliwości budzi tutaj także argumentacja dowództwa NATO odpowiedzialnego za zaplanowanie i przeprowadzanie misji. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że minimalizacja ofiar cywilnych w operacji była jednym z głównych deklarowanych przez NATO postulatów. Zgodnie z oświadczeniami sojuszu użycie broni zmierzające do ograniczenia liczby cywilnych ofiar do minimum, były uwzględniane na każdym etapie prowadzonych działań³⁵.

Drugi z omawianych przypadków, w kontekście międzynarodowego prawa wojennego jest kontrowersyjny. Niektóre agencje, takie jak *Amnesty International*³⁶ uznaje ten oraz podobne tego typu przypadki za zbrodnie wojenne. Należy zwrócić tutaj uwagę, że oprócz zamachowca w ataku zginęły osoby cywilne, które powinny być, a nie były o nim ostrzeżone. Należy także zauważyć, że misja prowadzona była przez statek powietrzny należący do Sił Zbrojnych USA, lecz sama jego misja zlecona była przez agencję CIA³⁷, co także budzi wątpliwości, co do jej legalności w obliczu międzynarodowego prawa konfliktów zbrojnych.

niezamierzone byłyby nadmierne w stosunku do spodziewanych korzyści wojskowych. Przedmiotem oceny nie jest korzyść spodziewana do osiągnięcia w wyniku pojedynczego działania, ale korzyść sumaryczna ataku lub obrony rozważanych jako całość, na podstawie dokumentu doktrynalnego – *Połączone operacje powietrzne...*, op. cit., s. 16.

34 L.C. Green, *The contemporary law of armed conflict*, Manchester 2000, s. 191.

35 *The crisis in Kosovo*, online – <http://www.hrw.org/legacy/reports/2000/nato/Natbm200-01.htm> [dostęp: 9.10.2015].

36 **Amnesty International** – jest międzynarodową agencją pozarządową, której celem działalności jest zapobieganie naruszeniom praw człowieka.

37 **Centralna Agencja Wywiadowcza** (ang. *Central Intelligence Agency* – CIA) jest amerykańską niezależną agencją rządową, której głównym zadaniem jest pozyskiwanie i analiza informacji o zagranicznych rządach, korporacjach i osobach w celu zapewnienia bezpieczeństwa narodowego, online – <https://www.cia.gov/about-cia/> [dostęp: 7.10.2015].

5.3. Zjawisko *collateral damage* w aspekcie wykorzystania środków rażenia

Collateral damage jest amerykańskim zwrotem określającym straty wśród ludności cywilnej, powstałe na skutek działań prowadzonych podczas konfliktów zbrojnych³⁸. Definicja tego zjawiska po raz pierwszy została opublikowana przez Agencję Kontroli Zbrojeń i Rozbrojenia Stanów Zjednoczonych (ang. *Arms Control and Disarmament Agency – ACDA*) w 1975 roku. Według niej są to *szkody w otoczeniu, dotyczące zasobów ludzkich i środków materialnych zarówno wojskowych, jak i niewojskowych, będące skutkiem uderzeń kierowanych szczególnie przeciwko wojskom przeciwnika lub jego obiektom wojskowym*³⁹. Współcześnie oficjalnie obowiązująca definicja znajduje się w nomenklaturze NATO. W słowniku terminów i definicji hasło – *collateral damage* określa straty i zniszczenia niezamierzone. Zgodnie z niniejszymi zapisami to *przypadkowe ofiary i zniszczenia w obszarach cywilnych, spowodowane działaniami militarnymi*⁴⁰.

Oczywistym wydaje się fakt, że ograniczenia *collateral damage* dotyczą bezpośrednio środków bojowych używanych podczas konfliktów zbrojnych. W kwestii technicznej nie ma wątpliwości, że nowoczesne systemy naprowadzania oraz co raz to dokładniejsze i bardziej selektywne rażenie celów ma duże odzwierciedlenie w skutkach jego użycia. Nie jest to jednak wszystko. Wydaje się, że ważne jest także dokładne przeanalizowanie i zaplanowanie celów. Zgodnie z narodową doktryną⁴¹ podczas planowania takich działań należy kierować się kilkoma zasadami. Reguły te są wynikowymi respektowania międzynarodowego prawa konfliktów zbrojnych oraz zasad użycia sił – ROE. Pierwszą z nich jest potrzeba użycia siły (ang. *military necessity*), stanowiąca o ich użyciu, których wielkość i rodzaj podlega potrzebie wymuszania posłuszeństwa na przeciwniku w jak najkrótszym czasie, niezbędnym do jak najmniejszego narażenia życia. W jej myśl używa się w niej sił i środków niezabronionych, a zatem dozwolonych, które są narzędziem pod kontrolą uprawnionego do ich stosowania dowódcy.

38 M. Sławiński, *Zjawisko collateral damage...*, op. cit., s. 190.

39 SALT lexicon. Revis ed. Washington, DC: US Arms Control and Disarmament Agency, 1975.

40 AAP-6 (2014). *Słownik terminów i definicji NATO zawierający wojskowe terminy i ich definicje w NATO*, s. 92.

41 *Połączone operacje...*, op. cit., s. 15.

Kolejną regułą jest zasada humanitaryzmu (ang. *humanity*). Wymusza ona na decydencie dobór odpowiednich środków, zapewniających osiągnięcie zamierzonego celu przy założeniu minimalizacji strat osobowych i cierpień wśród ludności cywilnej. Łączy ona ze sobą możliwość realizacji dozwolonych celów wojskowych z ochroną życia i zdrowia ludzkiego przed nadmiernym cierpieniem⁴². Następną zasadą dotyczy rozróżniania celów i obiektów cywilnych (ang. *distinction*). Narzuca ona na dowódcy zdecydowany obowiązek odróżniania celów wojskowych od obiektów cywilnych. Ponadto atakowanie nie może być prowadzone, jeżeli jego skutki mogą negatywnie oddziaływać jednocześnie na obiekty cywilne i cele wojskowe. Kolejną jest zasada odpowiedzialności (ang. *responsibility*). Określona jest ona przepisami prawa nałożonymi na odpowiedzialnego dowódcę, w którego kompetencjach jest planowanie i użycie środków bojowych. Nakazuje ona na każdym etapie tych procesów zachowanie szczególnej uwagi i troski o ochronę osób cywilnych oraz ich mienia. Narzuca ona także zachowanie wszelkich dostępnych środków ostrożności w momencie podejmowania decyzji o użyciu uzbrojenia. Ostatnią z reguł rządzących planowaniem operacji powietrznych przy użyciu uzbrojenia jest zasada proporcjonalności, która opisana została we wcześniejszym podrozdziale niniejszego opracowania.

W celu ochrony ludności cywilnej przed atakami lotnictwa, wykorzystywane były różne formy i sposoby działań. Jedną z nich stosowano między innymi w operacji pod kryptonimem *Cast Lead*, prowadzonej na przełomie grudnia 2008 i stycznia 2009 roku. W czasie jej trwania, odnotowano przypadki, kiedy to siły izraelskie wykonywały telefon do ludzi, z ostrzeżeniem że miejsce lub rejon, który zamieszkują został nominowany do zniszczenia. Oprócz tego powszechnym stała się procedura – **pukania w dach** (and. *roof knocking, knock on the roof*)⁴³. Polegała ona na wykonywaniu uderzenia środkami o małym wagomiarze (np. za pomocą moździerzy) lub zupełnie pozbawionych materiału wybuchowego. Następnie po upływie krótkiego czasu stosowano skuteczniejsze środki bojowe, zazwyczaj z dużymi możliwościami rażącymi. Działanie takie miały na celu umożliwienie ucieczki ludności

42 K. Kowalczevska, „Bardziej niż maszyn potrzebujemy człowieczeństwa”. *Kilka refleksji nad zasadą humanitaryzmu w świetle propagandy wojennej*, „Kultura Bezpieczeństwa. Nauka – Praktyka – Refleksje” 2015, nr 18, s. 88–94.

43 Israel „Roof Knocking” Video Raises Question: Warning Or Human Rights Violation?, online – <http://www.ibtimes.com/israel-roof-knocking-video-raises-question-warning-or-human-rights-violation-1628734> [dostęp: 14.10.2015].

cywilnej, a zarazem były dla niej ostrzeżeniem, że za kilka minut nastąpi właściwy atak⁴⁴. Pomimo że w takich przypadkach nie wszyscy mieszkańcy zdążyli opuścić nominowane do zniszczenia miejsce⁴⁵, często umierając pod ruinami budynków, to i tak praktykowana „procedura” dawała skutek i pozwoliła na ochronę życia cywilów. Na uwagę zasługuje też fakt, że podczas planowanych ataków wielu mieszkańców Izraela ściągnęło na smartfony aplikację o nazwie czerwony alarm (ang. *Red Alert*). W czasie prowadzonych tam ataków pobrano ją 2 miliony razy. Miała ona możliwość wymiany danych z systemem ostrzegania armii Izraela, powiadamiając cywili o ataku tuż przed jego wykonaniem. Taka metoda przyczyniała się do ocalenia ich życia.

Techniki stosowane przez siły izraelskie podczas prowadzenia ataków lotniczych, w ocenie ekspertów klasyfikowane są jako kontrowersyjnie. Logicznym wydawałoby się, że służą one wyłącznie ochronie życia cywilów, co bezpośrednio wynika także z respektowania aktów międzynarodowego prawa konfliktów zbrojnych. Praktyki takie zostały potępione przez agencje zajmujące się poszanowaniem praw człowieka. Przykładem takiej organizacji jest *Amnesty International*, która wyraziła temu zdecydowany sprzeciw. Według niej zasoby cywilne mogły być celowo wykorzystywane do ochrony konkretnych lokalizacji obiektów oraz wyposażenia wojskowego, stanowiąc „żywą tarczę”. Zauważono także, że podczas wielu planowanych natarć nie przestrzegano zasady proporcjonalności, a odbyte ataki miały charakter zmasowanych⁴⁶.

W obliczu wymogu ograniczenia strat wśród ludności cywilnej, powstałych na skutek działań militarnych i akceptowalności ich na pewnym, niskim poziomie, istnieje kilka możliwości jego ograniczenia. Oczywistym wydają się względy techniczne. Jednym z rozwiązań mogłyby być konstrukcje, w których siła rażenia środków uzbrojenia byłaby ograniczona. Przykładem takiego środka jest *GBU-53/B Small Diameter Bomb II (SDB II)*. Wążąca 93 kg bomba jest lżejsza od przeciętnie używanej kilkakrotnie. Mały wagomiar oraz zaawansowane systemy sterowania i kierowania, pozwalają na selektywne jej użycie i rażenie wybranego celu, nawet jeśli jest to pojedynczy samochód, poruszający się w kolumnie bądź w terenie zurbanizowanym. Próby tego środka

44 M. Sławiński, *Zjawisko collateral damage...*, op. cit., s. 189.

45 W jednym z ataków, mających miejsce w strefie Gazy czas pomiędzy ostrzeżeniem a właściwym atakiem wyniósł zaledwie 1 minutę i 8 sekund.

46 J. Bowen, *I saw no evidence of Hamas using Palestinians as human shields*, online – <http://www.newstatesman.com/world-affairs/2014/07/jeremy-bowens-gaza-notebook-i-saw-no-evidence-hamas-using-palestinians-human> [dostęp: 16.10.2015].

zostały pozytywnie zakończone, a ich pierwsze seryjne dostawy przewidziane są na sierpień 2016 roku. Pełna integracja do planowanych platform, takich jak *F-35 Joint Strike Fighter* nastąpi w 2017 roku⁴⁷.

Obecnie trwają także prace nad możliwością wykorzystania przez lotnictwo broni nieśmiercionośnej. Stanowi je takie uzbrojenie, w którego konstrukcji zamiast materiału kruszącego i wywoływania przez niego w czasie detonacji fali detonującej wykorzystuje ona koherentną wiązkę energii elektromagnetycznej dużej mocy. Jest to idealne rozwiązanie do powstrzymania przeciwnika poprzez wywołanie opóźnienia jego działań oraz zdezorientowanie go. Obecnie z uwagi na problemy techniczne, między innymi, takie jak znaczna masa generatorów do wytwarzania energii oraz zbyt mała ich moc, broń wiązkowa nie jest jeszcze wykorzystywana w lotnictwie. Ścisłe tajny program amerykańsko-izraelskiego konsorcjum oznaczony kryptonimem THEL (ang. *Tactical High Energy Laser*) przewiduje w przyszłości stosowanie działek laserowych w samolotach *F-22 Raptor*. Broń o mocy wynoszącej 150 kilowatów będzie najprawdopodobniej gotowa do zaimplementowania dopiero w 2022 roku⁴⁸. Środki uzbrojenia wykorzystujące energię skierowaną, implementowaną w platformach powietrznych, klasy powietrze-ziemia mogą stanowić rozwiązania w dalszej perspektywie czasu.

Kolejną kwestią w aspekcie ograniczenia *collateral damage* jest kwestia szkoleń i poczucia świadomości osób biorących udział w planowaniu oraz wykorzystywaniu lotniczych środków bojowych. Oczywistym wydaje się szkolenie z zakresu międzynarodowego prawa humanitarnego. W niektórych państwach, takich jak USA jest ono obligatoryjne i odbywa się przynajmniej raz w roku. Co ciekawe, może ono odbywać się na odległość, za pomocą przygotowanej strony internetowej. Jego zakres uzależniony jest od pełnionego stanowiska służbowego⁴⁹. Rozsądne, z uwagi na różną interpretację prawa, wydaje się korzystanie z pomocy fachowców – wykwalifikowanych prawników. Poza tym świadomość karna decydentów, wynikająca między innymi z zasady odpowiedzialności, przełożyła by się na efektywne planowanie misji z użyciem lotniczych środków rażenia. Takie rozwiązania, mimo poniesionych kosztów

47 *Fewer aircraft, greater effectiveness*, online – <http://www.raytheon.com/capabilities/products/sdbii/> [dostęp: 16.10.2015].

48 J. Dunnigan, *Laser Weapons for the F-22*, online – <https://www.strategypage.com/militaryforums/478-2348.aspx#startofcomments> [dostęp: 16.10.2015].

49 *Air Force Instruction 51-401, Training and Reporting to Ensure Compliance with the Law of Armed Conflict*, Department of the Air Force, Virginia 2011, s. 1.

mogłyby okazać się pomocne i wymierne. Z uwagi na posiadanie i eksploatawanie nowoczesnego uzbrojenia ważne jest posiadanie wiedzy o jego możliwościach i właściwym użyciu. Ich charakterystyki powinny być przyswojone i zrozumiane przez operatorów, tak aby użycie dostosowywało poziom siły do rażonych efektów, zważając także na skutki jego zastosowania. Do celów takich można wykorzystywać systemy komputerowe oraz inne aplikacje, które powinny w najbardziej realny sposób odzwierciedlać realia działania środków (np. za pomocą symulacji komputerowych).

Podając tematycznie ograniczeń w stosowaniu lotniczych środków bojowych, poprzez stosowanie się do międzynarodowego prawa konfliktów zbrojnych oraz innych uregulowań prawnych, a także militarnych, takich jak ograniczenie zjawiska *collateral damage* warto odnieść się do wpływu mediów. Zgodnie z założeniem, stoją one na straży demokracji, praworządności, sprawując przy tym funkcję kontrolną. Jednym z obszarów ich działalności jest przekaz informacji z miejsc prowadzenia działań wojennych do społeczności na całym świecie. Szeroko nagłaśniane sytuacje, w których łamane jest międzynarodowe prawo humanitarne, czy takie w których na skutek prowadzenia operacji ponosi śmierć wiele osób cywilnych⁵⁰, przynoszą wymierne korzyści. Eskalacja śmierci cywilów, w szczególności z powodu działań bojowych lotnictwa przyniosła tzw. **efekt CNN**, który przyczynił się do zmniejszenia strat wśród ludności cywilnej oraz zwiększenia respektowania prawa humanitarnego. W naukach społecznych jest terminem dość nowym, określającym wpływ przekazu medialnego (w szczególności telewizji i prasy) na podejmowane przez rządzących decyzje polityczne⁵¹, a właściwie ich zaniechaniu lub ograniczeniu. Między innymi dzięki takim, nienagannym działaniom mediów zostały one określone mianem „czwartej władzy”, określając przez to ich siłę, jaką zdobyły one w społeczeństwach demokratycznych. Poza wpływem na decyzję decydentów politycznych i wojskowych media wymuszają stosowanie właściwego planowania, rozpoznania celów oraz precyzyjnego uzbrojenia lotniczego używanego w kontrolowany sposób, umożliwiający rażenie tylko i wyłącznie celu nawet jeśli znajduje się on w terenie zurbanizowanym czy innej lokalizacji, związanej z ryzykiem pozbawienia życia ludności cywilnej.

50 Przykładem jest nalot bombowy przeprowadzony przez samoloty F-117, 13 stycznia 1991 roku na bunkier Al-Firdos w Iraku, w którym zginęło 408 osób cywilnych szukających w nim schronienia.

51 W. Rodak, *Efekt CNN: wpływ mediów na interwencje zbrojne Stanów Zjednoczonych w Afganistanie, na Haiti i w Liberii*, FEPS WORKING PAPERS 8/2008.

Drugim z kierunków, wyznaczonych przez działania mediów jest intensyfikacja prac w ramach programów rozwoju broni nieśmiercionośnej. Dwa narysowane kierunki rozwoju lotniczych środków rażenia, z dużym prawdopodobieństwem, kontynuowane będą w przyszłości.

5.4. Proces nominacji celów uderzeń (targeting)

W arsenałach wielu armii świata bardzo ważną rolę odgrywają różnego rodzaju środki bojowe przeznaczone do rażenia obiektów na lądzie i w wodzie. W zbiorze tych środków mogą znajdować się zarówno zaawansowane technicznie i kosztowne bronie precyzyjne zdolne do niszczenia celów z bardzo dużą dokładnością, jak i niekierowane bomby i pociski raketowe – tańsze, lecz przez wzgląd na mniejszą celność, groźniejsze dla sąsiedztwa atakowanych obiektów. Obok środków bojowych niszczących zasileniowo⁵², siły zbrojne dysponują środkami zdolnymi do rażenia informacyjnego lub psychologicznego, nie powodującymi zniszczeń trudnych do zaakceptowania przez współczesne społeczeństwa. Olbrzymi potencjał niszczący drzemiący w tych środkach wraz z potencjałem broni sił lądowych, morskich i specjalnych skierowany przeciwko rozważnie dobranym obiektom może wywołać skutki, których suma przyczyni się do osiągnięcia założonych celów wojny (kampanii, operacji). Zagadnieniami wyboru tych obiektów zajmuje się targeting wojskowy⁵³ ukierunkowany na obiekty położone na lądzie i w wodzie. Zgodnie z definicją *targeting jest to proces wyznaczania i przydzielania celów do rażenia, oparty na selekcji celów i wyznaczania właściwych środków do ich zwalczania, uwzględniający wymagania prowadzonej operacji oraz możliwości bojowe posiadanych sił i środków rozpoznania i rażenia*⁵⁴. Inna definicja określa targeting jako wybór celów i środków ich niszczenia. Proces wybierania celów

52 „Zasileniowo niszczy ten, kto wyzwała w tym celu zakumulowaną w pocisku energię mechaniczną, elektryczną, magnetyczną, świetlną, cieplną, jądrową i chemiczną”, zob.: J. Konieczny, *Cybernetyka walki*, PWN, Warszawa 1970, s. 94.

53 Targeting jest pojęciem stosowanym także m.in. w marketingu, ekonomii (ang. *inflation targeting*) raz biologii molekularnej, gdzie oznacza odpowiednio: definiowanie segmentów docelowych – odbiorców produktów; niedopuszczanie do przekroczenia założonego poziomu inflacji poprzez dobór i modyfikowanie czynników ją kształtujących; wyizolowanie komórek (patologicznych, innych istotnych) i dobór metod, środków i sposobów oddziaływania na nie w celu osiągnięcia pożądaných skutków.

54 DD/3, *Doktryna prowadzenia operacji połączonych*, MON/SG WP, 2004, pkt 5088.

i dobierania odpowiednich działań przeciwko nim, w zależności od wymagań i zdolności operacyjnych⁵⁵. W uproszczeniu *targeting* oznacza zgodny z celami, zamiarami i wytycznymi dowódców proces wyznaczania i selekcji obiektów rażenia, ich hierarchizowanie według przyjętych priorytetów, dobór rodzaju kierowanych przeciwko nim działań wraz z określaniem pożądanego stopnia niszczenia oraz ocenę uzyskanych efektów. Obiektami rażenia w *targetingu* mogą stać się ludzie, rzeczy i relacje podatne na niszczenie zasileniowe, informacyjne i psychologiczne. Natomiast przedmiotem *targetingu* jest⁵⁶:

- identyfikacja istotnych obiektów rażenia;
- rozpoznanie zidentyfikowanych obiektów;
- wartościowanie obiektów ze względu na cele wojny (strategiczne: polityczne i wojskowe, operacyjne, taktyczne);
- określanie wymaganego stopnia porażenia obiektów ze względu na cele wojny;
- dobór odpowiednich środków ze względu na wymagany stopień porażenia obiektu;
- określenie sposobu działania ze względu na możliwości środków rażenia;
- ocena skutków rażenia;
- rozważenie ponownego działania w aspekcie osiągniętych efektów.

Wybór obiektów uderzenia determinowany jest wieloma czynnikami, od decyzji i ograniczeń politycznych poczynając, poprzez cele wojskowe, zasady użycia siły, prawo konfliktów zbrojnych, potrzeby poszczególnych rodzajów sił zbrojnych czy działań zbrojnych, charakter obiektów ataku (stacjonarne, mobilne) na opinii publicznej (efekt CNN, straty uboczne) kończąc. Zbiór tych czynników nie może być zbiorem zamkniętym, gdyż będzie on ulegał zmianom w zależności od rodzaju operacji i rzeczywistej sytuacji. Bardzo silne związki pomiędzy celami działań a wyborem obiektów uderzeń określają, jakie są lub mogą być cele *targetingu*. W ujęciu najbardziej ogólnym i syntetycznym, celem *targetingu* jest dostarczanie dowódcom wszystkich szczebli dowodzenia metodycznych narzędzi pozwalających na wypracowanie takich rozwiązań problemu użycia sił w kampanii, operacji czy bitwie, w wyniku których osiągnięte zostaną założone cele działań. Proces *targetingu* jest pewnym logicznym ciągiem następujących po sobie działań, których efekty wspierają

55 AAP-6(2007), *Słownik terminów i definicji NATO*, BWSN, 2006.

56 A. Czupryński, *Wybrane problemy targetingu na poziomie operacyjnym* [w:] „*Targeting w procesie dowodzenia. Materiały z sympozjum naukowego – 7 kwietnia 2004*”, AON, Warszawa 2004, s. 59.

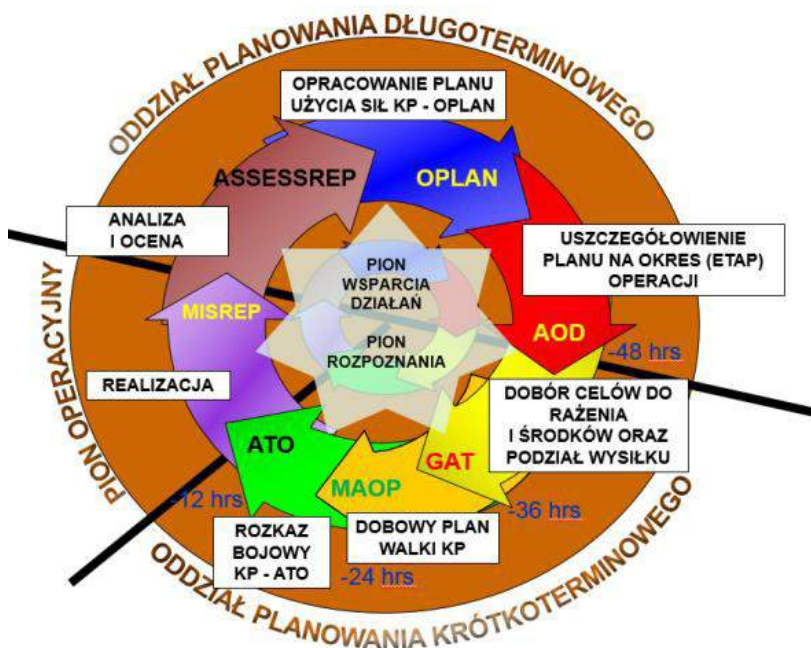
proces decyzyjny w sposób zapewniający spójność podejmowanych w walce decyzji z celami działań. Targeting w siłach połączonych realizuje dwa rodzaje funkcji – zewnętrzne i wewnętrzne. Funkcje zewnętrzne – integrująca, koordynująca, synchronizująca i regulująca – wspierają system dowodzenia wojskami. Do grupy drugiej należą funkcje wyróżnione ze względu na ich cechy systemowe, a mianowicie cele cząstkowe, których suma składa się na cel targetingu. Realizacja **funkcji integracyjnej** przez organa targetingu w wojskowym systemie dowodzenia sprowadza się do zaprojektowania i wdrożenia:

- podsystemu (systemu) planowania targetingu, scalającego analogiczne podsystemy rodzajów sił zbrojnych (komponentów);
- podsystemu (systemu) informowania dowódców i wykonawców o planowanych działaniach i potrzebach;
- powiązań między tymi systemami.

Realizacja **funkcji koordynacyjnej** przez organa targetingu w systemie dowodzenia to wykonywanie określonych czynności sprzęgających na różnych szczeblach dowodzenia komponenty operacji połączonych w czasie opracowywania planów, organizowania, jak i egzekwowania ustaleń dotyczących użycia niszczących i nieniszczących środków bojowych różnych komponentów przeciwko obiektom uderzeń położonych na powierzchni ziemi lub wody. Stanowi przyczynę, której skutkiem (efektem końcowym, stanem pożądanym) jest zgodna z celami działań efektywność użytych środków bojowych.

Realizacja **funkcji synchronizacyjnej** przez organa targetingu w systemie dowodzenia polega na hierarchizowaniu elementów zbioru obiektów ataku, na które będą oddziaływać siły zbrojne wg kolejności ich rażenia tak, aby najlepiej przyczynić się do osiągnięcia celów dowódcy. **Funkcja regulacyjna** targetingu w systemie dowodzenia polega na wykrywaniu i eliminowaniu (ograniczaniu wpływu) czynników mogących zakłócić (zakłócających) proces targetingu lub jego etapy. Czynnikiem takimi mogą być kolidujące potrzeby wojsk wywołane zmianami w sytuacji taktycznej podczas walki, różne od zaplanowanych efekty użycia niszczących i nieniszczących środków bojowych, nadmierne zniszczenia uboczne itd.

Cykl targetingu połączonego realizowany w NATO składa się z sześciu faz (rys. 12), bazujących na zasadach efektywności i skuteczności targetingu sił połączonych. Cykl skupia opcje targetingu wojskowego na celach operacyjnych dowódcy sił połączonych, a jednocześnie na zmniejszeniu prawdopodobieństwa wystąpienia nieoczekiwanych następstw podejmowanych decyzji.



Opracowanie własne.

Rys. 12. Przebieg procesu targetingu na szczeblu komponentu powietrznego

Faza 1 – Analiza celów, wytycznych i zamiaru dowódcy (ang. *analysis of the commander's objectives, guidance and intent*).

1) wytyczne ze szczebla politycznego, strategicznego i operacyjnego ukierunkowują proces targetingu. Pierwszą czynnością jest przetransponowanie celów operacyjnych, wytycznych i zamiaru Dowódcy Operacyjnego SZ/dowódcy sił połączonych na adekwatne zadania, logicznie i bezpośrednio odnoszące się do całościowego, oczekiwanego stanu końcowego operacji.

Faza 2 – Ustalanie obiektów, ocena, nominowanie i hierarchizowanie. (ang. *target development, validation, nomination, and prioritisation*)

1) ustalanie obiektów – zawiera analizę przeciwnika, w celu rozstrzygnięcia i określenia potencjalnych obiektów, których skuteczne rażenie pozwoli osiągnąć założone cele operacyjne Dowódcy Operacyjnego SZ/dowódcy sił połączonych;

2) ocena – ocena obiektu prowadzona jest w celu ustalenia zgodności z celami operacji dowódcy, wytycznymi, zamiarem i odpowiednim prawem międzynarodowym. Ocena obiektu weryfikuje także dokładność i wiarygodność wszystkich informacji źródłowych służących analizie w procesie ustalania obiektu do rażenia;

3) nominowanie – z chwilą zidentyfikowania potencjalnych obiektów do rażenia i zakończenia ich oceny, są one przedstawiane do zatwierdzenia właściwemu dowódcy;

4) hierarchizowanie – nominowanym celom nadawane są priorytety w oparciu o cele operacyjne dowódcy, wytyczne i zamiar, w celu zwiększenia efektów wykorzystania zdolności sił połączonych i zminimalizowania prawdopodobieństwa niezamierzonych i potencjalnie nieoczekiwanych następstw.

Faza 3 – Analiza zdolności (ang. *capabilities analysis*). W zależności od zamierzonych do osiągnięcia celów operacji, analiza zdolności zawiera zarówno opcje oddziaływania środkami śmiertcionośnymi, jak i nieśmiertcionośnymi. Pozwoli to komórkom dowództwa sił połączonych, na jasne określenie potrzeb zdolności środków rażenia, jak i możliwie wszystkich dostępnych opcji ich użycia, na podstawie których możliwe będzie oparcie ostatecznej decyzji o wyznaczeniu sił i środków.

Faza 4 – Planowanie i wyznaczanie sił (ang. *force planning and assignment*). W tej fazie integrowane są rezultaty analizy zdolności sił i środków oraz analizy możliwych rezultatów ich użycia w stosunku do zhierarchizowanych wcześniej celów. Jest to podstawa w planowaniu i prowadzeniu operacji oraz wykonywaniu oddzielnych zadań, które wspomagają osiągnięcie celów operacji Dowódcy Operacyjnego SZ/dowódcy sił połączonych.

Faza 5 – Planowanie i realizacja zadań. Za prowadzenie tej fazy odpowiedzialni są dowódcy sił wydzielonych do operacji podlegli Dowódcy Operacyjnemu SZ oraz dowódcy komponentów podlegli JFC. Faza ta zajmuje się bezpośrednim planowaniem działań taktycznych i rażeniem celów. Zawiera koordynację użycia niezbędnych sił i środków do prowadzenia oceny przedmiotowego rażenia.

Faza 6 – Ocena (ang. *assessment*).

1) proces oceny służy do określania postępu wykonania zadań/misji przez siły połączone i jest procesem ciągłym, prowadzonym na wszystkich szczeblach dowodzenia. Wysiłki ocen szczebla strategicznego i operacyjnego koncentrują się na szerszych zadaniach, efektach, celach i zaawansowaniu działań w kierunku oczekiwanego stanu końcowego;

2) ocena szczebla taktycznego skupia się na zwalczaniu celów i wykonaniu zadania. Ocena działań bojowych (ang. *combat assessment* – CA) jest przykładem oceny szczebla taktycznego i skupia się na określeniu skutków użycia uzbrojenia (z jego zdolnościami do oddziaływania ze skutkiem śmiertelnym i bez takich zdolności). Ocena działań bojowych składa się z trzech wzajemnie oddziałujących na siebie składników: oceny strat i zniszczeń bojowych

(ang. *battle damage assessment* – BDA), oceny efektywności uzbrojenia (ang. *Weapons effectiveness assessment* – WEA) oraz rekomendacji do dalszego procesu targetingu i ewentualnego ponownego rażenia celów.

3) mierniki efektywności (ang. MOE) w operacjach wojskowych są definiowane jako narzędzia używane do oceny osiągniętych rezultatów w czasie całej misji i wykonania postawionego zadania. MOE są ustalane przed prowadzeniem oceny, która zwykle ma miejsce na taktycznych, operacyjnych i strategicznych szczeblach działań.

Targeting krótkoterminowy – proces wymagający zastosowania zaawansowanych technologicznie środków pozyskiwania, przetwarzania i dystrybucji informacji wywiadowczych/rozpoznawczych, dowodzenia i innych, włącznie ze zdolnością realizacji tych funkcji w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do rzeczywistego.

Proces targetingu krótkoterminowego jest realizowany tak samo, jak proces targetingu dynamicznego. Składa się z sześciu następujących po sobie etapów: wykrycia (ang. *find*), namierzenia (ang. *fix*), śledzenia (ang. *track*), zakwalifikowania jako cel (ang. *target*), zwalczania (ang. *engage*) i oceny (ang. *assess*), w języku angielskim oznaczany skrótowcem F2T2EA. F2T2EA jest procesem racjonalnym, w większości bazującym na wcześniej zdobytych danych i wytworzonych informacjach, zwykle przechowywanych w łatwo dostępnych bazach danych do natychmiastowego wykorzystania. Dostęp do właściwych (dedykowanych) systemów teleinformatycznych sprawia, że większość czynności planistycznych przed rozpoczęciem misji oraz niektóre zadania procesu targetingu mogą być wykonane z wyprzedzeniem, we współpracy z innymi podmiotami. Opracowane, gotowe produkty są przechowywane do późniejszego wykorzystania, wydatnie skracając długotrwałość kolejnych etapów procedowania obiektów wrażliwych czasowo. Końcowe planowanie wykonawstwa, które nie może być sfinalizowane przed zdobyciem szczegółowych informacji o obiekcie (np. jego identyfikacja i lokalizacja) może być realizowane przez wielu wykonawców równocześnie z wykorzystaniem technologii wymiany informacji w czasie zbliżonym do rzeczywistego, co dalej redukuje długotrwałość końcowych etapów procesu targetingu. W ogólnym zarysie proces F2T2EA obejmuje:

1) wykrycie – na ten etap składa się głównie zbieranie informacji w ramach rozpoznawczego opracowania przestrzeni walki, realizowane dedykowanymi środkami rozpoznania, dozoru obszaru i działań rozpoznawczych (ISR) jak i niekonwencjonalnymi (samolotowe zasobnikowe systemy nawigacyjno-celownicze, pokładowe odbiorniki ostrzegające o opromieniowaniu wiązką radiolokacyjną, czy siły specjalne). Wstępne wykrycie potencjalnego obiektu

wrażliwego czasowo inicjuje czynności zmierzające do ustalenia, czy wykryty obiekt zasługuje na poświęcenie mu dalszej uwagi lub zmiany w aktualnie realizowanym planie. Wynikiem etapu wykrycia jest nominowanie obiektu do dalszego procedowania w rozpoczętym, tym samym cyklu procesu targetingu krótkoterminowego;

2) namierzenie – istotą tego etapu jest identyfikacja i lokalizacja geograficzna obiektu (zwykle poprzez krzyżowe namierzanie i syntezę informacji wywiadowczych), co pozwala na wstępną ocenę ryzyka. Wynikiem etapu namierzenia jest zlokalizowany i potwierdzony zgodnie z wytycznymi JFC obiekt rażenia wrażliwy czasowo;

3) śledzenie – w czasie tego etapu ustalany jest priorytet w przydziale sensorów rozpoznawczych do obserwacji obiektu i kontynuowane jest jego śledzenie. Śledzenie trwa nieprzerwanie od etapu namierzenia do oceny zakończonego powodzeniem oddziaływania na obiekt rażenia wrażliwy czasowo;

4) zakwalifikowanie jako cel – czynności zrealizowane w tym etapie mają dostarczyć informacji pozwalających na ostateczne zatwierdzenie rażenia celu wrażliwego czasowo i postawienie zadań systemowi broni wybranego komponentu. Zanim decyzja o ataku zostanie podjęta, sprawdzana jest jego zgodność z obowiązującymi zasadami użycia siły lub czy nie spowoduje on nadmiernych od akceptowalnych niezmiernych strat i zniszczeń lub nie zagrozi obiektom zabronionym (NSL) i zastrzeżonym (RTL). Jednocześnie identyfikowane są i uzgadniane kolidujące z innymi działaniami następstwa planowanego ataku. Dopasowanie skutków pożądaných do wywołania na obiekcie z możliwościami dostępnych sił i środków prowadzi do wyboru najlepszego w danych warunkach systemu broni, a zakończenie oceny ryzyka, między innymi ułatwi ustalenie wielkości i składu sił do wykonania zadania;

5) zwalczanie – w etapie tym zostaje wydany i przekazany wykonawcom rozkaz do zwalczania celu, a działania podejmowane przez wykonawców są monitorowane;

6) ocena – w czasie etapu oceny zbierane są i analizowane informacje pozwalające ocenić zniszczenia spowodowane atakiem (BDA), a na tej podstawie można stwierdzić, czy efekty ataku zostały osiągnięte lub czy podjęte działania doprowadziły do pożądaných skutków. Wynikiem etapu jest potwierdzenie osiągnięcia sukcesu misji lub podjęcie decyzji o ponownym ataku.

Na szczeblu jednostki lotniczej powinno realizować się pięć zasadniczych funkcji związanych z targetingiem:

- planowanie misji;
- konstruowanie i uaktualnianie folderu misji;

- studiowanie obiektów uderzeń przez załogi lotnicze;
- przygotowanie i prowadzenie odprawy po wykonaniu misji, ocena efektów działań i przygotowanie meldunków rozpoznawczych;
- identyfikacja potrzeb jednostek dotyczących informacji o obiektach uderzeń (składanie zapotrzebowań na materiały rozpoznawcze, ich przechowywanie i udostępnianie).

5.5. Warunki użycia uzbrojenia lotniczego

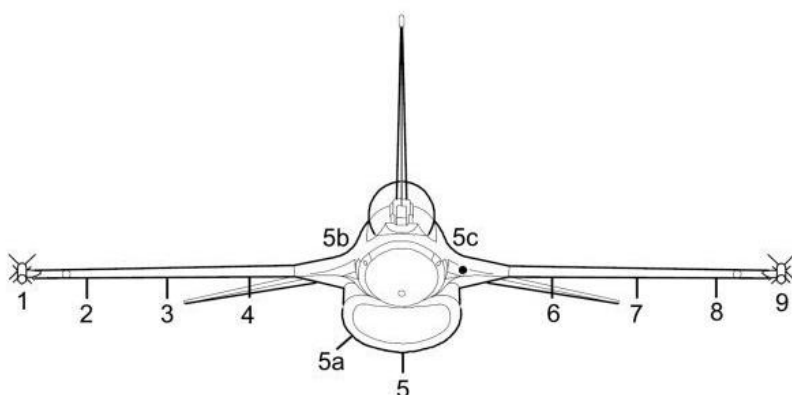
Warunki użycia uzbrojenia lotniczego to zespół wzajemnie powiązanych czynników mających wpływ na wymagania wobec systemów uzbrojenia, ich możliwości bojowe w konkretnych warunkach bojowych oraz odpowiednia nominacja celów (targeting) oraz dobór uzbrojenia do realizowanego zadania (weaponering). Warunki użycia uzbrojenia lotniczego kształtują:

- sytuacja operacyjno-taktyczna;
- przestrzeń działań;
- warunki klimatyczne.

W czasie pokoju mogą występować tylko hipotetyczne zagrożenia militarne z powietrza (samoloty wojskowe, rakiety balistyczne lub skrzydlate) oraz zagrożenia terrorystyczne z powietrza. Do przeciwdziałania tym zagrożeniom niezbędne jest utrzymanie statków powietrznych w gotowości do wykonywania misji Air Policing. Gotowość do reagowania na naruszenie przestrzeni powietrznej państwa oraz zagrożenia terroryzmu powietrznego wymagają natychmiastowego działania. Wydzielone jednostki lotnicze – Bazy Lotnictwa Taktycznego – pełnią dyżur bojowy stale przez 24 godziny na dobę zgodnie z „Planem pełnienia dyżurów bojowych w Zintegrowanym Systemie Obrony Powietrznej i Przeciwrakietowej NATO (NATINAMDS) oraz Narodowym Systemie Obrony Powietrznej (OP RP)”. Każdy z samolotów posiada szczegółową konfigurację wyposażenia i odpowiedni wariant uzbrojenia. Możliwe warianty uzbrojenia dla samolotu bojowego F-16 C/D Block 52+ przedstawia rys. 13.

W czasie kryzysu militarnego użycie uzbrojenia lotniczego zależeć będzie od sytuacji operacyjno-taktycznej, rodzaju, składu i wyposażenia wojsk przeciwnika, a nade wszystko od rodzaju obiektu uderzeń. Rażone obiekty będą miały również zróżnicowane charakterystyki. Szereg z nich cechować będzie wysoka odporność na rażenie. Będą one w większości celami o małych rozmiarach, często zmieniającymi położenie, maskowanymi i osłanianymi

przez środki OPL. W strefie działań bojowych występować będą także obiekty stałe lub o charakterze stacjonarnym, takie jak lotniska i lądowiska wraz z infrastrukturą, mosty i przeprawy przez przeszkody wodne, stacje kolejowe i przeładunkowe, obiekty logistyczne oraz inne obiekty infrastruktury obronnej. Uzbrojenie lotnicze może być również użyte do zwalczania celów nawodnych. Obiektami uderzeń mogą być okręty bojowe, okręty desantowe podczas przejścia morzem, a także desant morski na środkach przeprawowych podczas wysadzania na brzeg. Będą one osłaniane przez środki OPL okrętów oraz lotnictwo myśliwskie.



1	2	3	4	5	5a	5b	5c	6	7	8	9
	AIM-9X			Zbiornik 300 GAL.	SNIPER	Zbiornik CFT	Zbiornik CFT			AIM-9X	
	AIM-9X		Zbiornik 370 GAL.		SNIPER			Zbiornik 370 GAL.		AIM-9X	
AIM-9X				Zbiornik 300 GAL.	SNIPER	Zbiornik CFT	Zbiornik CFT				AIM-9X
AIM-9X			Zbiornik 370 GAL.		SNIPER			Zbiornik 370 GAL.			AIM-9X

Źródło: <http://www.pwm.org.pl/viewtopic.php?f=3&p=268791>.

Rys. 13. Zestaw uzbrojenia dla samolotu F-16 C/D podczas pełnienia dyżuru bojowego

Do obiektów, które mogą być rażone w czasie realizacji ofensywnego zwalczania potencjału powietrznego, zalicza się przede wszystkim: systemy uzbrojenia i obiekty wojskowe oraz urządzenia i instalacje dowodzenia/kierowania. W skład systemu uzbrojenia i obiektów użyteczności bojowej wchodzi:

1) statki powietrzne (samoloty, śmigłowce oraz bezzałogowe statki powietrzne);

2) lotniska, bazy operacyjne i związana z nimi infrastruktura oraz lotniskowce. Obiekty te charakteryzują się różnym stopniem podatności na uderzenia. Są one z reguły rozmieszczone w tylnej strefie działań, a jednocześnie dobrze bronione i umocnione. Zniszczenie (obezwładnienie) tych obiektów w istotny sposób wpływa na zdolność przeciwnika do wykonywania lotów bojowych. Do elementów najbardziej wrażliwych na uderzenia należy zaliczyć:

a) elementy systemu dowodzenia i łączności,

b) pomieszczenia pracy personelu,

c) drogi startowe i kołowania,

d) hangary,

e) obiekty obsługi technicznej,

f) miejsca składowania środków bojowych, materiałów pędnych i smarów (MPS) itp.;

3) pociski i wyrzutnie raket balistycznych i manewrujących wraz z infrastrukturą zabezpieczającą ich funkcjonowanie. Ofensywne zwalczanie potencjału powietrznego jest najskuteczniejsze, gdy prowadzone jest wobec ww. raket przed ich wystrzeleniem. Uderzenia wyprzedzające mające na celu zniszczenie raket, wyrzutni, miejsc składowania i innej infrastruktury wspierającej w znacznym stopniu ograniczają zdolność przeciwnika do jej użycia;

4) zlokalizowane stanowiska naziemnych (nawodnych) systemów obrony powietrznej (SBAD) przeciwnika. Powinny być one zniszczone lub obezwładnione, jeśli ich działanie ma wpływ na prowadzenie operacji. Ponadto cele te muszą podlegać szczegółowej analizie, aby upewnić się, że uderzenie jest skierowane na kluczowy element systemu. Może także wystąpić konieczność wyeliminowania wszystkich zlokalizowanych stanowisk SBAD w danym obszarze, w celu oczyszczenia korytarzy przelotu dla statków powietrznych biorących udział w innych operacjach. Neutralizacja poszczególnych aktywnych stanowisk przyczynia się do tworzenia luk w systemie obronnym przeciwnika zapewniając jednocześnie swobodę manewru wojskom własnym. Stworzenie takich luk zmusza przeciwnika do wykorzystania innych środków (lub przesunięcia środków z innych rejonów), a w konsekwencji osłabia jego ogólną zdolność do realizacji przedsięwzięć związanych z obroną powietrzną;

5) systemy walki radioelektronicznej⁵⁷ (ang. *electronic warfare systems*). Kategoria ta obejmuje środki zdolne do przeciwdziałania radioelektronicznego⁵⁸ (ang. *electronic countermeasures – ECM*). Środki te mogą być rozmieszczone w powietrzu, na łodzi, wodzie lub w kosmosie. Są one celami opłacalnymi do zniszczenia i podatnymi na uderzenia, chociaż trudnymi do wykrycia.

W ramach urządzeń i instalacji dowodzenia/kierowania wyróżnia się:

1) systemy dowodzenia i kierowania⁵⁹ (ang. *command and control system – C2S*). Obiekty wchodzące w skład tego systemu są zazwyczaj umocnione, jednak niektóre ich elementy są narażone nie tylko na bezpośredni atak, ale również na przedsięwzięcia walki radioelektronicznej. Na współczesnym polu walki, dowodzenie wojskami jest w dużym stopniu zależne od: systemów łączności i informatyki oraz stosowania określonych procedur. W związku z tym uniemożliwienie sprawowania funkcji dowodzenia lub wykorzystania środków łączności w znacznym stopniu utrudnia lub uniemożliwia prowadzenie operacji. Powtarzające się zatem uderzenia, które prowadzą do eliminacji środków dowodzenia mogą doprowadzić do rozproszenia wysiłku przeciwnika;

2) system obserwacji przestrzeni powietrznej i kierowania środkami walki, który obejmuje: punkty naprowadzania, stacje radarowe wczesnego ostrzegania wraz z urządzeniami je wspierającymi (np. systemy łączności). Obiekty te są istotne dla zapewnienia przeciwnikowi świadomości sytuacyjnej i zdolności do kierowania jego siłami. Zniszczenie lub obezwładnienie tych systemów zmniejsza zdolność przeciwnika do wykrywania, reagowania i wywierania wpływu na operacje prowadzone przez wojska własne. Z tego powodu te obiekty powinny stanowić wysoki priorytet w czasie planowania i realizacji ofensywnego zwalczania potencjału powietrznego.

57 Walka radioelektroniczna to działania wojskowe wykorzystujące energię elektromagnetyczną w celu uzyskania świadomości sytuacyjnej oraz osiągnięcia efektów ofensywnych lub defensywnych (na podstawie AAP-6 2014 (PL), s. 158).

58 Przeciwdziałanie radioelektroniczne (ang. *electronic countermeasures – ECM*) to wszelkie przedsięwzięcia ukierunkowane na obniżenie możliwości lub całkowite uniemożliwienie efektywnego wykorzystywania spektrum elektromagnetycznego przez przeciwnika poprzez użycie energii elektromagnetycznej (na podstawie DD-3.6(B) „Walka radioelektroniczna”, s. 400).

59 System dowodzenia i kierowania to zespół urządzeń, metod i procedur oraz, jeśli potrzeba, stanu osobowego umożliwiający dowódcom i sztabom realizację dowodzenia i kierowania (na podstawie AAP-6 2014 (PL), s. 103).

Ważnym czynnikiem użycia uzbrojenia lotniczego są warunki atmosferyczne związane z obszarami klimatycznymi. Założyć można użycia uzbrojenia lotniczego w następujących strefach klimatycznych:

- środkowoeuropejskim;
- atlantyckim;
- śródziemnomorskim;
- kontynentalnym;
- polarnym;
- gorącym i pustynnym.

Klimat śródziemnomorski obejmuje kraje położone nad Morzem Śródziemnomorskim i charakteryzuje się łagodnym i wilgotnym półroczem chłodnym. Odznacza się przewagą cyrkulacji zachodniej powodującej gwałtowne zmiany pogody i częste opady frontalne. Stąd okres najwyższych opadów przypada od jesieni do wiosny, kiedy notuje się 3/4 rocznej ich sumy, która wahają się od 200 do 220 mm. Średnio w ciągu roku występuje od 90 do 100 dni z opadem deszczu. Zimą średnia temperatura wynosi od 8°C do 10°C a latem od 23°C do 25°C. W okresie tym, ze względu na możliwość występowania niższych podstaw chmur oraz słabej widzialności wykonywanie lotów na samolotach bojowych może być utrudnione. Lata są suche, słoneczne, ciepłe lub upalne, gdyż dominują wtedy napływy zwrotnikowych mas powietrza. W 45% przeważa wiatr z kierunków wschodnich a średnia prędkość wynosi 3–5 m/s.

Klimat atlantycki obejmuje głównie kraje położone w Europie Zachodniej i charakteryzuje się niewielkimi amplitudami temperatury w ciągu roku oraz stosunkowo dużymi opadami. Temperatura średnia waha się od 10°C do 12°C, w miesiącach letnich wynosi ok. 18°C a zimą 5°C. W ciągu roku występuje średnio 26 dni z przymrozkiem. Średni opad waha się od 240 do 260 mm. W 50% przeważają wiatry z kierunków zachodnich o prędkości 7–9 m/s.

Klimat środkowoeuropejski ma cechy pośrednie między typem atlantyckim i kontynentalnym. Charakterystyczne dla niego są częste zmiany pogody związane z działalnością cyklonalną z przewagą cyrkulacji zachodniej i rosnącemu ku wschodowi klimatowi kontynentalnemu. Średnia roczna temperatura waha się od 8°C do 10°C, w miesiącach letnich od 18°C do 20°C, zimą od 0°C do –2°C. W ciągu roku przez około 90 dni występują temperatury poniżej 0°C. Wysokość opadów waha się od 450 do 550 mm. W ciągu roku przez 150 dni występują opady, w tym 47 dni z opadem śniegu. W 52% przeważają wiatry z kierunków zachodnich o średniej prędkości 4–6 m/s.

Klimat kontynentalny wschodnio-europejski występuje w Europie Wschodniej, głównie w Rosji, Białorusi i na Ukrainie. Notowane temperatury wykazują

duże amplitudy roczne, opady średnio wynoszą 300 mm, przypadają przeważnie na lato, zimy są długie i mroźne, a lata są ciepłe. Temperatura średnia miesięcy letnich wynosi od 10°C do 15°C. Średnia temperatura miesięcy zimowych spada do -10°C. W ciągu roku przez 180 dni występują opady, w tym 140 dni z opadem śniegu. W 50% przeważają wiatry z kierunków zachodnich, średnia prędkość wynosi 4–6 m/s.

Charakterystyczne dla klimatu atlantyckiego, środkowoeuropejskiego oraz kontynentalnego we wschodniej Europie jest znaczne zachmurzenie oraz niskie podstawy chmur i słaba widzialność w okresach jesienno-zimowych. Mogą one ograniczać użycia uzbrojenia lotniczego, szczególnie w sytuacjach poszukiwania i zwalczania małowymiarowych, często zmieniających położenie, maskowanych obiektów naziemnych i morskich oraz podczas prowadzenia rozpoznania powietrznego.

Klimat polarny charakteryzuje się skrajnie niskimi temperaturami i niewielkimi opadami. Średnia temperatura w zimie wynosi około -12°C, podczas krótkiego lata wzrasta zaledwie do 8°C. Opady, w przeważającej części śniegu, są niskie średnio 450 mm rocznie, lecz liczba dni z opadem śniegu wynosi około 200. W ciągu roku przez średnio 130 dni temperatura nie przekracza 0°C.

Trudne warunki atmosferyczne, które mogą występować we wszystkich rodzajach klimatów, utrudniają lub uniemożliwiają wykonanie zadań bojowych przez lotnictwo. Dodatkowym czynnikiem utrudniającym wykonanie zadań przez lotnictwo są niekorzystne zjawiska atmosferyczne takie jak opady śniegu, deszczu czy duże zapylenie atmosfery w warunkach pustynnych. Czynniki te będą wpływały na zmniejszenie skuteczności użycia lotniczych środków bojowych, wydłużenie procesu przygotowania samolotów do wykonania misji oraz odtwarzania ich gotowości bojowej.

Możliwe jest również użycia uzbrojenia lotniczego w warunkach klimatu gorącego i pustynnego charakteryzującego się wysokimi temperaturami w dzień, znacznymi spadkami temperatury w nocy oraz burzami piaskowymi. Średnioroczne opady deszczu są bardzo niskie, a pełne zachmurzenie występuje bardzo rzadko. Częstym zjawiskiem są burze piaskowe, trwające nawet do kilku dni. Wysokie temperatury wpływają na zmniejszenie natężenia działań oraz utrudniają obsługiwanie samolotów.

Jak dowodzą minione konflikty zbrojne, środowisku walki przypisuje się szczególną rolę w prowadzeniu operacji powietrznej oraz wykorzystanie uzbrojenia. Odzwierciedleniem kompleksowości przyszłej walki będzie charakter i natura środowiska (przestrzeni), w której będzie ona prowadzona.

W przyszłości wkroczy ona niemalże w każdy obszar ludzkiej aktywności i obejmie obszary odmienne od klasycznego pola walki charakteryzowanego przez szerokość, głębokość oraz wysokość. Obok tradycyjnych, fizycznych geoprzestrzeni jak ląd, woda, przestrzeń powietrzna do prowadzenia walki będą wykorzystywane sfery pozbawione parametrów geograficznych, niemierzalne i nieograniczone takie jak wirtualna przestrzeń cybernetyczna oraz sfera informacyjna. Te wymiary czasoprzestrzenne (środowiska) będą się na siebie nakładać i wzajemnie uzupełniać tworząc jednolitą, nieznaną do tej pory przestrzeń walki. W tym miejscu, zasadne jest udzielenie odpowiedzi na następujące pytanie: w jaki sposób poszczególne środowiska wpływać będą na użycie uzbrojenia lotniczego?

W teorii przedmiotu pojęcie środowiska definiuje się w różny sposób, jednakże najpowszechniej określa się nim:

a) ogół wszystkich czynników otoczenia (ożywionych i nieożywionych), mniej więcej jednolitych na danym terenie, oddziałujących na organizmy żywe, ulegających zmianom pod wpływem tych organizmów⁶⁰;

b) zbiór wszystkich obiektów (także ich atrybutów oraz relacji między tymi atrybutami), które nie zostały zaliczone do rozważanego systemu⁶¹;

c) dopełnienie wyróżnionego systemu do całej przestrzeni, czyli zbiór wszystkich obiektów (wraz z ich atrybutami oraz relacjami między tymi atrybutami), które ze względu na przyjęte kryteria przynależności do systemu, nie zostały do niego zaliczone⁶²;

d) ogół elementów nieożywionych i ożywionych, zarówno naturalnych, jak i powstałych w wyniku działalności człowieka, występujących na określonym obszarze oraz ich wzajemne powiązania, oddziaływania i zależności.

Na podstawie powyższych definicji można stwierdzić, iż środowisko walki, będzie rozumiane jako ogół elementów ożywionych i nieożywionych, powstałych w wyniku działalności człowieka oraz sił natury, występujących w określonym obszarze, którego elementy istnieją we wzajemnych powiązaniach, pozostają we wzajemnym oddziaływaniu oraz we wzajemnej zależności.

Wymiar lądowy obejmuje naturalne i sztuczne formy terenu. Do głównych przeszkód naturalnych w aspekcie militarnym zaliczane są: lasy, rzeki, jeziora, kanały, bagna, wzniesienia terenowe i góry. Natomiast urządzenia

60 S. Dubisz, *Uniwersalny słownik języka polskiego*, Warszawa 2003, s. 731.

61 B. Petrozolin-Skowrońska, *Norwa encyklopedia powszechna PWN*, t. 6, Warszawa 1996, s. 257.

62 B. Kaczorowski, *Wielka encyklopedia PWN*, t. 27, Warszawa 2005, s. 47.

hydrotechniczne, drogi komunikacyjne, sieć kolejowa, rejony zurbanizowane, obiekty przemysłowe, wyrobiska, kopalnie, ogrody, sady i parki zaliczane są do tzw. sztucznych (wybudowanych przez użytkowników) obiektów terenowych. Należy wskazać, iż wymienione formy terenu mogą stanowić istotną przeszkodę w realizacji zadań lotniczych oraz efektywne wykorzystanie uzbrojenia lotniczego. Typowymi formami przeszkód są m.in.: góry, rzeki, strome wzniesienia, gęste lasy, tereny zurbanizowane, pojedyncze budowle np. wieże. Przeszkody naturalne zmieniają czasami swoje znaczenie w zależności od kierunku podejścia (np. góra o stromym stoku z jednej strony i łagodnym z drugiej). Przeszkody umiejscowione poprzecznie do kierunku marszu przeciwnika sprzyjają obrońcom, gdyż powodują spowolnienie tempa atakujących wojsk. Z kolei przeszkody usytuowane równoległe do kierunku ataku mogą pomóc w osłonie skrzydeł nacierających wojsk, ale również „kanalizują” działania. Duże znaczenie w rozważaniach dotyczących wykorzystania uzbrojenia lotniczego mają obszary zwiększające czy też ograniczające możliwości manewrowe (dla systemów ogniowych OP, stacji radiolokacyjnych, logistyki, stanowisk dowodzenia itp.) i miejsc ich rozmieszczenia. Ograniczenia stanowić mogą obszary górzyste i zalesione, mosty, urządzenia i budynki przemysłowe, zabudowa miejska, rzeki i jeziora, węzły komunikacyjne itp. Na efektywność wykorzystania uzbrojenia wpływać także będzie rzeźba i ukształtowanie terenu szczególnie w aspekcie rozchodzenia się energii elektromagnetycznej.

Środowisko wodne, to obszary jezior, oceanów i mórz oraz rejonów przybrzeżnych (litoralnych), obejmujące przestrzenie podwodną, nawodną i powietrzną (nadwodną). Obszar ten charakteryzuje się określonymi cechami, które bezpośrednio i pośrednio mogą wpływać na użycie uzbrojenia lotniczego. Zgodnie z założeniami doktrynalnymi w zakresie operacyjnego użycia Sił Powietrznych NATO zawarte w doktrynie powietrznej Sojuszu *AJP-3.3(A) Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations* operacje powietrzne realizowane mogą być na korzyść Marynarki Wojennej (*Air Power Contribution to Maritime Operations*) w ramach:

- a) działań przeciwko siłom nawodnym (*Antisurface Warfare*);
- b) działań przeciwko siłom podwodnym (*Antisubmarine Warfare*);
- c) minowanie z powietrza (*Aerial Mining*)⁶³.

63 *AJP-3.3(A) Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations*, Section V - Core Air and Space Power Activities, NSA 2009, pkt 0119–0145.

Wymagać to zatem będzie organizacji odpowiedniego systemu rażenia zdolnego do realizacji zadań w tym środowisku walki. Środowisko wodne charakteryzuje bowiem szereg czynników fizyczno-geograficznych, które zidentyfikować można jako: geograficzne, klimatyczne i oceanograficzne⁶⁴. Wśród czynników geograficznych wskazać należy na umiejscowienie akwenu wodnego na danej półkuli ziemskiej oraz jego wielkość. Obszar charakteryzujący się niższą temperaturą sprzyjać będzie propagacji fal radiowych, z kolei wielkość akwenu wpływać będzie na realizację zadań przez lotnictwo, a także na zasięg środków łączności (czym dalej od brzegu tym zasięg mniejszy).

Strefa powietrzna jest zazwyczaj charakteryzowana niejako przy okazji dwóch pozostałych, najczęściej w odniesieniu do cech klimatu. Stąd często stosowane w różnorodnych publikacjach określenie *powietrzno-łądowe* lub *powietrzno-morskie środowisko walki*. Przestrzeń powietrzną można umownie podzielić ze względu na warstwy atmosfery: troposfera, stratosfera, mezosfera, termosfera i egzosfera.

Loty wojskowych statków powietrznych odbywają się w pierwszej i drugiej warstwie atmosfery ziemskiej (troposferze i stratosferze). Istotną przeszkodą w działaniach lotnictwa jest pułap praktyczny statków powietrznych. To ograniczenia w istotny sposób wpływa także na prowadzenie łączności pomiędzy naziemnymi stanowiskami dowodzenia, a statkami powietrznymi. Innym istotnym determinantem są warunki atmosferyczne. Temperatura i wilgotność także mają olbrzymi wpływ na działania lotnictwa, gdy występują one w ekstremalnych wartościach. Obydwa te czynniki mają wpływ na gęstość powietrza – obniżając efektywność systemów napędowych samolotów, a jednocześnie zwiększając zużycie paliwa i zasadnicze zmniejszenie ładunku użytecznego samolotów. Ekstremalna temperatura oraz wilgotność powodują poważne utrudnienia w utrzymaniu sprzętu lotniczego, w tym łączności we właściwym stopniu sprawności technicznej.

Podczas omawiania wpływu środowiska powietrznego na środki rażenia należy także mieć na uwadze iż, zasięg środków rozpoznania i łączności będzie ograniczony przez horyzont (krzywiznę, wypukłość powierzchni ziemi).

Cyberprzestrzeń jest domeną fizyczną, której cechą charakterystyczną jest brak ograniczeń geograficznych i geopolitycznych. Pojęcie cyberprzestrzeni

⁶⁴ A. Makowski, *Uwarunkowania działalności sił morskich na Bałtyku – aspekty strategiczno-obronne i prawo międzynarodowe*, rozprawa habilitacyjna, Gdynia 1994; Biuletyn Informacyjny nr 2(160), Sztab Gen. WP, Warszawa 1994; Z. Kuczymański, *Obrona wybrzeża morskiego*, Warszawa 1996.

zaprezentował w 1984 roku William Gibson w powieści „Neuromancer”, a z początkiem lat 90. weszło ono do powszechnego użytku. Wtedy też, Philip Elmer DeWitt opisał cyberprzestrzeń jako przypominającą poziom form idealnych Platona, przestrzeń metaforyczną, rzeczywistość wirtualną. Definicja cyberprzestrzeni zamieszczona w dokumencie JP 1-02 odnosi się do *wyobrażanego środowiska, w którym informacje w cyfrowej postaci są udostępniane przez sieci komputerowe*⁶⁵. Inna zaś definicja określa *cyberprzestrzeń jako domenę charakteryzującą się wykorzystaniem elektroniki i spektrum elektromagnetycznego w celu gromadzenia, modyfikacji i wymiany danych przez systemy sieci oraz towarzyszącej fizycznej infrastruktury*⁶⁶. Dokonując ich analizy można zaobserwować ewolucję pojęcia cyberprzestrzeni, gdzie w pierwszej z definicji wskazuje się, że do udostępniania informacji cyfrowych wykorzystuje się jedynie sieci komputerowe, w drugiej zaś – wskazuje się na większą gamę urządzeń elektronicznych, sieci i towarzyszącej fizycznej infrastruktury (nie jest ona ograniczona jedynie do sieci komputerowych). Z kolei w nowej Ustawie z dnia 2011 r. o zmianie ustawy o stanie wojennym oraz o kompetencjach Naczelnego Dowódcy Sił Zbrojnych i zasadach jego podległości konstytucyjnym organom Rzeczypospolitej Polskiej oraz niektórych innych ustaw⁶⁷ przyjęto podejście umiarkowanie praktyczne do zdefiniowania cyberprzestrzeni, aby maksymalnie ułatwić wykorzystywanie jej w praktycznych pracach wdrożeniowych (decyzjach, planach i programach). Definiuje się ją zatem jako *przestrzeń przetwarzania i wymiany informacji tworzoną przez systemy teleinformatyczne, określone w art. 3 pkt 3 ustawy z dnia 17 lutego 2005 r. o informatyzacji działalności podmiotów realizujących zadania publiczne (Dz.U. z 2005 r. Nr 64, poz. 565) wraz z powiązaniem między nimi oraz relacjami z użytkownikami*⁶⁸. Należy zatem podkreślić, że w odróżnieniu od przestrzeni naturalnej (geoprzestrzeni) cyberprzestrzeń jest przestrzenią zbudowaną przez człowieka (sztuczną) i istniejącą tylko poprzez jego aktywność. Można zatem stwierdzić, że działanie w cyberprzestrzeni jest jednocześnie jej

65 *National Military Strategy for Cyberspace Operations – NMS-CO. Joint Chiefs of Staff*, Waszyngton 2006, s. 3.

66 *Ibid.*, s. 3.

67 Niniejsza ustawa zmienia ustawę z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej oraz ustawę z dnia 21 czerwca 2002 r. o stanie wyjątkowym.

68 Ustawa z dnia z dnia 2011 r. o zmianie ustawy o stanie wojennym oraz o kompetencjach Naczelnego Dowódcy Sił Zbrojnych i zasadach jego podległości konstytucyjnym organom Rzeczypospolitej Polskiej oraz niektórych innych ustaw, BBN, Warszawa 2011, s. 1.

tworzeniem. Albo inaczej – działanie w cyberprzestrzeni odbywa się poprzez jej kształtowanie. To coś takiego, jakby działalność w geoprzestrzeni wyrażała się np. w ciągłym przesuwaniu gór lub zmianie głębokości mórz. Dlatego też, obecnie cyberprzestrzeń rozumie się jako przestrzeń komunikacyjną stworzoną przez system powiązań internetowych za pośrednictwem połączonych komputerów i pamięci informatycznych, która obejmuje wszystkie systemy komunikacji elektronicznej. Zgodnie z powyższym, do systemów komunikacji zaliczyć można głównie Internet, ale także i wcześniejsze zdobycze techniki takie jak radio, telewizja, telefon, linie telefoniczne oraz fale hertza. Sieć teinformatyczną, jaką tworzą wyżej wymienione media, powoduje, że staje się ona teatrem działań terrorystycznych. Zarówno organizacje terrorystyczne, jak i pojedynczy terroryści lub przestępcy, a także państwa lub sojusze mają możliwość oddziaływania za ich pomocą na podmioty gospodarcze i państwowe. Celem takich działań może być także system informatyczny statku powietrznego lub systemu kierowania jego uzbrojeniem.

Cyberwojnę – można zdefiniować jako zorganizowaną w formę przemocy aktywność zewnętrzną państwa prowadzącą do osiągnięcia określonych celów politycznych, skierowaną na niszczenie lub modyfikowanie systemów informacyjnego komunikowania przeciwnika lub przepływających przez nie informacji oraz ochronę własnych systemów informacyjnych przed podobnym działaniem przeciwnika⁶⁹. Cyberwojna rozumiana jest także jako potencjalne wykorzystanie komputerów, Internetu oraz innych środków przechowywania lub rozprzestrzeniania informacji w celu przeprowadzenia ataków na systemy informatyczne wroga. Od klasycznych wojen, wojnę cybernetyczną (nie należy jej mylić z wojną informacyjną) odróżnia środowisko pola walki – systemy oraz sieci teleinformatyczne⁷⁰. Zatem uogólniając można stwierdzić, że będzie to działanie mające na celu zakłócić lub zniszczyć systemy informatyczne i komunikacyjne wroga. Można tego dokonać za pomocą bomb czyli uderzeń fizycznych, w których umieszczone są serwery komputerowe przeciwnika lub stosując atak impulsem elektromagnetycznym lub atak cyfrowy. Atak może nastąpić ze strony organizacji terrorystycznej lub naszego sąsiada, zazwyczaj pozostającego w przeciwnym bloku militarnym. Skutki takiego ataku mogą być podobne do tego przeprowadzonego przez terrorystów, jednakże państwa

69 T. Jemiolo, P. Sienkiewicz (red.), *Zagrożenia dla bezpieczeństwa informacyjnego państwa (Identyfikacja, analiza zagrożeń i ryzyka)*, tom I, *Raport z badań*, Warszawa 2004, s. 74.

70 W. Leśnikowski, *Witamy w świecie cyberwojny*, Przegląd Sił Powietrznych nr 4/2011, s. 5.

podejmujące cyberataki z reguły posiadać będą lepsze od terrorystów środki do jego przeprowadzenia oraz zacierania śladów.

Szeroki zakres możliwości cyberprzestrzeni w zakresie wsparcia działań bojowych wojsk, rozpoznania, dowodzenia i łączności, transmisji danych, a także kierowania systemami uzbrojenia oraz prowadzenia walki psychologicznej spowoduje, że stanie się ona istotną sferą przyszłej walki. Jej zdominowanie traktowane będzie jako decydujące dla osiągnięcia przewagi informacyjnej.

Środowisko elektroniczne. Wykorzystanie energii elektromagnetycznej w powietrzu, na lądzie i w wodzie oraz systemów komputerowych w tzw. cyberprzestrzeni wprowadziły działania militarne w nowy wymiar – w wymiar urządzeń i systemów elektronicznych. Dzięki skonstruowaniu i wykorzystaniu urządzeń i systemów elektronicznych można wytworzyć użyteczne promieniowanie elektromagnetyczne oraz zbudować sieci komputerowe funkcjonujące w cyberprzestrzeni. Kolejnym istotnym wyróżnikiem nowego wymiaru jest możliwość prowadzenia w nim samodzielnych działań militarnych, niezależnych od działań na lądzie, na morzu, w powietrzu oraz w przestrzeni kosmicznej. Te samodzielne działania, z wykorzystaniem urządzeń i systemów elektronicznych jednej strony przeciwko obiektom (np. samolotom) oraz podobnym urządzeniom i systemom strony przeciwnej, oznaczają wyraźnie, że jesteśmy świadkami powstania nowego środowiska działań, które możemy nazwać środowiskiem elektronicznym.

Środowisko elektroniczne należy rozumieć jako ogół elementów nieożywionych, powstałych w wyniku działalności człowieka, występujących w określonym obszarze, między którego elementami istnieją wzajemne powiązania, oddziaływania i zależności⁷¹.

Aby prowadzić działania w środowisku elektronicznym, po obu stronach: „akcji” i „reakcji” muszą się znajdować obiekty (np. samolot) i/lub urządzenia oraz systemy elektroniczne między którymi musi zachodzić wzajemna relacja (odbicie lub połączenie, zakłócanie, nadawanie, odbiór itp.). W zależności od możliwości i potrzeb relacje te można realizować za pomocą przewodów z różnych metali, światłowodów, promieniowania elektromagnetycznego (fal radiowych), promieniowania laserowego.

71 S. Czeszejko, *Działania w środowisku elektronicznym*, Przegląd Sił Powietrznych nr 11/2011, s. 17.

Działania w środowisku elektronicznym stanowią, oprócz prowadzenia samodzielnych działań, swego rodzaju „spoiwo” elektroniczne współczesnych działań militarnych, które właściwie wykorzystują zaawansowanie technologiczne i przez to uzyskują w zdecydowanym stopniu przewagę nad przeciwnikiem (m.in. przewagę informacyjną). Do działań w środowisku elektronicznym, można zaliczyć te, które są prowadzone, na przykład, przez systemy:

- 1) walki elektronicznej (*Electronic Warfare – EW*);
- 2) dowodzenia i łączności (*Command, Control and Communications System – C3S*);
- 3) rozpoznania radiolokacyjnego (*Radar Surveillance – RS*), w tym wykrywanie, identyfikację i śledzenie obiektów na polu walki (radiolokacja pierwotna i wtórna);
- 4) elektroniczne w sieciach informatycznych;
- 5) cyberprzestrzeni (ang. *Computer Network Operations – CNO*);
- 6) atakujące impulsem elektromagnetycznym (*Electronic Attack – EA*), czyli atak elektroniczny z wykorzystaniem energii elektromagnetycznej do działań ofensywnych, poszerzony o wykorzystanie energii wiązkowej (*Directed Energy Weapons*), mikrofalowej (*High Power Microwave*), impulsu elektromagnetycznego (*ElectroMagnetic Pulse*) oraz innych urządzeń wykorzystujących energię elektromagnetyczną w paśmie radiowym);
- 7) określania położenia, tj. nawigacji (*Navigation Warfare – NAVWAR*), to znaczy nawigacja i walka nawigacyjna;
- 8) przełamывania, obezwładniania i pokonywania obrony powietrznej przeciwnika (*Suppression of Enemy Air Defence – SEAD*);
- 9) poszukiwania i ratownictwa (*Search and Rescue – SAR*), a przynajmniej ich część należy zaliczyć do działań w środowisku elektronicznym (elektroniczna lokalizacja poszukiwanego człowieka i śledzenia jego aktualnej pozycji – w wypadku posiadania przez niego nadajnika radiowego – jest związana z prowadzeniem działań w środowisku elektronicznym).

Lista zawierająca elementy składowe działań w środowisku elektronicznym jest otwarta i będzie prawdopodobnie się powiększać wraz z konstruowaniem nieznanych dotychczas urządzeń i systemów, które samodzielnie będą wpływały na prowadzenie działań bojowych. Wspólne zorganizowane prowadzenie działań w środowisku elektronicznym (z wykorzystaniem

energii elektromagnetycznej w: powietrzu, kosmosie i wodzie oraz systemów komputerowych w cyberprzestrzeni) będzie miało na celu⁷²:

1) prowadzenie rozpoznania elektronicznego pasywnego (np. radioelektronicznego, radiolokacja pasywna) i aktywnego (np. radiolokacja aktywna);

2) identyfikację elektroniczną (obiektów pola walki oraz obiektów w cyberprzestrzeni);

3) przeciwdziałanie elektroniczne (w tym atak elektroniczny);

4) obronę elektroniczną (w tym zachowanie pełnej kompatybilności elektromagnetycznej⁷³ wojsk własnych lub ich komponentów);

5) elektroniczne określanie pozycji lub wspomaganie procesów z tym związanych;

6) elektroniczną transmisję informacji (łączność);

7) wspomaganie przetwarzania informacji (magazynowanie, analiza, korelacja, zobrazowanie);

8) elektroniczne wsparcie procesów decyzyjnych (zastosowanie oprogramowania wytwarzającego częściowo lub całkowicie warianty działań lub przynajmniej przedstawiające występujące ograniczenia – automatycznie lub półautomatycznie, ale zawsze w połączeniu z akceptacją człowieka).

Znaczenie wymiaru elektromagnetycznego i cybernetycznego będzie stopniowo wzrastać, w miarę intensywności wykorzystywania go przez wojska własne i przez przeciwnika. Co więcej, jest wielce prawdopodobne, że granice geograficzne w tradycyjnym pojęciu, a także linie rozgraniczenia pomiędzy walczącymi stronami oraz pomiędzy zgrupowaniami komponentów lądowych, powietrznych i morskich będą stopniowo zanikać.

72 S. Czeszejko, *Konflikty ery informacyjnej*, Przegląd Sił Powietrznych 6/2011, s. 14.

73 Kompatybilność elektromagnetyczna (*ElectroMagnetic Compatibility – EMC*) – zdolność danego urządzenia elektrycznego lub elektronicznego do poprawnej pracy w określonym środowisku elektromagnetycznym i nieemitowanie zaburzeń pola elektromagnetycznego zakłócającego poprawną pracę innych urządzeń pracujących w tym środowisku.

6

Wykorzystanie nowych technologii w uzbrojeniu lotniczym

6.1. Materiały kompozytowe

Jedna z obowiązujących w literaturze definicji kompozytów określa go jako materiał utworzony z co najmniej dwóch komponentów (faz) o różnych właściwościach w taki sposób, że ma on właściwości inne (zazwyczaj lepsze) w stosunku do komponentów użytych osobno lub wynikających z ich zsumowania⁷⁴. Definicja ta często uzupełniana jest zapisem dotyczącym połączenia elementów kompozytu, które powinno zachodzić na poziomie makroskopowym. Inna powszechnie stosowana, szczególnie w literaturze anglojęzycznej, czterocłonowa definicja zaproponowana przez Krocka i Broutmana z 1967 roku mówi, że kompozyt jest materiałem charakteryzującym się następującymi cechami:

- jest wytworzony przez człowieka;
- musi składać się z co najmniej dwóch różnych (pod względem chemicznym), materiałów z wyraźnie zaznaczonymi granicami rozdziału między komponentami;
- komponenty kompozytu tworzą go przez udział w całej jego objętości;
- kompozyt powinien mieć właściwości różne od jego poszczególnych komponentów⁷⁵.

74 A. Boczowska, J. Kapuściński, Z. Lindemann, D. Witemberg-Perzyk, S. Wojciechowski, *Kompozyty*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.

75 R.H. Krock, L.J. Brautman, *Composite materials*, Academic Press, New York 1975.

Zgodnie z przytoczonymi definicjami, kompozyt jest materiałem złożonym z komponentów (składników). Jako jego podstawowe składniki przyjmuje się osnowę i wzmocnienie⁷⁶.

Klasyfikacje kompozytów można przedstawić w zależności od przyjętych kryteriów. W literaturze przedmiotu najczęściej spotykanymi kryteriami podziału materiałów kompozytowych są: rodzaj osnowy, rodzaj i postać zbrojenia oraz przeznaczenie kompozytów.

W odniesieniu do pierwszego kryterium – rodzaju osnowy, materiały kompozytowe dzielimy zasadniczo na: metaliczne i niemetaliczne. Kompozyty metaliczne (MMC – ang. *Metal Matrix Composite*) stanowią grupę heterogenicznych materiałów składających się z przynajmniej dwóch różnych połączonych ze sobą komponentów, które zajmują w materiale kompozytowym określone formy geometryczne i charakteryzują go swym udziałem objętościowym. Ich osnowę stanowią metale (np.: wolfram, kobalt, nikiel, żelazo), które w procesie ich formowania występują w formie sproszkowanej.

Kompozyty MMC klasyfikujemy według sposobu ich wytwarzania na:

- *ex situ* – ich fazę wzmocniającą przygotowuje się w odrębnym procesie, a następnie wprowadza do materiału osnowy;
- *in situ* – ich wzmocnienie powstaje w ciekłej osnowie kompozytu podczas procesu metalurgicznego, w wyniku reakcji chemicznych zachodzących pomiędzy jego komponentami.

Kompozyty o osnowie niemetalicznej dzielimy na:

- polimerowe (PMC – ang. *Polymer Matrix Composites*) – które zazwyczaj tworzą termoplastyczne i termoutwardzalne polimery syntetyczne, czyli wielkocząsteczkowe związki chemiczne powstałe z połączenia prostych cząsteczek (tzw. monomerów) o niskim ciężarze cząsteczkowym. Powstają one na skutek reakcji zwanej polimeryzacją.
- ceramiczne (CMC – ang. *Ceramic Matrix Composites*) – stanowi je grupa materiałów o kruchej osnowie ceramicznej o wymiarach mikro- i nanometrycznych.

Przyjmując kryterium rodzaju i postaci zbrojenia, wyróżniamy kompozyty zbrojone:

- cząstkami – wśród których, w zależności od wielkości cząstek wyróżniamy dwa podtypy – dyspersyjne i zbrojone dużymi cząstkami. Kompozyty zbrojone

76 M.F. Ashby, D.R.H. Jones, S. Wojciechowski, *Materiały inżynierskie*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.

dyspersyjnie zbudowane są z metalowej matrycy, wzmocnionej drobnymi ceramicznymi lub metalicznymi cząstkami o średnicy $0,01 \div 0,1 \mu\text{m}$ i udziale objętościowym w kompozycie wynoszącym około 15%. Kompozyty zbrojone dużymi cząstkami, to takie w których w przenoszeniu obciążeń uczestniczy zarówno osnowa, jak i wzmocnienie, którego udział objętościowy w tego typu kompozycie wynosi w przedziale $20 \div 90\%$. Wielkość zbrojonych cząstek powinna mieć podobne wymiary geometryczne, wynoszące około $1 \mu\text{m}$. Przykładem tego typu kompozytu jest opona, w której do gumy dodaje się $15 \div 30\%$ sadzy w postaci kulistych cząsteczek. Takie zbrojenie znacząco podnosi właściwości wyrobu, zwiększając jego odporność na rozrywanie, ścieranie oraz czynniki chemiczne. Do kompozytów zbrojonych cząstkami należą także tzw. cermetale (cermety). Są to materiały kompozytowe zbudowane z metalowej, miękkiej i plastycznej osnowy, wzmocnionej cząstkami ceramicznymi.

– włóknem – których wzmocnienie ma postać włókien, natomiast osnowa służy jako ich spoiwo. W zależności od długości włókien możemy wyróżnić włókna: krótkie (do ok. $0,3 \text{ mm}$), długie ($0,3 \div 20 \text{ mm}$) i ciągłe. Włókna w tego typu kompozytach mogą być zorientowane, czyli posiadać jeden kierunek ich rozmieszczenia lub niezorientowane (zazwyczaj w postaci włókien nieciągłych) o losowym kierunku ich ułożenia w kompozycie. Trzecia kategoria kompozytów włóknistych określa ich podział, uwzględniając materiał z jakiego są one zbudowane. Mogą więc występować włókna np.: szklane, węglowe czy aramidowe.

Kompozyty konstrukcyjne w zastosowaniach lotniczych występują zazwyczaj w dwóch formach. Pierwsza z nich to laminaty, natomiast druga to kompozyty warstwowe, zwane przekładkowymi lub kanapkowymi, a w literaturze anglojęzycznej – typu *sandwich*. W ostatnich latach w konstrukcjach lotniczych zauważalna jest także tendencja do stosowania kompozytów hybrydowych – metalowo-kompozytowych.

W zależności od orientacji włókien w poszczególnych laminach wyróżniamy laminaty:

- jednokierunkowe – czyli takie, w których wszystkie warstwy włókien ułożone są w jednym kierunku;
- poprzeczne – zwane także ortogonalnymi lub krzyżowymi (ang. *cross-ply laminate*), składające się wyłącznie z warstw 0° i 90° ;
- dowolne – w których układ warstw jest dowolny. Orientując pojedyncze warstwy względem siebie, można uzyskać izotropowe właściwości laminatu w płaszczyźnie jego arkusza. Taki jego rodzaj nazywamy laminatem quasi-izotropowym.

Drugim z rodzajów form kompozytów stosowanych w technice lotniczej są konstrukcje przekładkowe. Zbudowane są one z wierzchnich warstw nośnych (zwanymi okładkami lub okładzinami). Najczęściej stanowią je sztywne zewnętrzne warstwy zbudowane z kompozytów polimerowych zbrojonych włóknami, stali bądź aluminium. Pomiędzy nimi znajduje się lekki rdzeń o małym stosunku masy do objętości, któremu stawia się wysokie wymagania wytrzymałościowe takie, jak: wytrzymałość na ściskanie i ścinanie oraz moduł sprężystości postaciowej.

Zwazywszy na takie oczekiwania, rdzenie lekkie najczęściej stanowią polimery porowate (np. pianka: polimerowa czy poliamidowa) bądź materiały o wymuszonej, komórkowej strukturze plastra miodu (ang. *honeycomb*). Zbudowane są one zazwyczaj z włókien polimerowych (oznaczanych w literaturze anglojęzycznej jako HFRP (ang. *honeycomb fiber-reinforced polymer*)), papieru impregnowanego żywicą fenolową bądź z aluminium.

Składają się one z foremnych sześciokątów zapewniających szczególnie dużą sztywność i lekkość takiej konstrukcji. Kolejną właściwością jest możliwość zginania ich na płaszczyznach płasko-zakrzywionych, a w postaci nierozciągniętej i nieutwardzonej także na powierzchniach krzywych przestrzennie. Charakteryzują się one także wysokimi współczynnikami: absorpcji energii, tłumienia i pochłaniania drgań oraz dźwięku.

Kolejną grupę laminatów stanowią kompozyty hybrydowe. Nazywamy nimi taki rodzaj materiału, w którym poszczególne laminy zbudowane są z różnych materiałów konstrukcyjnych. W technice lotniczej stanowią je najczęściej laminaty zbudowane z łączonych adhezyjnie cienkich warstw blach metalowych z kompozytem polimerowym wzmacnianym włóknami: szklanymi, węglowymi lub aramidowymi. W literaturze anglojęzycznej materiały te określane są jako – FML/s (ang. *Fibre Metal Laminat/s*). Wśród nich wyróżniamy dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią kompozyty zbudowane na bazie aluminium, natomiast drugą grupę tworzą kompozyty, w których wykorzystano inne metale, takie jak: magnez, tytan czy stal. Ich zaletą jest stosunkowo niska gęstość i wysoka odporność na korozję. Ponadto materiały tego typu są odporne na pęknięcia. Ich warstwowa, metalowo-kompozytowa konstrukcja zapobiega propagacji w miejscu ich powstania. Wadą hybrydowych kompozytów metalowych jest ich cena, która zazwyczaj jest wyższa od metali, z których zostały one zbudowane oraz innych kompozytów.

Jednym z hybrydowych kompozytów aluminiowych jest GLARE (ang. *Glass-Reinforced Aluminum Laminates*). Stanowi on rozwiązanie złożone z 2÷6 warstw aluminium (GLARE 1 i HS – 7475-T761; GLARE 2÷6 – 2024-T3)

o grubości od 0,2 do 0,5 mm. Pomędzy skrajnymi warstwami glinu usytuowane są przemiennie warstwy włókien i metalu. Powłoki ukierunkowanych włókien szklanych typu S o grubości $0,25 \div 0,5$ mm spojone są osnową z żywicy epoksydowej i połączone z aluminium. Innym analogicznym w budowie laminatem hybrydowym jest CARALL (ang. *Carbon Reinforced Aluminum Laminates*). Zbudowany jest on z warstw złożonych z kompozytu polimerowego wzmocnionego włóknami węglowymi wstępnie impregnowanymi żywicą epoksydową oraz z warstw aluminium. Kolejnym przykładem konstrukcji złożonej z różnych materiałów konstrukcyjnych jest ARALL (ang. *Aramid Aluminium Laminate*). W jego budowie możemy wyróżnić warstwy złożone z aluminium (ARALL: 1 – 7075-T6; 2 – 2024-T3; 3 – 7075-T76; 4 – 2024-T8) o grubości 0,3 mm oraz z kompozytu polimerowego wzmocnionego włóknami aramidowymi wstępnie impregnowanymi żywicą epoksydową, których grubość wynosi 0,22 mm. Udział masowy włókna w tego typu kompozytach wynosi 50%.

W kompozytach hybrydowych stosuje się także metale inne niż aluminium. Przykładem takiego rozwiązania jest kompozyt wykonany na bazie tytanu, oznaczany w literaturze anglojęzycznej jako – Ti/GFRP. Złożony jest on z zewnętrznych warstw tytanu (Ti-6Al-4V), między którymi znajduje się ortogonalny kompozyt polimerowy wzmocniony włóknami szklanymi. Adhezję poszczególnych warstw zapewnia żywica epoksydowa. Innym hybrydowym rozwiązaniem materiałowym jest kombinacja tytanu i polimerowego kompozytu wzmocnionego włóknem grafitowym (włóknem węglowym o zawartości 99% węgla, otrzymanym w procesie grafityzacji), oznaczona w literaturze od jej anglojęzycznej nazwy jako – TiGr (ang. *titanium-graphite*). Materiał ten stanowią warstwy tytanu oraz kompozytu polimerowego wzmocnionego włóknami węglowymi. Taka kombinacja przewyższa właściwości samego metalu. W porównaniu z nim oraz z innymi tradycyjnymi kompozytami jest on odporniejszy na: temperaturę, zmęczenie, obciążenia dynamiczne, a także jest on lżejszy i mniej podatny na zniszczenia⁷⁷.

Jednym z rodzajów laminatów są kompozyty włókniste. W tego typu materiałach w charakterze ich wzmocnienia wykorzystuje się różnego rodzaju włókna, które są podstawowym elementem nośnym. Matryca służy w nich jako spoiwo łączące włókna i zapewniające rozdział obciążenia zewnętrznego między nimi. Jej zadaniem jest także ochrona kompozytu przed czynnikami

⁷⁷ L.P. Durand, *Composite materials research progress*, Nova Science Publishers, New York 2008.

zewnątrznymi. W niewielkim stopniu uczestniczy ona także w przenoszeniu obciążeń wewnętrznych. Najczęściej jako osnowy w kompozytach włóknistych stosuje się żywice polimerowe oraz metale.

Jednym z głównych powodów stosowania w technice, w tym szczególnie w technice lotniczej, włókien jest ich wysoka sztywność i wytrzymałość, które w porównaniu z metalami są zdecydowanie wyższe. Większość włókien stosowanych w kompozytach ma średnicę mieszczącą się w granicach $2\div 16\ \mu\text{m}$ (za wyjątkiem włókien boronu, których średnica waha się w przedziale od 100 do 200 μm). Istotnym, często przytaczanym w literaturze wskaźnikiem efektywności włókien, a zarazem efektywności kompozytu z nich zbudowanych jest tzw. podstawowy wskaźnik efektywności włókna, określony jako stosunek odpowiednio wytrzymałości na rozciąganie i modułu sprężystości do ciężaru właściwego materiału włókna. Jest on tym wyższy, im wyższe właściwości posiada włókno. Stanowi on jeden z głównych wyznaczników implementacji kompozytów włóknistych, szczególnie w konstrukcjach lotniczych, gdzie jego wysoki wskaźnik jest szczególnie pożądany. Obecnie najczęściej stosowanymi włóknami w kompozytach są włókna: szklane, węglowe i aramidowe.

Kompozyty polimerowe zbrojone włóknami w literaturze anglojęzycznej określamy jako – FRP (ang. *Fiber Reinforced Polymer*). W celu identyfikacji materiału z jakich wykonane są włókna, używa się ich nazw skrótowych. Zatem kompozyty o osnowie polimerowej wzmacniane włóknami szklanymi oznaczane są akronimem – GFRP (ang. *Glass Fibre Reinforced Plastics*). Kompozyty PMC wzmacniane włóknami węglowymi lub aramidowymi oznaczamy analogicznie – CFRP (ang. *Carbon Fibre Reinforced Plastics*) i AFRP (ang. *Aramid Fibre Reinforced Plastics*).

Kompozyty o osnowie metalowej stanowią grupę laminatów, wokół których istnieje obecnie duże zainteresowanie w kontekście budowy obiektów powietrznych oraz elementów lotniczych środków bojowych. Stosowanie ich w konstrukcjach lotniczych wymaga uwzględnienia wymogu obniżonej gęstości, co w zasadzie oznacza zastosowanie osnowy z metali lekkich, takich jak: glin, magnez, tytan czy beryl.

6.2. Nanotechnologie

Historia nanotechnologii sięga lat 50. XX w. gdy Richard P. Feynman wygłosił wykład *There's Plenty Room at the Bottom* (w wolnym tłumaczeniu Dużo zmieści się u podstaw). Rozpoczynając od wyobrażenia sobie, co trzeba

zrobić by zmieścić 24-tomową Encyklopedię Britannikę na łepku od szpilki, Feynman przedstawił koncepcję miniaturyzacji oraz możliwości tkwiące w wykorzystaniu technologii mogącej operować na poziomie nanometrowym.

Przedrostek „nano”, pochodzący od greckiego słowa „karzeł”, w nauce i technologii oznacza 10^{-9} , czyli jedna miliardowa część (= 0,000000001). Jeden nanometr (nm) to jedna miliardowa część metra. Termin „nanotechnologia” używany tu będzie w znaczeniu zbiorczym, obejmującym różne gałęzie nanonauki i nanotechnologii. Konceptualnie nanotechnologia odnosi się do nauki i technologii w nano-skali atomów i cząsteczek oraz do tych zasad naukowych i nowych właściwości, które można zrozumieć i opanować działając w tej dziedzinie. Inaczej mówiąc, nanotechnologia to sposoby wytwarzania układów funkcjonalnych (wykonujących określone zadania) o rozmiarach porównywalnych z rozmiarami pojedynczych cząsteczek oraz materiałów konstrukcyjnych o zupełnie nowych właściwościach⁷⁸.

Nanotechnologia interesuje się materiałami i układami, których struktury i elementy wykazują osobliwe i znacznie doskonalej rozwinięte fizyczne, chemiczne i biologiczne własności, w których zjawiska oraz zachodzące w nich procesy spowodowane są ich nanorozmiarami. Do struktur tych można zaliczyć:

1) Tworzywa sztuczne, których struktura jest kontrolowana na poziomie pojedynczych cząsteczek – można w ten sposób uzyskiwać materiały o niespotykanych własnościach mechanicznych i innych;

2) Sztuczne włókna – o bardzo precyzyjnej budowie molekularnej, które również posiadają niespotykane własności mechaniczne;

3) Nanorurki – bardzo długie cząsteczki, które mogą służyć jako kierunkowe przewodniki prądu lub filtry przepuszczające tylko jeden określony związek chemiczny;

4) Nanokapsułki – mikroskopijne kuleczki, wewnątrz których można umieszczać np. leki;

5) Molekularne układy elektroniczne – układy składające się z pojedynczych cząsteczek, które zachowują się jak np. tranzystory, połączone polimerami przewodzącymi, które spełniają rolę drutów molekularnych;

6) Mikromaszyny – maszyny zbudowane z tłoków, kół zębatych itp., które same są zbudowane z kilkunastu do kilkuset warstw atomowych⁷⁹.

⁷⁸ S.J. Kłosowicz, *Nanotechnologia i fotonika w siłach zbrojnych*, Kwartalnik Bellona 1/2009, s. 147.

⁷⁹ Ku europejskiej strategii dla nanotechnologii, Komisja Wspólnot Europejskich, Bruksela 2004, s. 5–6.

Obecnie możemy mówić o czterech generacjach nanotechnologii. Począwszy od roku 2000 na rynek wprowadzane są produkty pierwszej generacji nanotechnologii z wykorzystaniem nanostruktur, takich jak: nanocząstki, nanorurki, nanokompozyty czy nanopowłoki. W tym etapie skoncentrowano się na osiągnięciu kompleksowej kontroli nad nanostrukturami w celu projektowania materiałów i urządzeń o zakładanych właściwościach i funkcjach w makroskali. Zastosowanie nanostruktur w produktach służy więc w pierwszej kolejności poprawie właściwości funkcjonalnych produktu (np. mechanicznych czy optycznych). Nanotechnologie drugiej generacji to technologie nanostruktur aktywnych, które w odróżnieniu od nanostruktur pierwszej generacji mają zdolność adaptacji funkcjonalnej wywołanej bodźcami zewnętrznymi. Rozwiązania bazujące na nanotechnologiach trzeciej generacji pozwalają integrować nanostruktury pasywne i aktywne w systemy pozwalające opanować procesy samoorganizacji oraz wytwarzania trójwymiarowych nanosystemów, a tym samym konstrukcji np. wielowarstwowych chipów komputerowych, wielokrotnie wydajniejszych niż obecnie czy integracji nanourządzeń ze strukturami biologicznymi, jak proteiny czy DNA. Czwarta generacja, której początek prognozuje się na rok 2020, ma umożliwić kontrolowane leczenie lub nawet odbudowanie organów ludzkich dzięki projektowaniu nanourządzeń i nanomaszyn naśladujących procesy biologiczne.

Zastosowanie nanotechnologii w działaniach militarnych jest nieuniknione. W oparciu o tą technologię tworzone są nowe rodzaje broni masowego rażenia (np. przenoszenie broni chemicznej i/lub biologicznej w ciele człowieka, zwierzęcia lub w roślinie za pomocą nanokapsulek). Trwają także prace nad stworzeniem mniejszych komponentów komputerowych, nanosensorów, nowej broni wywiadowczej, sprzętu do rekonesansu. Wprowadzenie nanokryształów pozwala to na konstruowanie laserów o nanometrowych wymiarach i umożliwia przesyłanie informacji z szybkością ponad 10 gigabitów na sekundę. Możliwe jest także budowanie niskoszumowych detektorów promieniowania elektromagnetycznego, w tym jonizującego o wyjątkowej czułości. Należy także wspomnieć o budowie broni z nanomateriałów (np. nanorurek węglowych), która nie będzie możliwa do wykrycia przez urządzenia do wykrywania metali lub środków chemicznych⁸⁰. Ponadto, obserwuje się także działania zmierzające do stworzenia od zera (tzn. na poziomie molekularnym)

80 D. Ratner, M. Ratner, „Nanotechnology. A Gentle Introduction to the Next Big Idea”, Prentice Hall Professional Technical Reference, 2002, 4–16, 102–115.

wirusów⁸¹. Takie organizmy mogłyby być o wiele groźniejsze od istniejących obecnie (np. wąglik). Innym zastosowaniem mogą być nanosensory, które w znaczny sposób ułatwią dotarcie do tajnych informacji oraz zbierania informacji, które będą użyteczne do podejmowania działań (np. określanie średniej liczby osób w danym miejscu, określanie położenia jednostek, identyfikacja broni, jednostki, itd.). Nanotechnologia daje również olbrzymie możliwości stosowania w systemach bezpieczeństwa, szczególnie w aspekcie szyfrowania przesyłu danych. Szczególnie istotne zmiany nastąpią w technologiach informatycznych, dzięki czemu powstaną nośniki danych o bardzo wysokich gęstościach zapisu (np. 1 Terabit/cal²) oraz nowe technologie wyświetlania na elastycznym plastiku. W dłuższej perspektywie realizacja molekularnej lub biomolekularnej nanoelektroniki, spintroniki i komputerów kwantowych może otworzyć nowe horyzonty, wykraczające poza obecną technologię komputerową. Nanocząstki stosowane także będą do wzmacniania materiałów lub poprawiania ich funkcjonalności. Dzięki ich zastosowaniu możliwe jest wyprodukowanie materiałów konstrukcyjnych blisko stukrotnie lżejszych i wytrzymalszych niż klasyczne. Oznacza to, między innymi, możliwość skonstruowania superlekkich pojazdów kosmicznych, samolotów, pojazdów opancerzonych i okrętów oraz radykalne zmniejszenie ciężaru wyposażenia pojedynczego żołnierza – do zaledwie kilku kilogramów (4–5 kg wg programu US Army). Dzięki nanostrukturom można modyfikować powierzchnie, aby były, na przykład, rysoodporne, niewilgnące, czyste lub sterylne. Selektywne przeszczepianie cząstek organicznych poprzez nanostrukturowanie powierzchni umożliwi zmiany w produkcji biosensorów i molekularnych urządzeń elektronicznych. Będzie można znacznie poprawić osiągi materiałów w warunkach ekstremalnych, co sprzyjać będzie ich wykorzystaniu w działaniach zbrojnych prowadzonych w każdym środowisku naturalnym.

6.3. Sztuczna inteligencja

Termin sztuczna inteligencja (ang. *Artificial Intelligence* – AI) został po raz pierwszy zaproponowany prawdopodobnie przez Johna McCarthy'ego, który w 1955 r. zdefiniował go w następujący sposób: konstruowanie maszyn,

⁸¹ S.A. Edwards, *Nanomedical Technology: Financial, Legal, Clinical, Political, Ethical, and Social Challenges to Implementation* [w:] *Nanofabrication Towards Biomedical Applications: Techniques, Tools, Applications, and Impact*, C.S.S.R. Kumar, J. Hormes, C. Leuschner (Ed.), Weinheim – Wiley-VCH Verlag, 2005, s. 391–414.

o których działaniu dałoby się powiedzieć, że są podobne do ludzkich przejawów inteligencji. Nie ma jednorodności co do treści pojęcia określanego terminem „sztuczna inteligencja”. Wynika to z niejasności, co to jest inteligencja oraz z faktu, że tą dziedziną zajmują się specjaliści o różnych zainteresowaniach: matematycy, którym nie zawsze jest potrzebny komputer, informatycy, którym nie zawsze jest potrzebna matematyka, psychologowie, którzy w centrum uwagi stawiają człowieka.

Najpowszechniej przyjęta definicja sztucznej inteligencji określa to pojęcie jako – *realizacja za pomocą komputera tego, co w wypadku realizacji przez człowieka byłoby nazywane działaniem inteligentnym. (...) Niektórzy uważają ją za teorię zachowania człowieka, podczas gdy inni (...) traktują ją jako zbiór inteligentnych technik programowania*⁸². W innym podejściu wskazuje się, iż *szuczna inteligencja jest tą częścią informatyki, która bada procesy rozumowania symbolicznego i niealgorytmicznego oraz zajmuje się reprezentacją symbolicznie ujętej wiedzy*⁸³. Na stronach internetowych sztuczną inteligencję definiuje się jako – naukę obejmującą zagadnienia logiki rozmytej, obliczeń ewolucyjnych, sieci neuronowych, sztucznego życia i robotyki. Sztuczna inteligencja to dział informatyki, którego przedmiotem jest badanie reguł rządzących inteligentnymi zachowaniami człowieka, tworzenie modeli formalnych tych zachowań i – w rezultacie – programów komputerowych symulujących te zachowania. Można ją też zdefiniować jako dział informatyki zajmujący się rozwiązywaniem problemów, które nie są efektywnie algorytmizowalne. *Sztuczna inteligencja to także wszelkie badania dotyczące aspektów związanych (lub spójnych) z problemami inteligencji, prowadzone metodami realizacji technicznej lub teoretycznych rozwiązań wykorzystujących formalizm matematyczny (...)*⁸⁴.

Sztuczna inteligencja ma dwa podstawowe znaczenia:

- jest to hipotetyczna inteligencja realizowana w procesie inżynierskim, a nie naturalnym;
- jest to nazwa technologii i dziedzina badań naukowych informatyki na styku z neurologią, psychologią i ostatnio kognitywistyką oraz także systemiką, a nawet z współczesną filozofią.

82 E. Feigenbaum, J. Feldman, *Maszyny matematyczne i myślenie*, PWN, Warszawa 1972, s. 112.

83 I.N. Gorielov, *Razgovor s kompiutierom*, Wydawnictwo Nauka, Moskwa 1987, s. 67.

84 R. Forsyth, *Expert Systems – Principles and Case Studies*, Chapman and Hall, Univ. Press Cambridge 1984, s. 96.

Głównym zadaniem badań nad sztuczną inteligencją w drugim znaczeniu jest konstruowanie urządzeń i programów komputerowych zdolnych do realizacji wybranych funkcji umysłu i ludzkich zmysłów niepoddających się prostej numerycznej algorytmizacji. Problemy takie bywają nazywane AI-trudnymi i zalicza się do nich między innymi:

- podejmowanie decyzji w warunkach braku wszystkich danych;
- analiza i synteza języków naturalnych;
- rozumowanie logiczne/racjonalne;
- dowodzenie twierdzeń;
- zarządzanie wiedzą, preferencjami i informacją w robotyce;
- systemy eksperckie i diagnostyczne.

Głównym zastosowaniem sztucznej inteligencji w wojsku jest wsparcie procesów decyzyjnych (w tym także dotyczących lotniczych środków bojowych oraz sposobu ich wykorzystania) oraz zwiększenie użyteczności komputerów (w tym także systemów pokładowych implementowanych w LŚB). W tym celu wykorzystuje się systemy uczące i posiadające zdolność poprawiania jakości działania personelu wojskowego poprzez zdobywanie nowych doświadczeń, które są następnie wykorzystywane podczas kolejnych interakcji ze środowiskiem. Kolejnym krokiem jest stosowanie układów samoadaptacyjnych, dobierających parametry pracy w zależności od efektów, a jednocześnie doskonalące strategię dalszego działania. Sztuczna inteligencja jest również używana w narzędziach mających poprawiać bezpieczeństwo systemów informatycznych, szczególnie w procesie analizy i wykrywania złośliwego oprogramowania. Stosuje się ją w bezzałogowych platformach pola walki, a także przy budowie „materiałów inteligentnych”, zdolnych do zbierania i przekazywania danych na temat bieżącego stanu konstrukcji. Nie można również pominąć sztucznej inteligencji jako narzędzia do prowadzenia wszelkiego rodzaju symulacji, programowania oraz zarządzania zasobami.

6.4. Materiały fotoniczne

Wśród najpopularniejszych materiałów fotonicznych należy wyróżnić: ciekłe kryształy, materiały krystaliczne i szkła oraz diody luminescencyjne i światłowody.

Najważniejszą, dla zastosowań właściwością ciekłych kryształów jest to, że za pomocą pola elektrycznego, czyli napięcia, można sterować ich właściwościami optycznymi. Ciekłe kryształy są cieczami i wykazują pewne

uporządkowanie wewnętrzne, które jest charakterystyczne dla kryształów, a które nie występuje w „zwykłych” cieczach. Istotną ich właściwością są czynniki zewnętrzne, a zwłaszcza pole elektryczne (napięcie) mogące zmieniać to uporządkowanie, a wraz z nim właściwości optyczne ciekłego kryształu. Czyli główną zaletą ciekłych kryształów jest to, że możemy łatwo sterować elektrycznie ich właściwościami optycznymi przy bardzo niskim poborze mocy. Istnieje kilkanaście rodzajów ciekłych kryształów oraz również kilkanaście efektów elektrooptycznych, czyli zjawisk reorganizacji uporządkowania ciekłego kryształu, a zatem jego właściwości optycznych spowodowanej polem elektrycznym.

Spośród kilkunastu podstawowych parametrów elektrooptycznych ciekłego kryształu istotnych dla zastosowań w wojsku najważniejsze są:

- przedział temperaturowy występowania fazy ciekłokrystalicznej (dla zastosowań militarnych pożądane jest od -40 do -100°C);
- napięcie sterujące, zwykle nieprzekraczające kilku woltów;
- czas reakcji na przyłożony sygnał napięciowy (100 ns–100 ms);
- zależność kątowna efektu elektrooptycznego, na ogół asymetryczna;
- trwałość chemiczna i fotochemiczna.

Parametry elektrooptyczne wymienione powyżej zależą zwykle od temperatury, w szczególności zależy od niej czas reakcji, który rośnie wraz z jej obniżeniem.

Warto podkreślić, że w praktyce są stosowane wyłącznie kilku lub kilkunasto składnikowe mieszaniny ciekłych kryształów zawierające zwykle również domieszki nieciełokrystaliczne. Wzajemne relacje między składnikami mieszaniny mają kluczowe znaczenie dla ich użyteczności i trwałości.

Obecnie w sferze militarnej wykorzystywane są przede wszystkim nematiczne ciekłe kryształy, które są dobrze zbadane, a wielka liczba znanych substancji tego typu umożliwia opracowanie dedykowanych mieszanin. Jednak możliwości użytkowe nematiców powoli się wyczerpują, głównie dlatego, że w zasadzie nie ma możliwości obniżenia czasu ich reakcji poniżej 1 ms. Niemniej jednak w wielu prostych wyświetlaczach, zwłaszcza alfanumerycznych będą jeszcze stosowane klasyczne efekty elektrooptyczne, natomiast w wyświetlaczach graficznych o dużej pojemności informacyjnej będą najprawdopodobniej wykorzystywane efekty HAN (*Homeotropic Aligned Phase*) i IPS (*In-Plane Switching*), które są szybsze, mają lepsze charakterystyki kątowe i parametry optyczne.

Od kilkunastu lat trwają intensywne prace nad nową generacją ciekłych kryształów: ferroelektrycznymi i antyferroelektrycznymi smektykami. Te

materiały są bardzo perspektywiczne, dzięki czasom reakcji ponad 1000 razy krótszym niż w przypadku nematyków. Jednak stwarzają wielkie problemy technologiczne, których pokonanie możliwe jest między innymi na drodze syntez nowych związków ciekłokrystalicznych. Tak więc kierunki rozwojowe materiałów ciekłokrystalicznych to:

- zwiększenie szybkości działania,
- poprawa charakterystyk kątowych;
- zwiększenie zakresu materiałów dedykowanych do konkretnych zastosowań.

Kolejną grupę materiałów fonicznych stanowią materiały krystaliczne i szkła. Monokryształy są od lat wykorzystywane w technice wojskowej, m.in. do konstrukcji linii opóźniających w technice radarowej, a także do budowy elementów optycznych i sensorów. Jednak w ostatnich latach możliwości technologiczne i aplikacyjne monokryształów, a także szkieł (substancji bezpostaciowych – nieposiadających sztywnej struktury krystalicznej) otrzymanych z tych samych materiałów dramatycznie wzrosły. Kryształek o rozmiarach rzędu pojedynczych nanometrów znajduje się w matrycy tworzącej dla niego barierę potencjału. Dzięki temu elektrony są „uwięzione” w kropce kwantowej (z dokładnością do zjawiska tunelowego). Ułatwia to efekt rekombinacji elektronu. Zależnie od rozmiarów i materiału, kropki kwantowe emitują różne długości fali, co wynika z różnicy poziomów energetycznych w kropce. Wzbudzony fotonem promieniowania (np. widzialnego lub podczerwonego) elektron wraca na poziom podstawowy, tracąc energię na rzecz sąsiednich elektronów. Zatem ograniczenie rozmiarów nanokryształu zmniejsza możliwości przemieszczania się elektronu na poziomach energetycznych sąsiednich atomów, a więc także możliwości absorpcji i emisji fotonów. Istnieją również materiały, w których kropki kwantowe powstają spontanicznie. Układy kropek kwantowych są, zatem zarówno źródłem fotonów (światła), jak i akumulatorem energii, ładowanym światłem.

Wydaje się obecnie, że kryształy i szkła zawierające kropki kwantowe to główny kierunek rozwoju materiałów półprzewodnikowych i możliwości dalszej miniaturyzacji układów elektronicznych (np. jednoelektonowy tranzystor). Są również interesującym materiałem do konstrukcji laserów.

Istotną grupę materiałów fonicznych stanowią diody luminescencyjne. Ich działanie opiera się na zjawisku rekombinacji pary elektron-dziura i związanej z tym emisji nadmiaru energii w postaci fotonu. Obecnie, organiczne diody świecące (ang. *Organic Light Emitting Diode* – OLED) oraz ich odmiana PLED (*Polymer Light Emitting Diode*) przeżywają gwałtowny rozwój.

Aby utworzyć OLED, napyla się na podłoże warstwę buforową o grubości 15–20 nm lub warstwę będącą źródłem dziur, a następnie warstwę służącą do transportu dziur (np. pochodne naftofenyłu) o grubości 50–60 nm. Emiterem światła jest warstwa Alq_3 (tris-[8-hydroksychinolinyl] glinu) domieszkowanego barwnikiem organicznym o grubości 35–40 nm. Niedomieszkowana warstwa Alq_3 o grubości 35–40 nm służy do transportu elektronów oraz jako bufor izolujący warstwę emitującą od metalowej katody⁸⁵.

W strukturze PLED wykorzystuje się warstwę polyetylenodioksytyofenu (PE-DOT) jako materiał do transportu dziur. Polimer jest zazwyczaj nanoszony metodą nawirowania z roztworu, a jego warstwa po wysuszeniu ma grubość 70 nm.

Odrębną kategorię LED stanowią diody laserowe, coraz powszechniej wykorzystywane jako źródła światła w układach optycznych, zwłaszcza z torami światłowodowymi.

Do często stosowanych materiałów fonicznych zaliczyć należy światłowody. Światłowody uważane są często za jeden z elementów optycznych, ale ostatnie rozwiązania w tej dziedzinie związane są raczej z inżynierią materiałową. Powszechnie znane jest zastosowanie światłowodów do transmisji informacji. Istnieją perspektywy stosowania ich jako materiałów detekcyjnych, czyli dla techniki sensorowej.

W klasycznym światłowodzie światło utrzymywane jest dzięki zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia, co zapewnia odpowiedni dobór współczynników załamania materiału rdzenia i otaczającego go płaszczu. Jednak ostatnio gwałtownie rozwija się technologia i inżynieria materiałowa światłowodów fonicznych, w których wykorzystuje się prawidłowość, że światło nie może rozprzestrzeniać się w poprzek światłowodu. Jest to optyczna analogia do przerwy energetycznej w półprzewodniku, a uzyskuje się ją, tworząc złożoną strukturę luk lub wtrąceń otaczającą rdzeń światłowodu. Wtrącenia takie mogą być wykonane z kryształów fonicznych, a luki można z kolei wypełniać materiałem ciekłokrystalicznym, uzyskując możliwość elektrycznego sterowania właściwościami światłowodu. W rezultacie osiąga się znacznie szersze możliwości projektowania i technologii światłowodów, co umożliwia ich dopasowanie do potrzeb konkretnych zastosowań. Zasadnicze zadania wojskowych układów fonicznych to:

85 S.J. Kłosowicz, *Materiały foniczne, Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia*, WAT, Warszawa 2008, s. 709.

- wielospektralna obserwacja pola walki, możliwie we wszystkich zakresach promieniowania elektromagnetycznego;
- natychmiastowe przesyłanie informacji między pojedynczym żołnierzem oraz kolejnymi wyższymi szczeblami dowodzenia i odwrotnie;
- przechowywanie i zobrazowanie informacji na wszystkich szczeblach dowodzenia, zgodnie z zakresem kompetencji;
- kierowanie ogniem i wykrywanie zagrożeń oraz tworzenie nowych rodzajów uzbrojenia, na przykład broni laserowych lub elektromagnetycznych⁸⁶.

86 S.J. Kłosowicz, *Nanotechnologia i fotonika w siłach zbrojnych*, Kwartalnik Bellona 1/2009, s. 150.

7

Ekonomiczny aspekt rozwoju lotniczych środków rażenia

Dokonując analizy lotniczych środków rażenia, wydaje się, że ważnym determinantem ich rozwoju są względy ekonomiczne oraz ich koszty. Chcąc odpowiedzieć na pytanie: jak wpływają one na przyszły rozwój LŚR? można skorzystać z metody badawczej, którą jest analiza ekonomiczna. Posługuje się ona wartościami ekonomicznymi, jakie należy ponieść za określone dobro lub usługę. Jej podstawowym wymiarnikiem jest stosunek **analizy kosztów i korzyści**, która różni się od zwykłej oceny finansowej tym, że uwzględnia wszystkie zyski (korzyści) i straty (koszty), niezależnie od tego, kto je ponosi⁸⁷.

Koszty wybranych współczesnych środków rażenia przedstawione zostały, jako ich ceny jednostkowe sprzedaży w tabelach poniżej (tabela 13–15). Podane zostały one w dolarach amerykańskich, z uwagi na najbardziej typową walutę ich sprzedaży. Należy zaznaczyć, że stanowią one wartość szacunkową, zależną od kilku czynników, takich jak: ilość zamówienia, czas realizacji zamówienia, zamawiająca strona oraz inne mniej znaczące. Ich ceny są zawierane w umowach między stornami, które należy traktować indywidualnie. Z uwagi na wyżej określone czynniki, pomimo że stanowią one wartości orientacyjne, pozwalają na dokonanie niniejszej analizy.

Porównując ze sobą środki przenoszone przez bojowe bezzałogowe statki powietrzne można stwierdzić, że są one relatywnie tanim środkiem walki. Pocisk LAHAT, o podobnych możliwościach taktyczno-technicznych (zasięg, masa, systemy naprowadzania) do swojego odpowiednika używanego w śmigłowcach bojowych (AGM-114 Hellfire) kosztuje ok. 4 razy mniej. W ostatnim czasie zauważono również rozwój mikro BSP, stanowiących jednocześnie

⁸⁷ J. Staroń, *Analiza ekonomiczna*, online – www.wrota.podkarpackie.pl/res/.../9_analiza_ekonomiczna__metody.ppt [dostęp: 23.12.2015].

Tabela 13. Jednostkowe ceny wybranych środków rażenia dedykowanych do BBSP

ŚRODKI KLASY POWIETRZE-ZIEMIA		
Nazwa LŚB	AGM-114 Hellfire	Warmate (mikro BSP)
Cena jednostkowa	99 600	20 000
	LAHAT	
	25 000	

Tabela 14. Jednostkowe ceny wybranych samolotowych środków rażenia

POCISKI KLASY POWIETRZE-POWIETRZE						
Nazwa LŚB	AIM-120 AMRAAM	AIM-9X Sidewinder	IRIS-T			
Cena jednostkowa	wersja C – 400 000 wersja D – 1 786 000	1 506 100	455 000			
		603 817				
POCISKI (USKRZYDLONE) KLASY POWIETRZE-ZIEMIA						
Nazwa LŚB	AGM-88E AARGM	Brimstone	AGM-158 JASSM	AGM-86 CALCM	Storm Shadow	Taurus KEPD 350E
Cena jednostkowa	870 000	175 000	wersja podst. – 700 000 wersja ER – 1 359 000	wersja C – 1 160 000 wersja D – 1 896 000	1 187 370	1 006 335
POCISKI KLASY POWIETRZE-WODA						
Nazwa LŚB	BrahMos	AGM-84H SLAM-ER	Exocet MIM40	RBS-15F ER	Penguin Mk 3	
Cena jednostkowa	2 730 000	500 000	320 000	525 000	385 000	
BOMBY LOTNICZE (klasyfikowane, szybujące)						
Nazwa LŚB	Mark-82	Mark-84	GBU-12D/B Paveway II	GBU-24B Paveway III		
Cena jednostkowa	2082,50	3100	17811	55600		
Nazwa LŚB	Zestaw JDAM	AGM-154C JSOW	GBU-39/B SDB I	GBU-53/B SDB II		
Cena jednostkowa	22 000	719 012	40 000	227 146		

Tabela 15. Jednostkowe ceny wybranych śmigłowcowych środków rażenia

NPR ORAZ TORPEDY LOTNICZE					
Nazwa LŚB	Hydra 70	Mark 54 MAKO	MU90	Sting Ray Mod 1	K745 Chung Sang Eo
Cena jednostkowa	1 000	839 320	2 100 000	1 370 000	830 000

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wykazanych w bibliografii oraz oficjalnych stron internetowych producentów uzbrojenia.

środek bojowy jednorazowego użytku. Jego cena jest porównywalna do kosztu pojedynczego pocisku raketowego implementowanego do wyższych klas platform bezzałogowych. Biorąc pod uwagę jego wysoką skuteczność, pod względem ekonomicznym jest on zatem dobrym rozwiązaniem, wyznaczającym kolejny kierunek rozwoju lotniczych środków rażenia.

Wyspecjalizowane środki bojowe, używane i testowane we współczesnych samolotach stanowią dość kosztowną broń. Średnia cena wymienionego w tabeli nr 14 uzbrojenia lotniczego klasy powietrze-powietrze wynosi ok. 1 mln dolarów amerykańskich za sztukę. Zważywszy jednak na ich skuteczność oraz możliwości zestrzelenia platformy powietrznej (w szczególności uzbrojonej, systemów: AWACS, JSTARS, tankowania powietrznego oraz innych) przeciwnika z punktu widzenia prowadzenia działań powietrznych jest bardzo cenne. Można zauważyć także, że ten sam środek bojowy, porównując go z jego wcześniejszą wersją może kosztować nawet kilkukrotnie więcej. Powodem takiego stanu rzeczy jest nie tylko implementacją najnowocześniejszych układów sterowania, naprowadzania, przeciwdziałania zakłóceniom, doskonałych układów aerodynamicznych i innych, lecz prawdopodobnie selekcją nabywcy oraz ochroną przed możliwościami utraty bardzo cennych danych technicznych i technologicznych związanych z konstrukcją danego środka.

Dokonując analizy kosztów i korzyści można porównać samolotowe środki klasy powietrze-ziemia. Dość kosztownymi rozwiązaniami są pociski uskrzydłone. Średni koszt takiej broni wynosi ponad 1,36 mln dolarów amerykańskich. Bomba lotnicza o podobnych do nich właściwościach detonacyjnych jest średnio 27 razy tańsza. Na uwagę zasługuje wspólna amunicja ataku bezpośredniego – zestaw JDAM. Jest on konsensusem pomiędzy tanim środkiem bombardierskim, a wyspecjalizowanym i celnym pociskiem raketowym o tym samym przeznaczeniu. Niewielki nakład ponad 20 tys. dolarów pozwala klasycznej bombie lotniczej na trafienie nią w cel z dokładnością wynoszącą kilkadziesiąt metrów. Zważywszy na stosunek koszt-efekt, można twierdzić że jest on właściwym i racjonalnym rozwiązaniem.

Średnimi kosztami charakteryzują się samolotowe i śmigłowcowe bojowe środki przeciwokrętowe. Cena pocisków raketowych klasy powietrze-woda oscyluje w granicach około 430 tys. dolarów amerykańskich za sztukę. Wyższą w porównaniu z nimi ceną charakteryzują się torpedy lotnicze, których średnia cena jednostkowa wynosi około 1,3 mln dolarów. W tym przypadku podyktowane jest to implementacją droższych układów i podzespołów, związanych z pracą w środowisku wodnym.

Uogólniając, na podstawie przedstawionej analizy można stwierdzić, że najtańszymi lotniczymi środkami rażenia są niekierowane pociski raketowe, natomiast najdroższe z nich stanowią samonaprowadzające, autonomiczne środki bojowe. Nie bez znaczenia jest także ich zasięg, który wzrasta proporcjonalnie do ich ceny. Pozwala to także stwierdzić, że na koszty LŚR zdecydowanie wpływają takie czynniki jak: złożoność budowy ich głowic pod względem wyposażenia ich w układy sterowania i naprowadzania, implementacja rodzaju zespołów napędowych, złożoność układów aerodynamicznych (takich jak uskrzydlenia oraz związane z nimi układy koordynacji i kontroli lotu) oraz łącza danych.

Trudno jest dokonać oceny rozwoju lotniczych środków rażenia opierając się wyłącznie o ich koszty, lecz analiza kosztów w stosunku do spodziewanych rezultatów wydaje się być adekwatna i sensowna.

W ostatnim czasie, zauważalna jest tendencja do publicznej oceny rządów państw, biorących udział w konfliktach zbrojnych, które prowadząc misje bojowe pokładają znaczne zasoby finansowe swoich budżetów. W ten sposób negowane były publicznie, sytuacje, w których w celu zabicia kilku talibów używano pocisków, których koszt jednostkowy wahał się w granicach 100 tys. dolarów. Zdaniem opinii publicznej takie prowadzenie działań wojennych było zbyt rozrzutne. Należało zatem poszukać innego, ekonomicznie uzasadnionego i racjonalnego rozwiązania. Jednym z nich okazał się produkt zaawansowanego systemu uzbrojenia precyzyjnego rażenia – pocisk APKWS II (ang. *Advanced Precision Kill Weapon System*). Ten precyzyjny, naprowadzany laserowo środek, ważący zaledwie 15 kilogramów, jest w stanie razić cel oddalony od nosiciela nawet do 5 kilometrów z dokładnością dochodzącą do 0,5 metra. Jego koszt wynosi zaledwie 28 500 dolarów za sztukę. Od października 2015 roku, stanowi on także wyposażenie śmigłowców szturmowych AH-64 Apache, biorących udział w działaniach zbrojnych w Iraku i w Afganistanie⁸⁸, przyczyniając się do redukcji kosztów prowadzonych tam operacji powietrznych.

Kolejnym niskokosztownym rozwiązaniem stał się program LCGIR (ang. *Low-Cost Guided Imaging Rocket*). Jego założeniem jest modernizacja 70-milimetrowych niekierowanych pocisków raketowych w precyzyjny środek naprowadzany termicznie. Poza tym możliwość rażenia serią tych środków,

88 U.S. Army Acquires APKWS™ Laser-Guided Rockets for Immediate Deployment, online – <http://www.baesystems.com/en-us/article/u-s--army-acquires-apkws--laser-guided-rockets-for-immediate-deployment> [dostęp: 23.12.2015].

umieszczonych w 19 nabojujących zasobnikach i odpalanych kolejno, w niewielkich odstępach czasu, pozwala na zachowanie dużej precyzji i utrzymanie niskiego kosztu prowadzenia bojowych działań lotniczych. Należy zauważyć, że pocisk nie jest zdolny do rażenia czołgu lub innego silnie opancerzonego obiektu, lecz jest adekwatny do zatopienia łodzi, czy skutecznego rażenia samochodu, będącego w ruchu¹. W wielu przypadkach jest to wystarczające.

Wyżej wymienione konstrukcje lotniczych środków rażenia potwierdzają fakt, że czynnik finansowy odgrywa kluczową rolę w ich rozwoju. Uwidacznia się także tendencja do miniaturyzacji lotniczych środków rażenia, co pozwala na ich użycie nie tylko przez samoloty czy śmigłowce bojowe, lecz co raz częściej przez bezzałogowe systemy powietrzne niższych klas. Eksploatacja takiej uzbrojonej, niewielkiej platformy wpływa także pozytywnie na redukcję kosztów prowadzenia operacji.

1 Cheap smart weapons – Rockets galore, „The Economist” 2012, nr 5, online – <http://www.economist.com/node/21563702> [dostęp: 23.12.2015].

Zakończenie

Rozwój lotniczych środków rażenia uzależniony jest od rodzaju przenoszonej je platformy powietrznej. Determinantami wpływającymi na ich dalsze kierunki rozwoju, są także ograniczenia w ich stosowaniu. Należy przy tym zwrócić uwagę, że przedmiot badań stanowiły wyłącznie konwencjonalne lotnicze środki rażenia.

Przedstawiając treści zawarte w pracy, uznano że właściwym będzie poprzedzenie ich charakterystyką lotniczych środków rażenia oraz przedstawieniem ich klasyfikacji. Scharakteryzowanie uzbrojenia lotniczego miało na celu wprowadzenie do przedmiotu, pozwalające na uporządkowanie wiedzy w obszarze prowadzenia badań. Poza tym, pozwoliło to na stworzenie podstawowej siatki pojęciowej, ułatwiającej poruszanie się w obszarze prowadzonych badań.

Można skonkludować, iż rozwój bezzałogowych bojowych systemów powietrznych jest na wstępnym etapie. Z tego powodu brak jest uzbrojenia wykorzystywanego tylko i wyłącznie przez ten rodzaj platform. Początkowo stosowane były w nich środki śmigłowcowe i samolotowe. Z uwagi na nieadekwatną (stosunkowo większą) ich masę doprowadzało to do ograniczeń w wykonywaniu ich zasadniczych zadań. Fakt ten przyczynił się do miniaturyzacji uzbrojenia lotniczego, a także ograniczenia związanych z nim kosztów, w aspekcie ich wytwarzania oraz użycia. Z powodów finansowych rozpoczęły się także prace nad bezzałogowymi bojowymi statkami powietrznymi niskich klas (np. mikro), wykorzystywanych jednorazowo. Taki rodzaj uzbrojenia jest odpowiedni jako broń stosowana na niewielkim dystansie przez nieduże, kilkuosobowe formacje militarne (np. drużyna, czy pojedynczy żołnierz).

Można zgodzić się z tezą, iż rozwój samolotowych środków bojowych jest dynamiczny i przebiega w kilku kierunkach. W zakresie uzbrojenia lufowego stwierdzono, że z uwagi na osiągnięcie wysokiej sprawności ich rozwój został zdecydowanie spowolniony. Współcześnie uwagę skupia się na amunicji, szukając sposobów na udoskonalanie jej parametrów związanych z prędkością, zasięgiem i przebijałością. Należy także pamiętać, że uzbrojenie lufowe, uważane jest współcześnie za dodatkowy, zastępczy środek walki. Trzon

wyposażenia samolotów bojowych stanowią pociski raketowe różnych klas, o różnym zastosowaniu. Udoskonalane są sprawdzone i wieloletnie konstrukcje oraz tworzone nowe środki, charakteryzujące się precyzją ich naprowadzania, dużym – kilkuset kilometrowym zasięgiem, odpornymi na zakłócenia zewnętrzne z możliwością wymiany informacji nawet po ich wystrzeleniu. W wielu przypadkach charakteryzują się one także dużą autonomicznością oraz zależnymi od sytuacji (geograficznej, taktycznej), wypracowywanymi trajektoriami lotu do celu. W obszarze samolotowych środków rażenia na uwagę zasługują bomby lotnicze. Współcześnie udoskonala się ten tani i efektywny środek, przez dołączanie do niego zestawów zawierających układy naprowadzania. Dzięki takim rozwiązaniom, przy niewielkim nakładom finansowym, znacznie poprawia się ich skuteczność w rażeniu zakładanych celów. Stwierdzono także, że z uwagi na potrzebę wykorzystania, istnieją koncepcje zarówno bomb mało- jak i wielowagomiarowych. Lotnicze środki bombardierskie o małej masie przewidziane są do rażenia wyselekcjonowanych celów, z zachowaniem skupienia na nich energii wybuchu oraz zapewnienia przez to niskiego poziomu *collateral damage*. Z uwagi na potrzebę niszczenia schronów, budowanych z warstw grubego betonu trwają prace nad bombami o dużej, kilkunastotonowej masie.

W odniesieniu do rozwoju śmigłowcowego uzbrojenia lotniczego, a w szczególności w zakresie broni stwierdzić można, iż dynamicznie rozwija się lotnicza amunicja strzelecka. Analogicznie do samolotowej broni lufowej, osiągnęła ona wysoki poziom doskonałości i szybkostrzelności, przez co jej dalszy rozwój jest spowolniony. Na uwagę zasługuje amunicja granatnikowa. Udoskonalana jest ona poprzez systemy kierowania bronią oraz konstrukcje nowej amunicji o kierunkowym i programowalnym oddziaływaniu. Nadal rozwijana jest także niekierowana lotnicza broń raketowa. Powodem takiego stanu rzeczy jest jej niski koszt. Problem natomiast stanowi brak precyzji w jej użyciu. Odpowiedzią na niego są niskokosztowe moduły, zawierające układy naprowadzania, które czynią go precyzyjnym środkiem. W obszarze uzbrojenia przeciwokrętowego, zauważono że właściwym uzbrojeniem będą torpedy lotnicze, które tworzą precyzyjne środki bojowe. Najbliższa przyszłość rozwoju torped skupiona będzie na udoskonalaniu tej broni, tworząc z niej inteligentne, autonomiczne środki odporne na zakłócenia, z możliwością pracy w sieciocentrycznym środowisku walki. Z uwagi na niespełnianie wymagań prawnych przez miny morskie, w najbliższych latach nie należy spodziewać się ich rozwoju.

Głównymi ograniczeniami stosowania uzbrojenia lotniczego są aspekty prawne oraz militarne. Stwierdzono, że ograniczenia natury prawnej wynikają głównie z międzynarodowego prawa konfliktów zbrojnych oraz umów międzynarodowych. Przytoczone akty i umowy wymuszają stosowanie precyzyjnego uzbrojenia lotniczego, wykorzystywanego tylko i wyłącznie do celów wojskowych. Zabrania się używania, a nawet gromadzenia broni masowego rażenia. Problemem są także miny, w tym miny lotnicze. Powodami takiego stanu rzeczy jest długi czas ich aktywacji, trudności w ich likwidowaniu oraz łatwość spowodowania ich eksplozji. Z tych powodów zauważono, że ich rozwój, pomimo niskich nakładów finansowych został zdecydowanie spowolniony i obecnie nie jest rozwijany. Na podstawie konfliktów o charakterze zbrojnym i wykorzystaniu w jego ramach lotnictwa bojowego stwierdza się, że prawo międzynarodowe w wielu przypadkach nie jest przestrzegane, co stanowi współczesny problem. W aspekcie militarnym należy stwierdzić, że czynnikami ograniczającymi rozwój broni lotniczej jest *targeting* wojskowy oraz zjawisko *collateral damage*, określające straty wśród ludności cywilnej. Analogicznie do prawa konfliktów zbrojnych wymagają one stosowania wyspecjalizowanego i precyzyjnego uzbrojenia.

Należy także podkreślić, że aspekt finansowy ma decydujący wpływ i stanowi jedną z głównych determinant rozwoju lotniczych środków rażenia. Z tego powodu trwają prace nad zestawami do bomb oraz niekierowanymi pociskami raketowymi, które ograniczając koszty, sprostawszy wymaganiom natury militarnej oraz prawnej, pozwalającej na ich dalsze użycie. Kolejną wyraźną tendencją zniżkową dotyczącą aspektów ekonomicznych jest proces miniaturyzacji uzbrojenia, którego przykładem są środki do bezzałogowych bojowych systemów powietrznych niskich klas.

Analizując przyszłość LŚB nie można nie poruszyć kwestii związanych z materiałoznawstwem oraz technologiami wykorzystywanymi przy budowie uzbrojenia lotniczego. W pracy wskazano na niektóre z nich, takie jak materiały kompozytowe, nanotechnologie, sztuczną inteligencję i materiały fotoniczne. Wśród tych technologii upatruje się przyszłość uzbrojenia lotniczego, jako środków jeszcze bardziej precyzyjnych o większym poziomie zabezpieczeń na zagrożenia w postaci zakłóceń mogących nawet nosić charakter cyberwojny.

Reasumując, należy stwierdzić, że zaprezentowana w monografii analiza rozwoju lotniczych środków rażenia nie wyczerpuje w pełni złożoności całego zagadnienia, jednakże zawiera najważniejsze aspekty i problemy dotyczące

poruszanej tematyki. Jest ona także asumptem do jej rozszerzenia, poprzez treści dotyczące lotniczej broni: niekonwencjonalnej, w szczególności jądrowej, czy nieśmiercionośnej, działającej w oparciu o impuls elektromagnetyczny, falę akustyczną czy światło laserowe. Zagadnienia te będą zatem w przyszłości kontynuowane i rozszerzane o wskazane treści.

Bibliografia

Opracowania zwarte

- AAP-6 (2007, 2011, 2014). *Słownik terminów i definicji NATO zawierający wojskowe terminy i ich definicje w NATO*.
- Adamski M., Rajchel J., *Bezzatogowe statki powietrzne. Część I. Charakterystyka i wykorzystanie*, WSOSP, Dęblin 2013.
- Air Force Aerial Refueling Methods: Flying Boom versus Hose-and-Drogue*, CRS Report for Congress, 11 May 2005.
- Air Force Instruction 51-401, Training and Reporting to Ensure Compliance with the Law of Armed Conflict*, Department of the Air Force, Virginia 2011.
- AJP-3.3(A) Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations*, Section V – Core Air and Space Power Activities, NSA 2009.
- Allied Administrative Publication AAP-6 (2007, 2010), NATO Glossary of Terms and Definitions*.
- Ashby M.F., Jones D.R.H., Wojciechowski S., *Materiały inżynierskie*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.
- Atkinson R., *Crusade: The Untold Story of the Persian Gulf War*, Houghton-Mifflin, New York 1993.
- Bezpośrednie wsparcie lotnicze i izolacja lotnicza w operacji połączonej DD-3.3.2(A)*, Bydgoszcz 2014.
- Bielawski R., *Wybrane zagadnienia z budowy statków powietrznych. Definicje, pojęcia i klasyfikacje*, AON, Warszawa 2015.
- Biuletyn Informacyjny nr 2(160), Sztab Gen. WP, Warszawa 1994.
- Boczkowska A., Kapuściński J., Lindemann Z., Witemberg-Perzyk D., Wojciechowski S., *Kompozyty*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
- Ciepliński A., Woźniak R., *Encyklopedia współczesnej broni palnej (od połowy XIX wieku)*, Wydawnictwo WiS, Warszawa 1994.
- Commander's Handbook for Joint Time-Sensitive Targeting*, United States Joint Forces Command Joint Warfighting Center, 22 March 2002.

- Davis P.K., Zellman G., *Effects-Based Operations (EBO). A Grand Challenge for the Analytical Community*, RAND PUBN, 2001.
- DD/3, *Doktryna prowadzenia operacji połączonych*, 2004.
- Defense Acquisitions—Assessments of Selected Weapon Programs*, Report to Congressional Committees, U. S. GAO, Washington 2015.
- Dougherty M.J., *Nowoczesne uzbrojenie lotnicze. Podwieszenia – taktyka – technika*, MAK, Bremen 2010.
- Dubisz S., *Uniwersalny słownik języka polskiego*, Warszawa 2003.
- Durand L.P., *Composite materials research progress*, Nova Science Publishers, New York 2008.
- Encyklopedia najnowszej broni palnej. Tom 1 – litery A–F*, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 2001.
- Encyklopedia najnowszej broni palnej. Tom 4 – litery R–Z*, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 2001.
- „Eyes of the army” *U.S. Army Roadmap for UAS 2010–2035*, U.S. Army UAS Center of Excellence, Fort Rucker 2010.
- Feigenbaum E., Feldman J., *Maszyny matematyczne i myślenie*, PWN, Warszawa 1972.
- Flemming M., Wojciechowska J., *Zbrodnie wojenne. Przestępstwa przeciwko pokojowi, państwu i obronności. Rozdział XVI, XVII, XVIII kodeksu karnego. Komentarz*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 1999.
- Forsyth R., *Expert Systems – Principles and Case Studies*, Chapman and Hall, Univ. Press Cambridge 1984.
- Functional Planning Guide for Joint Air Operations Planning*, Joint Air Power Competence Centre, Germany, 1 June 2012.
- Future Readiness*, Naval Aviation Vision, January 2010.
- Gorielov I.N., *Razgovor s kompiutierom*, Wydawnictwo Nauka, Moskwa 1987.
- Górbiela A. (red.), *Prawo międzynarodowe. Źródła i materiały*, Katowice 1970.
- Green L.C., *The contemporary law of armed conflict*, Manchester 2000.
- Grzesik N., *Uzbrojenie samolotu F-16*, WSOSP, Dęblin 2010.
- Grzesik N., *Zaawansowane systemy uzbrojenia lotniczego. Budowa i zastosowanie*, WSOSP, Dęblin 2011.
- Huzarski M., Wołejczo J. (red.), *Leksykon obronności Polska i Europa*, Bellona, Warszawa 2014.
- Ilustrowany leksykon lotniczy. Osprzęt i radioelektronika*, WKŁ, Warszawa 1990.
- Ilustrowany leksykon lotniczy. Uzbrojenie*, WKŁ, Warszawa 1991.

- Jemioło T., Sienkiewicz P. (red.), *Zagrożenia dla bezpieczeństwa informacyjnego państwa (Identyfikacja, analiza zagrożeń i ryzyka)*, tom I, Raport z badań, Warszawa 2004.
- JP 1-02, *Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms*, 8 November 2010 (As Amended Through 15 October 2015).
- JP 3-01, *Countering Air and Missile Threats*, 23 March 2012.
- JP 3-03, *Joint Interdiction*, 14 October 2011.
- JP 3-09.3, *Close Air Support*, 25 November 2014.
- JP 3-60, *Joint Targeting*, 31 January 2013.
- Kaczorowski B., *Wielka encyklopedia PWN*, t. 27, Warszawa 2005.
- Karpowicz J., Cieślak E., *Lotnictwo wsparcia w sojuszniczych działaniach powietrznych*, AON, Warszawa 2003.
- Kłosowicz S.J., *Materiały fotoniczne, Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia*, WAT, Warszawa 2008.
- Konieczny J., *Cybernetyka walki*, PWN, Warszawa 1970.
- Krock R.H., Brautman L.J., *Composite materials*, Academic Press, New York 1975.
- Kuczmański Z., *Obrona wybrzeża morskiego*, Warszawa 1996.
- Lennox D., *Jane's Strategic Weapon Systems Issue 49*, Jane's Information Group Limited, Coulsdon 2009.
- Łobocki M., *Metody i techniki badań pedagogicznych*, Impuls, Kraków 2011.
- Makowski A., *Uwarunkowania działalności sił morskich na Bałtyku – aspekty strategiczno-obronne i prawo międzynarodowe*, rozprawa habilitacyjna, Gdynia 1994.
- Makowski R., *Uzbrojenie Lotnicze. Podręcznik, część I, Broń lotnicza*, DWL, Poznań 1989.
- Marud W., *Ewolucja teorii targetingu lotniczego*, AON, Warszawa 2015.
- MC 362/1, *NATO Rules of Engagement*.
- Mikołajczuk M., Gruszczyński J., *Uzbrojenie ZSRR i Rosji 1945–2000*, Wydawnictwo IGLICA, Warszawa 2000.
- National Military Strategy for Cyberspace Operations – NMS-CO. Joint Chiefs of Staff*, Waszyngton 2006.
- Norma PN-EN ISO 9000:2006.
- Norma obronna NO-01-A010:2009.
- Ogonowski K., *Systemy uzbrojenia lufowego współczesnych statków powietrznych*, WSOSP, Dęblin 2013.
- Pawłowski J. (red.), *Słownik terminów z zakresu bezpieczeństwa narodowego*, AON, Warszawa 2008.

- Petrozolin-Skowrońska B., *Nowa encyklopedia powszechna PWN*, t. 6, Warszawa 1996.
- Połączone operacje powietrzne DD-3.3(B)*, Bydgoszcz 2014.
- Ratner D., Ratner M., *Nanotechnology. a gentle introduction to the next big idea*, Prentice Hall Professional Technical Reference, 2002.
- Reilly J.M., *Operational Design. Distilling Clarity from Complexity for Decisive Action*, Air University Press, Maxwell 2012.
- SALT lexicon*. Revis ed. Washington, DC: US Arms Control and Disarmament Agency, 1975.
- Sassòli M., Bouvier A.A., *How Does Law Protect in War*, ICRC, Geneva 1999.
- Słownik języka polskiego SJP*, online – <http://sjp.pl>.
- Targeting w siłach połączonych DD/3.9*, Warszawa 2010.
- UNMANNED CARRIER-BASED AIRCRAFT SYSTEM – Navy Needs to Demonstrate Match between Its Requirements and Available Resources*, Report to Congressional Committees, May 2015.
- Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038*, United States Department of Defense, 2013.
- US RULES OF ENGAGEMENT FOR IRAQ, 8/2007, WIKILEAKS RELEASE: APRIL 5, 2010.
- Van Engeland A., *Civilian or Combatant? A Challenge for the 21st Century*, Oxford, New York 2011.
- Walka radioelektroniczna DD-3.6(B)*, Bydgoszcz 2015.
- Wetoszka A., Nowak I., *Zastosowanie samolotu F-16 w misjach bojowych*, WSOSP, Dęblin 2014.
- Wolejszo J., *Sposoby obliczania potencjału bojowego pododdziału, oddziału i związkę taktycznego*, AON, Warszawa 2000.
- Zabłocki E., *Siły powietrzne*, AON, Warszawa 2007.
- Zajas S. (red.), *Studium przyszłości sił powietrznych. Kierunki rozwoju do 2025 roku*, AON, Warszawa 2009.
- Zieliński T., *Funkcjonowanie bezzałogowych systemów powietrznych w sferze cywilnej*, Silva Rerum, Poznań 2014.
- Żyłuk A., *Uzbrojenie lotnicze. Badania*, Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2013.

Artykuły

- AGM-114 Hellfire II Missile*, online – <http://www.army-technology.com/projects/hellfire-ii-missile/>.
- Bieńczyk-Missala A., Grenich P., *Międzynarodowe prawo humanitarne w świetle współczesnych konfliktów zbrojnych*, online – http://www.pl.ism.uw.edu.pl/wp-content/uploads/2013/02/Agnieszka-BienczykMissala-Patrycja-Grenich_MPH.pdf.
- Bowen J., *I saw no evidence of Hamas using Palestinians as human shields*, online – <http://www.newstatesman.com/world-affairs/2014/07/jeremy-bowens-gazanotebook-i-saw-no-evidence-hamas-using-palestinians-human>.
- Brown G., *Defining a 5th Generation Fighter*, Dubai International Air Chiefs Conference, November 2011.
- Bowens G., *Legal Issues in Peace Operations*, „Parameters” 1998–1999, vol. XXVIII.
- Całkowski T., *Targeting w dowodzeniu artylerią*, „Zeszyty Naukowe WSOWL” 2012, nr 2(164).
- Całkowski T., *Targeting w dowodzeniu siłami połączonymi – podstawowe założenia*, „Zeszyty Naukowe AON” 2011, nr 3(84).
- Carlisle H., *5th Generation Fighters*, online – http://secure.afa.org/events/Breakfasts/Breakfast_2-28-12_LtGen_Carlisle.pdf.
- Cheap smart weapons - Rockets galore*, „The Economist” 2012, nr 5, online – <http://www.economist.com/node/21563702>.
- Cwojdzinski L., *Ewolucja platform bezzałogowych*, „Przegląd Sił Zbrojnych” 2014, nr 3.
- Czeszejko S., *Działania w środowisku elektronicznym*, „Przegląd Sił Powietrznych” 2011, nr 11.
- Czeszejko S., *Konflikty ery informacyjnej*, „Przegląd Sił Powietrznych” 2011, nr 6.
- Czeszejko S., *Pociski przeciwradiolokacyjne – rozwój i ich stan obecny* [w:] Zeszyty Naukowe WZiD AON – Obronność, nr 1(5)/2013.
- Czupryński A., *Wybrane problemy targetingu na poziomie operacyjnym* [w:] „Targeting w procesie dowodzenia. Materiały z sympozjum naukowego – 7 kwietnia 2004”, AON, Warszawa 2004.
- DeNeve A., *Looking Beyond the J-UCAS Technological Demonstrator Program's Demise*, Royal High Institute for Defence, FOCUS PAPER 24, November 2010.

- Dunnigan J., *Laser Weapons for the F-22*, online – <https://www.strategypage.com/militaryforums/478-2348.aspx#startofcomments>.
- Israel „Roof Knocking” Video Raises Question: Warning Or Human Rights Violation?, online – <http://www.ibtimes.com/israel-roof-knocking-video-raisesquestion-warning-or-human-rights-violation-1628734>.
- Edwards S.A., *Nanomedical Technology: Financial, Legal, Clinical, Political, Ethical, and Social Challenges to Implementation* [w:] *Nanofabrication Towards Biomedical Applications: Techniques, Tools, Applications, and Impact*, C.S.S.R. Kumar, J. Hormes, C. Leuschner (Ed.), Weinheim – Wiley-VCH Verlag, 2005.
- Francis M., *Joint Unmanned Combat Air Systems: The Have Blue of the 21st Century*, „DARPA Tech 2005” August 9–11.
- Głębocki J., Kuliś J., Kurpiel S.J., *Miny morskie – prognoza rozwoju*, „Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej” 2005, nr 3(162).
- Grabowski K., Dąbrowski C., *Proces dowodzenia dowódcy pododdziału w aspekcie DD/3.2.5*, „Zeszyty Naukowe WSOWL” 2008, nr 2(148).
- Hallion R.P., *Precision guided munitions and the new era of warfare*, online – <http://fas.org/man/dod-101/sys/smart/docs/paper53.htm>.
- Hallion R.P., *Precision guided munitions and the new era of warfare*, online – <http://fas.org/man/dod-101/sys/smart/docs/paper53.htm>.
- Israel „Roof Knocking” Video Raises Question: Warning Or Human Rights Violation?, online – <http://www.ibtimes.com/israel-roof-knocking-video-raisesquestion-warning-or-human-rights-violation-1628734>.
- Kłosowicz S.J., *Nanotechnologia i fotonika w siłach zbrojnych*, „Kwartalnik Belona” 2009, nr 1.
- Kowalczyńska K., *„Bardziej niż maszyn potrzebujemy człowieczeństwa”. Kilka refleksji nad zasadą humanitaryzmu w świetle propagandy wojennej*, „Kultura Bezpieczeństwa. Nauka – Praktyka – Refleksje” 2015, nr 18.
- Kopczewski M., Pączek B., *Systemy komputerowego sterowania stosowane w bezzałogowych statkach powietrznych*, online – http://mit.weii.tu.koszalin.pl/MIT5/Modele%20inzynierii%20teleinformatyki%205_03%20Kopczewski%20Paczek.pdf.
- Leśnikowski W., *Witamy w świecie cyberwojny*, „Przegląd Sił Powietrznych” 2011, nr 4.
- Majumdar D., LaGrone S., *Navy: UCLASS will be stealthy and „Tomcat size”*, online – <http://news.usni.org/2013/12/23/navy-uclass-will-stealthy-tomcat-size>.

- Marcinko M., *Historia, źródła i podstawowe zasady międzynarodowego prawa humanitarnego*, online – <https://www.google.com/search?q=Historia%2C+%C5%BAr%C3%B3d%C5%82a+i+podstawowe+zasady++mi%C4%99dzynarodoweg>.
- Mayer J., *The Predator War: What are the risks of the C.I.A.'s covert drone program?*, „The New Yorker”, 26 October 2009.
- McCormack E., *Future Air Combat and 5th Generation Fighters*, online – <http://www.williamsfoundation.org.au/Resources/Documents/5thGeneration.pdf>.
- Meyers B., Cancilliere F., LaPointe K., *Torpedoes and the next generation of underwater weapons*, online – http://www.public.navy.mil/subfor/underseawarfaremagazine/Issues/Archives/issue_14/torpedoes.html.
- No Chip in Arm, No Shot From Gun*, online – <http://renew.com/general51/no-chip.htm>.
- Pociski APKWS dla AH-64 Apache*, „Lotnictwo Aviation International” 2015, nr 3.
- Pentagon Plans to Weaponize More Drones*, online – <http://defensetech.org/2013/12/30/pentagon-plans-to-weaponize-more-drones/>.
- Phillips G., *Rules of Engagement: A Primer*, „The Army Lawyer” 1993, nr 6.
- Pociski APKWS dla AH-64 Apache*, „Lotnictwo Aviation International” 2015, nr 3.
- Rodak W., *Efekt CNN: wpływ mediów na interwencje zbrojne Stanów Zjednoczonych w Afganistanie, na Haiti i w Liberii*, FEPS WORKING PAPERS 8/2008.
- Sławiński M., *Zjawisko collateral damage w działaniach lotnictwa* [w:] *Zeszyty Naukowe Akademii Podlaskiej*, Seria: Administracja i Zarządzanie nr 86, Siedlce 2010.
- Staroń J., *Analiza ekonomiczna*, online – www.wrota.podkarpackie.pl/res/.../9_analiza_ekonomiczna__metody.ppt [dostęp: 23.12.2015].
- Stevenson B., *FARNBOROUGH: Thales develops new missile for UAVs*, online – <https://www.flightglobal.com/news/articles/farnborough-thales-develops-new-missile-for-uavs-401276/>.
- Trimble S., *E-2D units will command future UCLASS fleet*, online – <https://www.flightglobal.com/news/articles/e-2d-units-will-command-future-uclass-fleet-407693/>.
- Unmanned Carrier Launched Surveillance and Strike (UCLASS) Program*, online – <http://www.navaldrone.com/UCLASS.html>.

- Warrick J., Finn P., *Amid outrage over civilian deaths in Pakistan-CIA turns to smaller missiles*, online – <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2010/04/25/AR2010042503114.html?sid=ST2010042503646>.
- Wieliczko L.A., *Program UCLASS*, „Armia” 2014, nr 7–8(70).
- Van Allena J.A., *Basic principles of celestial navigation* [w:] American Association of Physics Teachers 72(11), November 2004.
- Youngs T., Bowers P., *Kosovo: Operation „Allied Force”*, House of Commons Library Research Paper 99/48.
- Zalewski P., *Klasyfikacja BSP: zasięg, pułap i długotrwałość na podstawie – system klasyfikacji BSP wg. standardów NATO*, „Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej” 2001, nr 12.

Akty prawne

- Konwencja dotycząca zakładania min wybuchających automatycznie za dotknięciem (VIII konwencja haska), Haga, 18 października 1907 r.
- Konwencja o zakazie prowadzenia badań, produkcji i gromadzenia zapasów broni bakteriologicznej (biologicznej) i toksycznej oraz o ich zniszczeniu, sporządzona w Moskwie, Londynie i Waszyngtonie dnia 10 kwietnia 1972 r. (DzU z 1976 nr 1, poz. 1).
- Konwencja o zakazie prowadzenia badań, produkcji, składowania i użycia broni chemicznej oraz o zniszczeniu jej zapasów, Paryż, 13 stycznia 1993 r. (DzU z 1999 r. nr 63, poz. 703).
- Konwencja o zakazie używania technicznych środków oddziaływania na środowisko w celach militarnych lub jakichkolwiek innych celach wrogich, Genewa, 18 maja 1977 r. (DzU z 1978 r. nr 31, poz. 132).
- Protokół dodatkowy do konwencji genewskich z 12 sierpnia 1949 r., dotyczący ochrony ofiar międzynarodowych konfliktów zbrojnych (protokół I), Genewa, 8 czerwca 1977 r. (DzU z 1992 r. nr 41, poz. 175).
- Reguły wojny powietrznej, Haga, 19 lutego 1923 r.
- Ustawa z dnia z dnia 2011 r. o zmianie ustawy o stanie wojennym oraz o kompetencjach Naczelnego Dowódcy Sił Zbrojnych i zasadach jego podległości konstytucyjnym organom Rzeczypospolitej Polskiej oraz niektórych innych ustaw, BBN Warszawa 2011.

Strony internetowe

[www.airforce-technology](http://www.airforce-technology.com)
<http://defense-update.com>
<https://treaties.un.org>
<http://wb.com.pl>
<http://www.gd-ots.com>
<http://www.armedforces.co.uk>
<http://www.army-technology.com>
<http://www.baesystems.com>
<http://www.deagel.com>
<http://www.diehl.com>
<http://www.dtic.mil>
<http://www.generaldynamics.com>
<http://www.globalsecurity.org>
<http://www.janes.com/defence/weapons>
<http://www.lockheedmartin.com>
<http://www.mbda-systems.com>
<http://www.raytheon.com>
<http://www.thehindu.com>
<http://www.usaf.com/weapons>
<https://www.cia.gov>

Wykaz rysunków

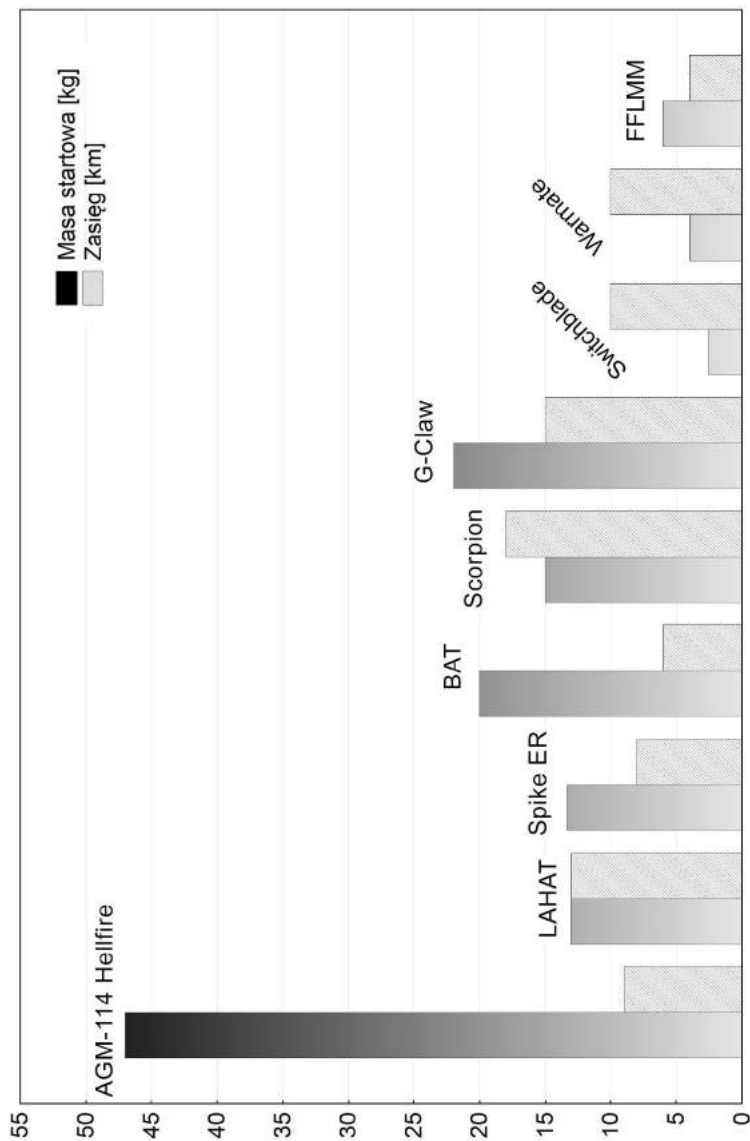
1. Wykres zależności pułapu od zasięgu UCAV na tle strategicznych i taktycznych UAV	32
2. Wybrany futurystyczny scenariusz zastosowania uzbrojenia BAT	38
3. Bojowy bezzałogowy system powietrzny Warmate	41
4. Rozwój generacji samolotów bojowych	54
5. Proces naprowadzania pocisku przeciwradiolokacyjnego AGM-88E AARGM	66
6. Makieta pocisku AGM-158 JASSM	69
7. Wizualizacja trajektorii uskrzydłonego pocisku manewrującego Storm Shadow	72
8. Budowa amunicji ataku bezpośredniego JDAM	80
9. Model zestawu JDAM-ER zamontowanego na klasycznej bombie.....	81
10. Schemat budowy bomby szybującej AGM-154C JSOW	82
11. Porównanie przebijałości betonu przez wybrane penetrujące bomby przeciwbetonowe	85
12. Przebieg procesu targetingu na szczeblu komponentu powietrznego	125
13. Zestaw uzbrojenia dla samolotu F-16 C/D podczas pełnienia dyżuru bojowego	130

Wykaz tabel

1. Podział bezzałogowych statków powietrznych wg naukowców z Wojskowej Akademii Technicznej.....	31
2. Dane taktyczno-techniczne wybranych pocisków raketowych klasy powietrze-powietrze przeznaczonych do BBSP	42
3. Dane taktyczno-techniczne wybranych pocisków raketowych klasy powietrze-ziemia przeznaczonych do BBSP	43
4. Dane taktyczno-techniczne wybranego współczesnego uzbrojenia lufowego samolotów.....	64
5. Dane taktyczno-techniczne wybranych samolotowych pocisków raketowych klasy powietrze-powietrze.....	64
6. Dane taktyczno-techniczne wybranych pocisków klasy powietrze-ziemia.....	74
7. Dane taktyczno-techniczne wybranych uskrzydłonych pocisków manewrujących klasy powietrze-ziemia	74
8. Dane taktyczno-techniczne wybranych pocisków klasy powietrze-woda.....	78
9. Dane taktyczno-techniczne wybranych współczesnych bomb lotniczych.....	86
10. Dane taktyczno-techniczne wybranych współczesnych granatników lotniczych.....	91
11. Dane taktyczno-techniczne wybranych współczesnych śmigłowcowych niekierowanych pocisków raketowych (NPR).....	94
12. Dane taktyczno-techniczne wybranych współczesnych torped lotniczych.....	99
13. Jednostkowe ceny wybranych środków rażenia dedykowanych do BBSP	159
14. Jednostkowe ceny wybranych samolotowych środków rażenia.....	159
15. Jednostkowe ceny wybranych śmigłowcowych środków rażenia	159

Załączniki

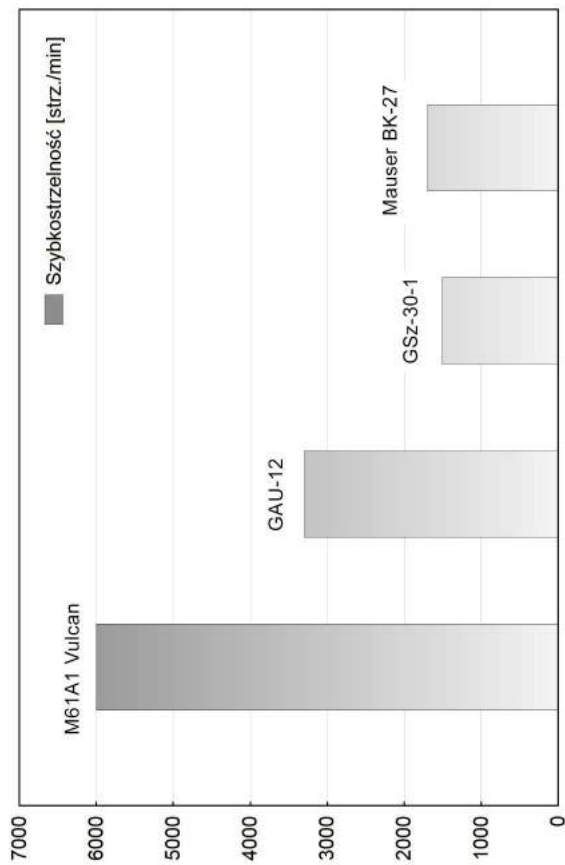
Bojowe bezzałogowe statki powietrzne



Opracowanie własne.

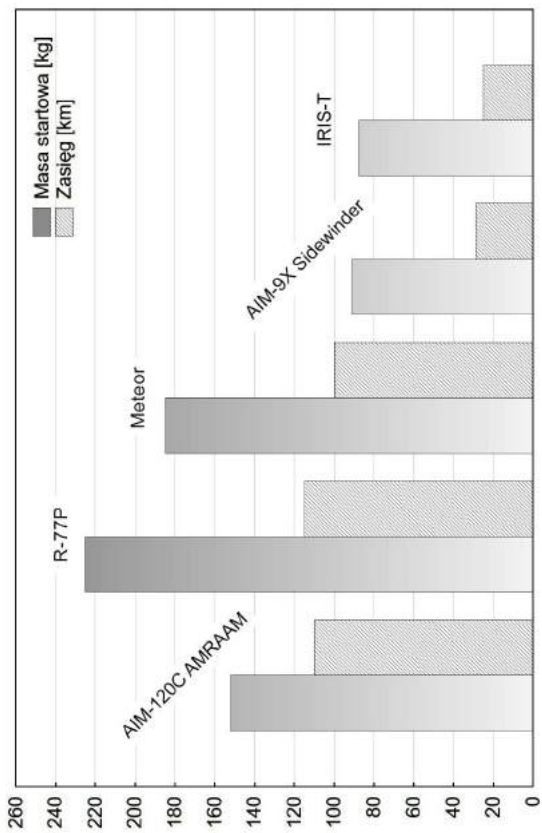
Porównanie mas startowych [kg] i zasięgów [km] wybranych lotniczych środków rażenia do bojowych bezzałogowych statków powietrznych

Samoloty bojowe



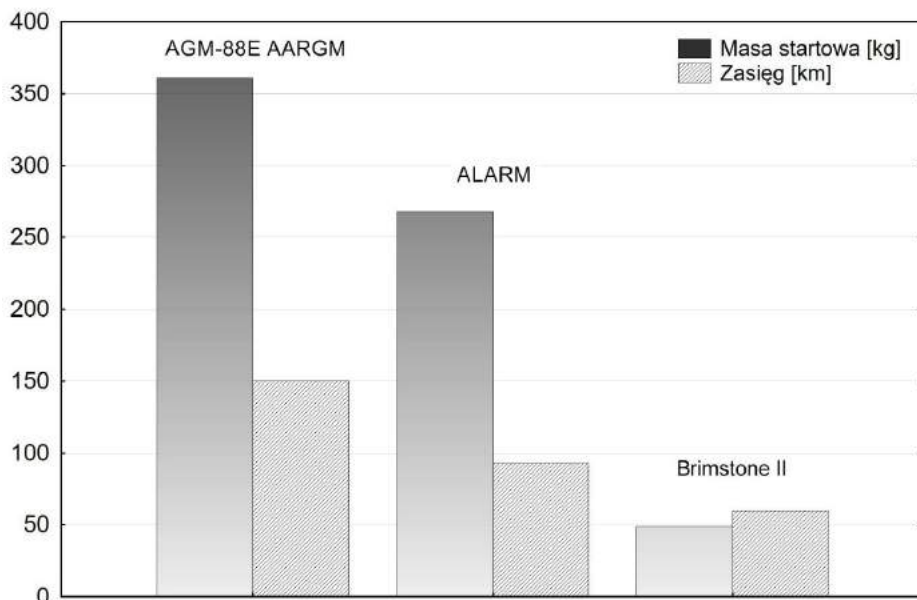
Opracowanie własne.

Porównanie szybkostrzelności [strz./min] wybranych samolotowych działek lotniczych



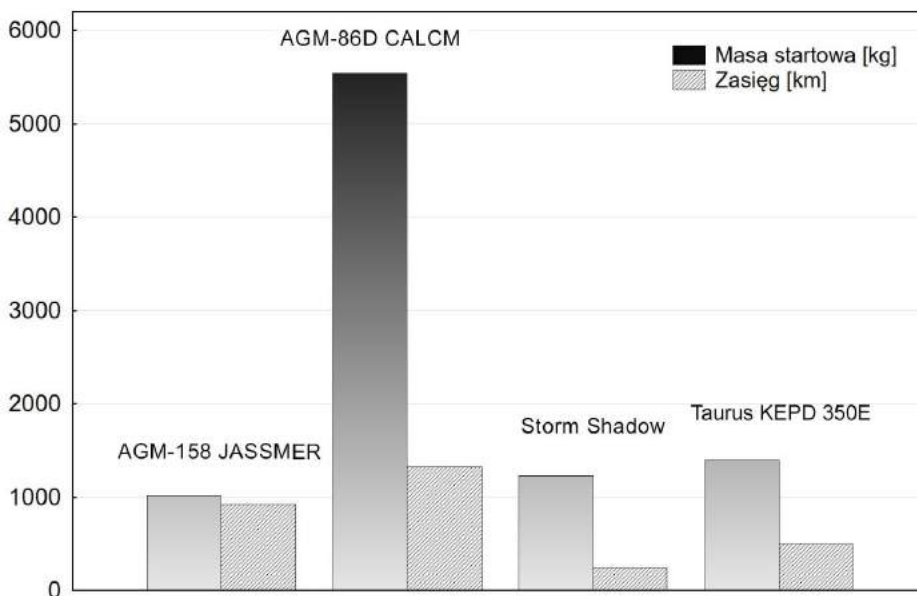
Opracowanie własne.

Porównanie mas startowych [kg] i zasięgów [km] wybranych samolotowych pocisków rakietowych klasy powietrze-powietrze



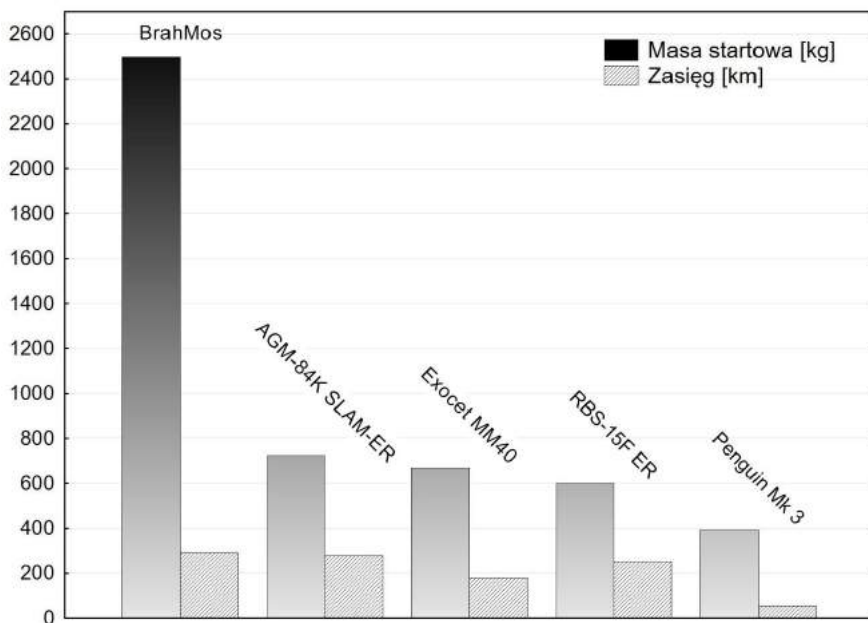
Opracowanie własne.

Porównanie mas startowych [kg] i zasięgów [km] wybranych samolotowych pocisków rakietowych klasy powietrze-ziemia



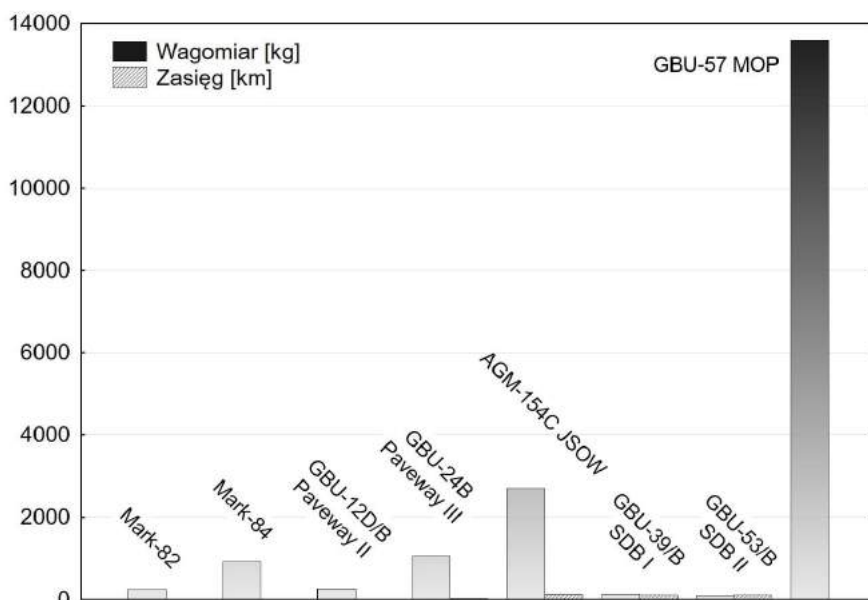
Opracowanie własne.

Porównanie mas startowych [kg] i zasięgów [km] wybranych uskrzydlnych pocisków manewrujących klasy powietrze-ziemia



Opracowanie własne.

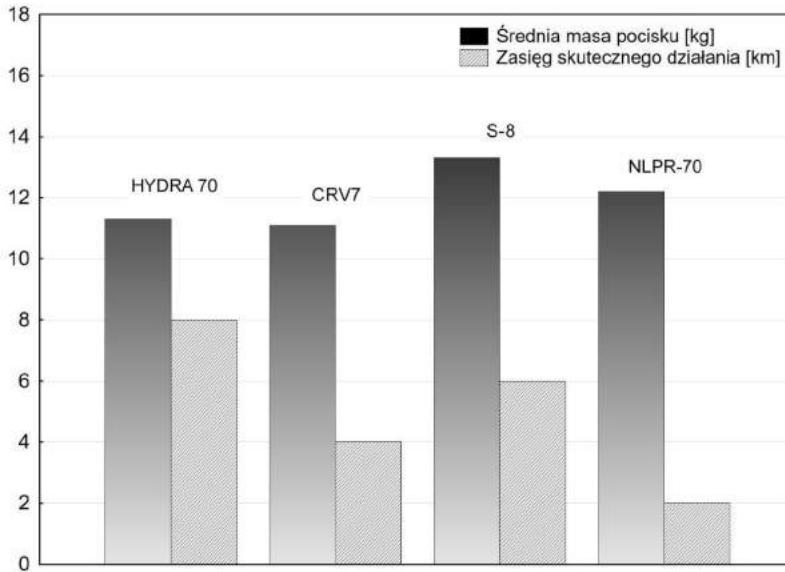
Porównanie mas startowych [kg] i zasięgów [km] wybranych samolotowych pocisków klasy powietrze-woda



Opracowanie własne.

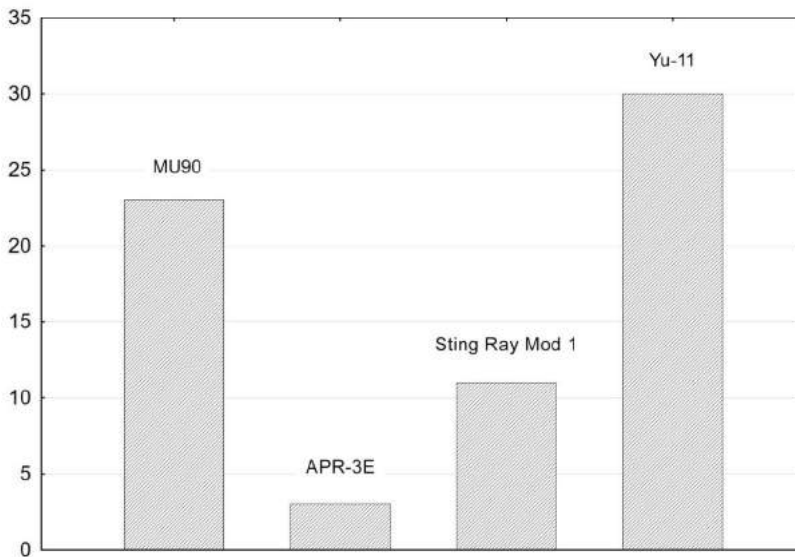
Porównanie wagomiarów [kg] i zasięgów [km] wybranych bomb lotniczych

Śmigłowce bojowe



Opracowanie własne

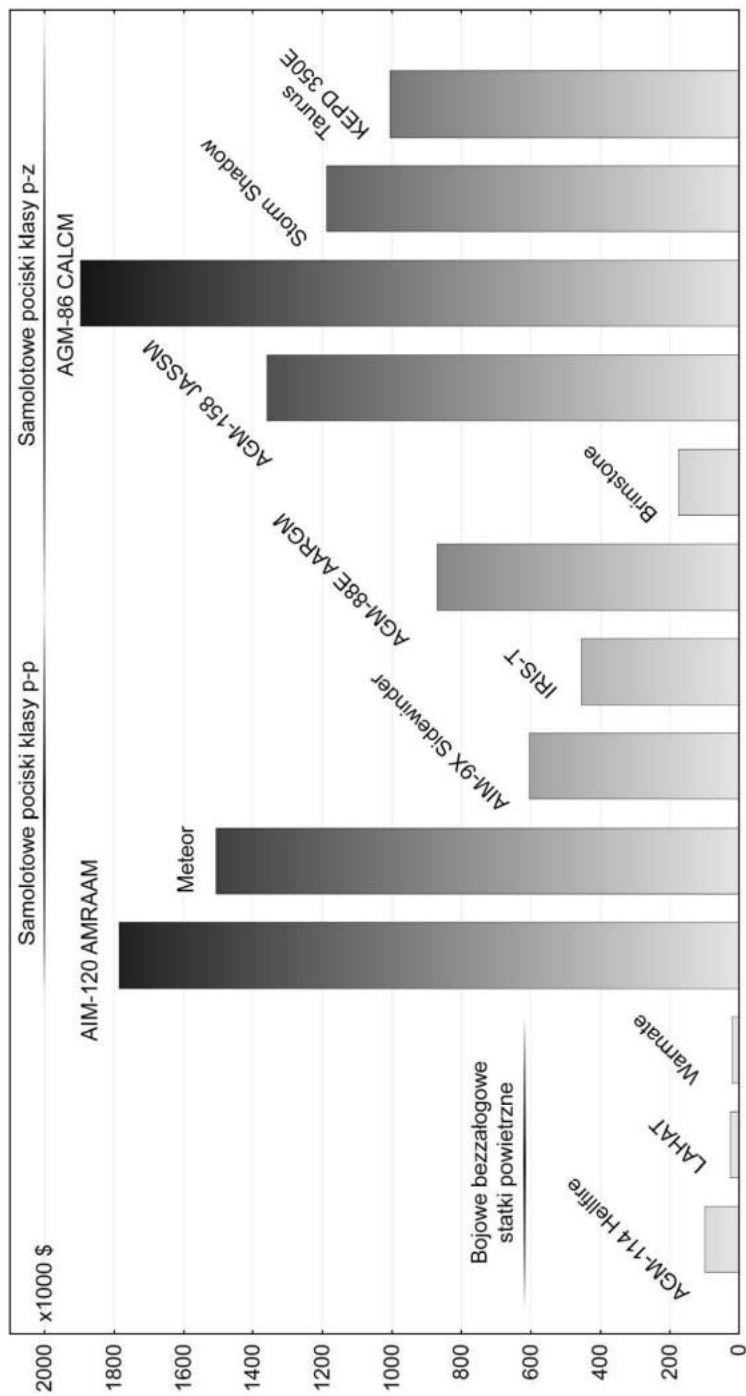
Porównanie średnich mas startowych [kg] i zasięgów skutecznego działania [km] wybranych śmigłowcowych niekierowanych pocisków rakietowych



Opracowanie własne.

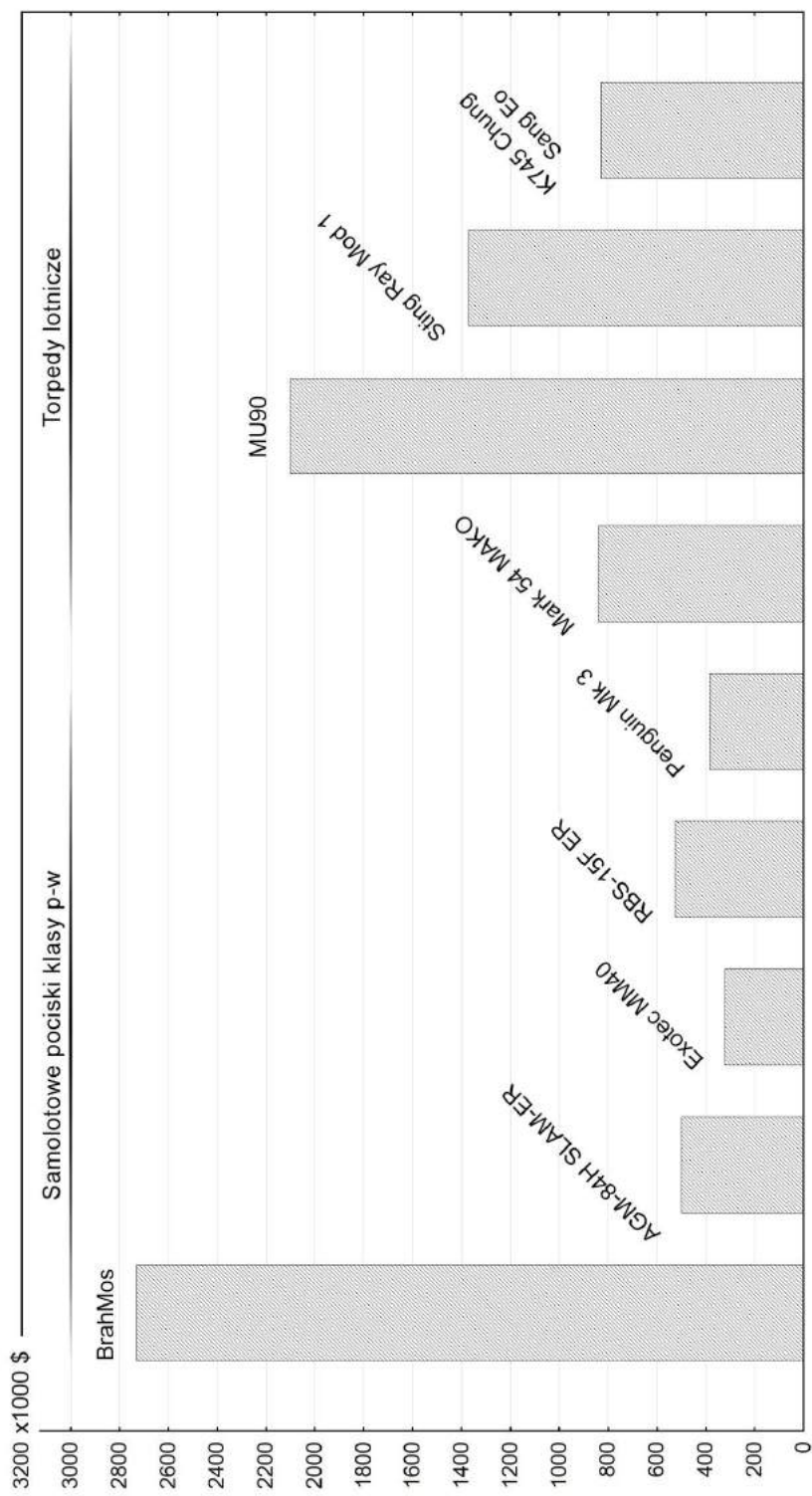
Porównanie zasięgów [km] wybranych współczesnych torped lotniczych

Koszty lotniczych środków rażenia



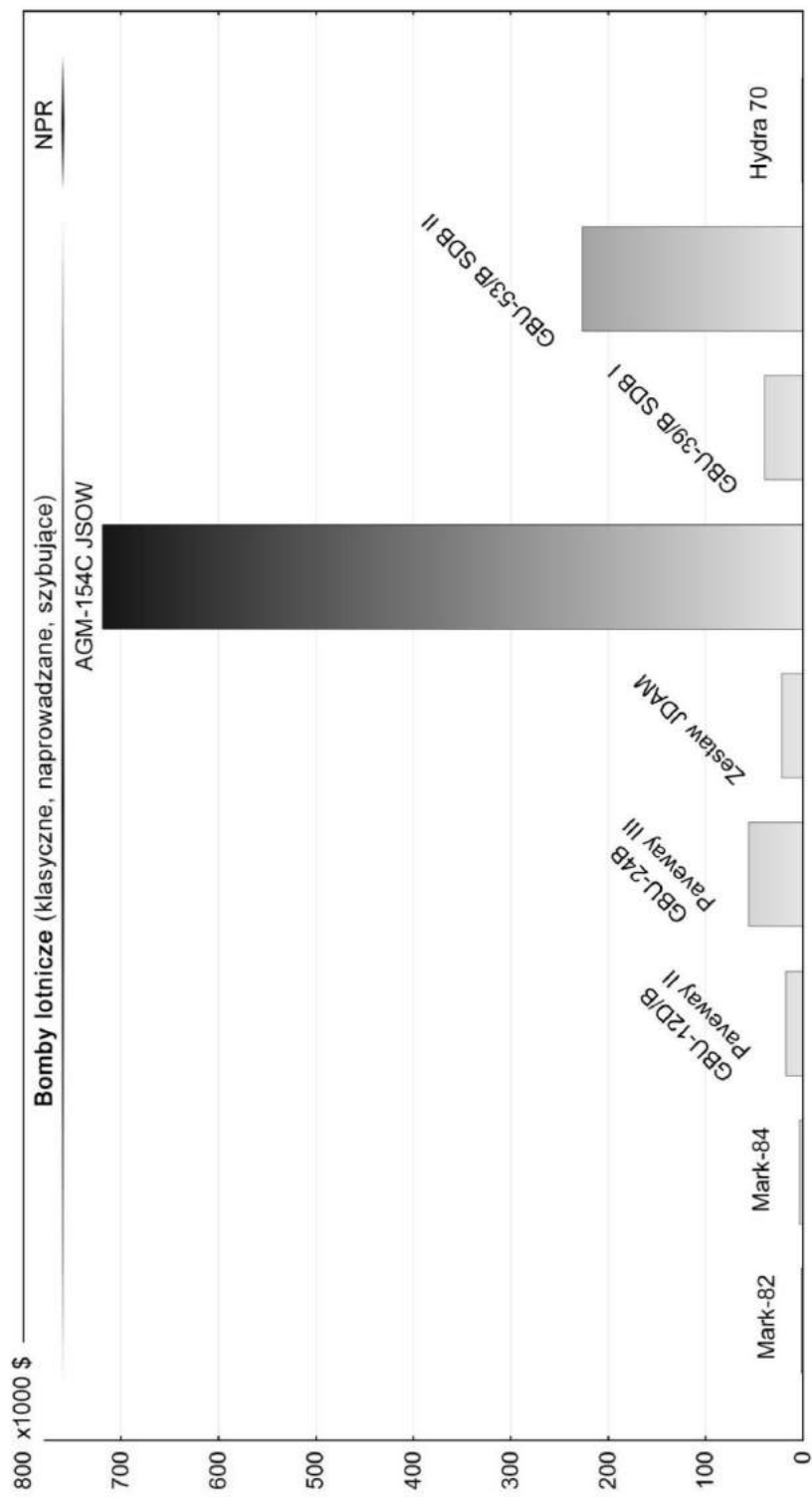
Opracowanie własne.

Porównanie jednostkowych cen wybranych lotniczych środków rażenia do BBSP oraz samolotowych pocisków klasy p-p i p-z



Opracowanie własne.

Porównanie jednostkowych cen wybranych samolotowych pocisków klasy powietrze-woda oraz torped lotniczych



Opracowanie własne.

Porównanie jednostkowych cen wybranych bomb lotniczych oraz niekierowanych pocisków raketowych