

S/4622



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

AON 5282/2001

Mjr dypl. nawig. Wiesław MARUD
Kpt. dypl. nawig. Robert MORCHAL

WYKORZYSTANIE TERMOWIZJI W DZIAŁANIACH BOJOWYCH LOTNICTWA

53547

WARSZAWA

2001

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OBRONY POWIETRZNEJ

AON 5282/2001

Mjr dypl. nawig. Wiesław MARUD
Kpt. dypl. nawig. Robert MORCHAL

WYKORZYSTANIE TERMOWIZJI W DZIAŁANIACH BOJOWYCH LOTNICTWA



Powielenie i oprawa:
Akademia Obrony Narodowej – Wydział Wydawniczy
Zam. nr 1334/2000

Spis treści

WSTĘP	5
1. IDENTYFIKACJA TERMOWIZJI	7
2. TERMOWIZJA W SYSTEMACH UZBROJENIA LOTNICZEGO.....	15
2.1 Wykorzystanie termowizji w urządzeniach systemów celowniczo-nawigacyjnych	19
2.2 Zastosowanie termowizji w lotniczych środkach rażenia	33
3. DZIAŁANIA BOJOWE LOTNICTWA TAKTYCZNEGO Z WYKORZYSTANIEM URZĄDZEŃ TERMOWIZYJNYCH	47
3.1 Taktyczne aspekty zastosowania termowizji w działaniach bojowych lotnictwa uderzeniowego	48
3.2 Wykorzystanie urządzeń termowizyjnych w działaniach bojowych lotnictwa myśliwskiego	68
ZAKOŃCZENIE.....	77
BIBLIOGRAFIA.....	79
ZAŁĄCZNIK.....	83



WSTĘP

Szybki rozwój techniki lotniczej, a w szczególności uzbrojenia lotniczego stwarza dla lotnictwa wojskowego coraz to większe możliwości. Szczególny nacisk kładzie się obecnie na broń inteligentną i precyzyjnie kierowaną. Przykładem tego może być konflikt w rejonie Zatoki Perskiej, gdzie praktycznie po raz pierwszy państwa koalicji antyirackiej wykorzystwały na tak szeroką skalę tego typu środki rażenia. Pozwoliło to siłom sprzymierzonych osiągnąć znaczną efektywność uderzeń na ważne obiekty małowymiarowe, takie jak: stanowiska dowodzenia, węzły łączności, stanowiska startowe rakiet operacyjnych itp., przy użyciu ograniczonej liczby pocisków czy też bomb kierowanych.

Również pewnym novum tego konfliktu było wykorzystanie lotnictwa w taktycznych działaniach powietrznych w nocy. Było to możliwe dzięki zastosowaniu najnowszych technologii, które zapewniały radiolokacyjną niewidzialność (technologia „stealth”), jak również specjalistycznego wyposażenia optoelektronicznego w postaci kamer termowizyjnych oraz zasobników nawigacyjno-celowniczych nowej generacji. Nowe systemy nawigacyjno-celownicze umożliwiają wykonywanie lotów na małych wysokościach w każdych warunkach pogodowych zarówno w dzień jak i w nocy oraz zapewniają efektywne wykorzystanie systemów uzbrojenia samolotu, takich jak kierowane bomby i pociski raketowe.

Znaczenie techniki termowizyjnej stosowanej we współczesnych samolotach wojskowych ponownie potwierdziło się (po konflikcie w Zatoce Perskiej) w działaniach lotnictwa sprzymierzonych w byłej Jugosławii (operacja „Allied Force”). Większość nalotów w ramach ataku strategicznego na obiekty położone w Serbii z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia było przeprowadzonych właśnie w godzinach nocnych.

Wykorzystanie samolotów w działaniach nocnych w znaczny sposób rozszerza taktykę i możliwości lotnictwa w zakresie wykonywania precyzyjnych uderzeń na cele naziemne (nawodne), a jednoczesne zastosowanie urządzeń termowizyjnych zapewnia załogom samolotów pewien komfort w zakresie rozpoznania powietrznego, wykrycia celu i precyzyjnego uderzenia na cel, ponieważ piloci wykonując lot

do obiektu uderzenia mogą obserwować teren, nad którym przelatują, na wielofunkcyjnych ekranach (wskaźnikach) pokładowych.

Ponadto termowizja w znaczny sposób zwiększa możliwości skrytego podejścia do obiektu uderzeń i uzyskanie pełnego zaskoczenia, gdyż urządzenia wykonane w tej technice są całkowicie pasywne i niezauważalne dla przeciwnika. Cecha pasywności działania urządzeń termowizyjnych stwarza również możliwości szerokiego stosowania ich w samolotach wykonanych w technologii „stealth” zamiast stacji radiolokacyjnych, które promieniując energię zdradzają położenie samolotu podczas dolotu do celu.

Jak widać rola urządzeń termowizyjnych wykorzystywanych w technice lotniczej jest dość duża szczególnie podczas prowadzenia działań bojowych w nocy i prawdopodobnie będzie nadal wzrastać, gdyż rozwój techniki lotniczej w dalszym ciągu zmierzać będzie do zmniejszenia stopnia wykrywalności samolotów, a w tym również wykorzystania pasywnych środków rozpoznania i śledzenia celów.

Prezentowane opracowanie jest próbą wskazania rzeczywistych możliwości wykorzystania urządzeń termowizyjnych w systemach uzbrojenia lotniczego współczesnych samolotów podczas prowadzenia działań bojowych. Rozważania zawarte w skrypcie oparte są głównie na analizie i ocenie następujących konfliktów zbrojnych:

1. Wojna w Zatoce Perskiej (1991 r);
2. Konflikt w byłej Jugosławii (1999 r).

Rezultaty analizy literatury oraz wynikające z nich wnioski zostały przedstawione w trzech rozdziałach.

1. IDENTYFIKACJA TERMOWIZJI

Dynamiczny rozwój optoelektroniki w ostatnich dwudziestu latach sprawił, że rozwiązany został techniczno-technologiczny problem budowania urządzeń, które widzą prawie wszystko, wykorzystując do tego promieniowanie cieplne. W związku z tym powstała szeroka możliwość obserwacji otaczającego nas świata w innym wymiarze. Wykorzystany w tym celu zakres podczerwieni widma elektromagnetycznego stwarza możliwości obserwowania otoczenia w wymiarze wychodzącym poza granice promieniowania widzialnego.

Proces widzenia przez człowieka oparty jest na odbiorze promieni światła odbitych od obiektów i przebiegających od otoczenia do ludzkiego oka. Czynna długość fali promieniowania elektromagnetycznego umożliwiająca widzenie wynosi od $0,38 \mu\text{m}$ do $0,75 \mu\text{m}$, chociaż dobrze widzimy jedynie w zakresie $0,5 - 0,65 \mu\text{m}$. W tym przedziale różne długości fal pozwalają nam na odbieranie wrażenia koloru.

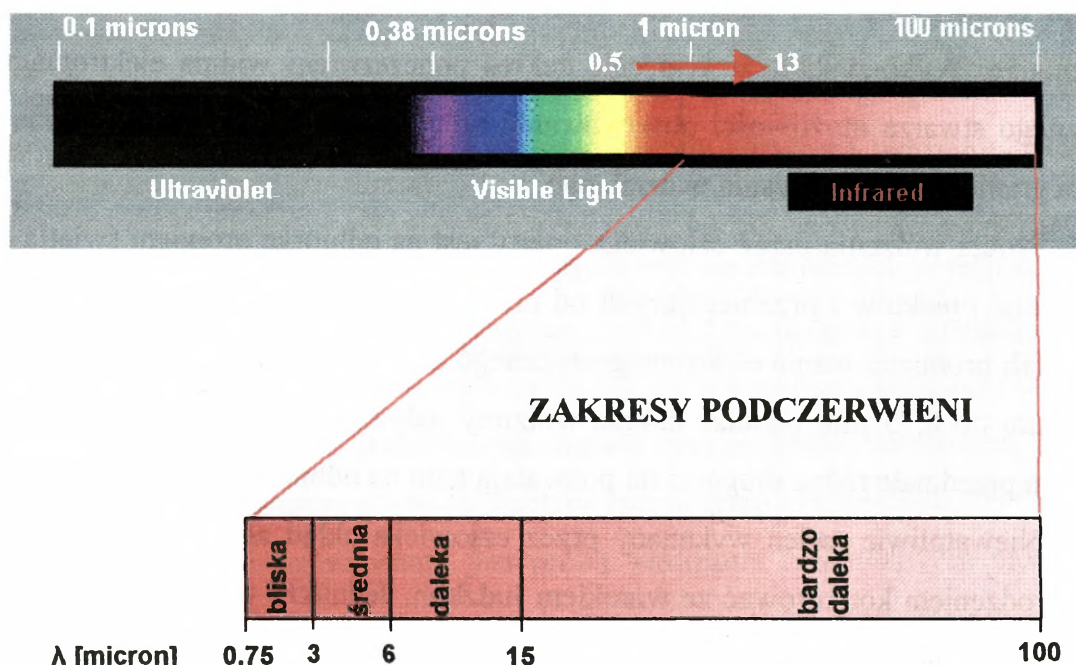
Niewątpliwie żaden wykonany przez człowieka układ zobrazowań nie może z powodzeniem konkurować ze wzrokiem ludzkim. Jednakże w warunkach ograniczonego oświetlenia receptor człowieka jakim jest oko nie odbiera w sposób wystarczający obrazu pochodzącego od otoczenia. Dlatego też osiągnięcia współczesnej techniki w postaci różnego typu systemów zobrazowań, wykorzystujących wybrane długości fal elektromagnetycznych, w znacznym stopniu przyczyniają się do eliminacji ograniczeń spowodowanych zjawiskiem pochłaniania i rozpraszania światła widzialnego (np. przez mgłę, dym, pył).

Obecnie technika tworzenia obrazów na zasadzie wykorzystania promieniowania podczerwonego przyjęła dwa kierunki rozwoju. Pierwszy z nich dotyczy rozwiązań, w których przystosowuje się typowe układy optyczne do obserwacji w ciemności (wykorzystując długości fal granicznych promieniowania widzialnego i podczerwonego - $0,5 - 0,9 \mu\text{m}$). Urządzeniami pracującymi w tym zakresie fal elektromagnetycznych są kamery telewizyjne światła szczałkowego (LLLTV – Low Light Level TV) oraz różnego rodzaju wzmacniacze obrazu – noktowizory (II – Image Intensifier).

Natomiast drugi związany jest wyłącznie z tworzeniem obrazów termalnych na zasadzie odbioru promieniowania cieplnego pochodzącego od otoczenia. Wyko-

rzystuje się w nim długości fal zakresu średniej i dalekiej podczerwieni¹. Tę technikę tworzenia obrazu określa się mianem **termowizji**.

Zakresy długości fal umożliwiających obserwację w warunkach obniżonego poziomu światła obrazuje rysunek 1.



Rys. 1 Zakresy długości fal elektromagnetycznych umożliwiających obserwację w warunkach obniżonego poziomu światła

Z badań literatury dotyczącej tematu wynika, iż bardzo często utożsamia się ze sobą wymienione powyżej techniki uzyskiwania obrazów. W wielu przypadkach może wydawać się, że nie ma różnicy w zasadach działania urządzeń optycznych, które wzmacniają promieniowanie energii elektromagnetycznej rozciągające się do zakresu podczerwieni, a czujnikami wykrywającymi samo promieniowanie ciepłe. Jednak różnica taka istnieje i można powiedzieć, że jest ona zasadnicza.

¹ Promieniowanie podczerwone – jest promieniowaniem elektromagnetycznym obejmującym zakres fal dłuższych niż promieniowanie widzialne, ale nie przekraczających długości fal 1000 μm . Zakres podczerwieni jest często dzielony na pięć mniejszych zakresów, których granice są umownie określone. Zawierają one: „bliską podczerwień” (0,75-3 μm), „średnią podczerwień” (3-6 μm), „daleką podczerwień” (6-15 μm), „bardzo daleką podczerwień” (15-100 μm) oraz „skrajną podczerwień” (100-1000 μm). Promieniowanie to powstaje w wyniku ruchu drgającego i obrotowego atomów i molekuł. Praktycznie każde ciało posiadające temperaturę wyższą od temperatury zera bezwzględnego jest źródłem promieniowania podczerwonego. (G.Rudowski, *Termowizja i jej zastosowanie*).

Różnego rodzaju urządzenia noktowizyjne (wzmacniacze obrazu) wymagają oświetlenia obserwowanych przez nie obiektów nawet wówczas, gdy dla obserwatora patrzącego gołym okiem obrazy wydają się ukryte w mroku. Wynika to z zasady działania tego typu urządzeń. W technice noktowizyjnej niezbędnym elementem do wytworzenia obrazu są fotony (strumień światła), które padając na fotokatodę będącą elementem składowym urządzenia, powodują emisję elektronów, które z kolei są powielane i emitowane na specjalny ekran pokryty luminoforem. Na tej zasadzie powstaje obraz składający się z tysięcy pikseli. Obraz ten w dalszej kolejności przesyłany jest światłowodem do układu optycznego urządzenia i staje się widoczny dla obserwatora. Często urządzenia noktowizyjne wyposaża się w integralne reflektory promieniowania podczerwonego. Wytwarzają one własne promieniowanie, które odbierane jest przez fotokatodę wzmacniacza po oświetleniu obserwowanych obiektów. Zastosowanie reflektorów umożliwia użycie urządzeń noktowizyjnych w warunkach całkowitej ciemności, gdzie nie występuje żadne, choćby najmniejsze, źródło światła. Jednakże mankamentem tego typu urządzeń jest ich zasięg, ograniczony zasięgiem promiennika. Dlatego też tego typu urządzenia wykorzystywane są głównie jako systemy obserwacyjne wojsk lądowych (celowniki broni strzeleckiej, urządzenia obserwacji w czołgach i śmigłowcach).

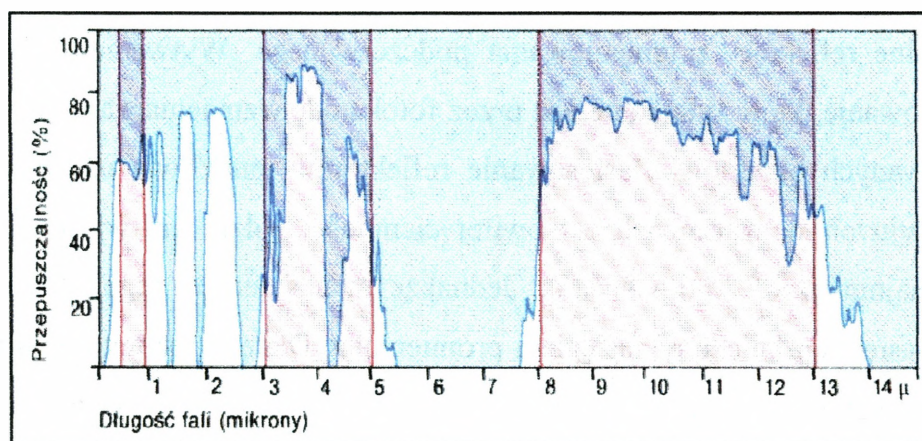
Termowizja, w porównaniu z techniką noktowizyjną czy też LLLTV, nie potrzebuje fotonów do wytworzenia obrazu. Urządzenia termowizyjne działają w oparciu o fakt, że w świecie, w którym żyjemy wszystko w porównaniu z temperaturą zera bezwzględnego ($-273,2^{\circ}\text{C}$) – jest bardzo gorące. Góry lodowe są nieco chłodniejsze niż ludzkie ciała, a gotująca się woda jest tylko nieco cieplejsza, ale nawet najzimniejsza góra lodowa wysyła promieniowanie elektromagnetyczne o odpowiednim natężeniu.

Praktycznie w środowisku naturalnym nie istnieją dwa rzeczywiste przedmioty, które mają dokładnie tę samą temperaturę, dlatego też rozróżnialność termiczna obiektów w otaczającym nas świecie daje szerokie możliwości rozpoznawania otoczenia w zakresie, o jakim nawet nie marzono do tej pory. Każdy obiekt materialny znajdujący się w przyrodzie, mający określoną temperaturę, jest źródłem promieniowania podczerwonego. Jeżeli przyjmiemy terminologię znaną w technice radio-

lokacyjnej, to możemy powiedzieć, że obiekt materialny o temperaturze powyżej zera bezwzględnego jest swoistą nadawczą stacją radiolokacyjną, która emituje energię. Stąd też charakterystyki promieniowania podczerwonego obiektów przypominają charakterystyki promieniowania radaru.

W technice obrazu termicznego wykorzystuje się dwa okna atmosferyczne w zakresach długości fal 3-5 μm i 8-13 μm . Jest to głównie związane z przepuszczalnością fal elektromagnetycznych przez atmosferę.

Możliwości wykorzystania obu okien atmosferycznych w technice obrazu termicznego przedstawione są na rysunku 2.



Rys. 2 Wykres okien atmosferycznych dla promieniowania termicznego (kolor czerwony przedstawia zakresy długości fal promieniowania podczerwonego najlepiej rozprzestrzeniających się w atmosferze)

Zarówno ta właściwość sprzętu budowanego na zasadzie detekcji obrazu termicznego, jak i pasywny charakter jego pracy sprawiły, że urządzenia termowizyjne znajdują szerokie zastosowanie w technice wojskowej, szczególnie do obserwacji i rozpoznania pola walki. Obiekty interesujące z punktu widzenia wojskowego, tj. samoloty w locie i pojazdy mechaniczne w ruchu wykazują z reguły dobry kontrast termiczny w stosunku do otoczenia. W przypadku celów powietrznych gorące części silników mają temperaturę ok. 500-600° C. Maksimum ich promieniowania waha się w granicach 3,3-3,7 μm , czyli leży w zakresie widma 3-5 μm . Cele naziemne mają znacznie niższe temperatury, różniące się tylko o kilka lub kilkanaście stopni

od temperatury otoczenia. Maksimum promieniowania takich celów naziemnych znajduje się w granicach $10\ \mu\text{m}$, mieści się zatem w zakresie widma $8\text{-}13\ \mu\text{m}^2$.

Badania przeprowadzone na potrzeby armii Stanów Zjednoczonych w latach siedemdziesiątych wykazały pewne zależności w wykrywaniu obiektów pola walki w zakresie podczerwieni. Badania te dotyczyły porównania możliwości detekcji różnych celów z wykorzystaniem obu okien atmosferycznych, tzn. w zakresach widma $3\text{-}5\ \mu\text{m}$ oraz $8\text{-}13\ \mu\text{m}$. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że dłuższe fale wymienionych obszarów widma mają właściwości znacznie lepszej przenikalności przez pary, mgły, dymy i pyły – czyli bardziej sprawdzają się w warunkach ograniczonej widzialności, natomiast fale krótsze zakresu widma osiągają lepsze właściwości podczas detekcji celów z mniejszych odległości i w warunkach przejrzystej atmosfery³.

Z powyższych uwarunkowań wynika, że lepsze możliwości wykrycia celów naziemnych w typowych warunkach pola walki (dymy i pyły spowodowane wybuchami) będą posiadały urządzenia termowizyjne pracujące w zakresie dalekiej podczerwieni ($8\text{-}13\ \mu\text{m}$). Dlatego też tego typu urządzenia z reguły będą stanowiły elementy wyposażenia samolotów lotnictwa myśliwsko-bombowego. Natomiast urządzenia wykorzystujące zakres średniej podczerwieni ($3\text{-}5\ \mu\text{m}$), które mają lepsze możliwości wykrywania obiektów emitujących wysokie temperatury (samoloty w locie) stosowane będą w systemach celowniczych samolotów myśliwskich.

Ważną cechą urządzeń termowizyjnych, stosowanych w technice wojskowej, jest możliwość wykorzystywania ich w każdych warunkach atmosferycznych zarówno w dzień jak i w nocy. Szczególnie ta zaleta w znaczny sposób zwiększa możliwości wykorzystania lotnictwa, zarówno w rozpoznaniu powietrznym, jak i w zwalczaniu celów powietrznych i naziemnych (nawodnych) z wykorzystaniem precyzyjnych środków rażenia. Ponadto pasywny charakter działania termowizora zapewnia pewną swobodę działań lotnictwa, bez potrzeby wykorzystywania pokładowych stacji radiolokacyjnych emitujących energię elektromagnetyczną stosunkowo łatwą do namierzania.

² *Informator o sprzęcie optoelektronicznym sił zbrojnych państw kapitalistycznych*. Szt. Gen.1984, str. 56.

³ Dane na podstawie materiałów udostępnionych przez ITWL.

Typowymi urządzeniami termowizyjnymi, które stosuje się na współczesnych samolotach, śmigłowcach czy też bezpilotowych aparatach latających, są różnego typu kamery termowizyjne. Stanowią one podstawowy element systemów umożliwiających wykonywanie lotów na małych wysokościach i atakowanie obiektów naziemnych w nocy oraz w trudnych warunkach atmosferycznych. Systemy tego typu powszechnie określane są skrótem FLIR (z ang. Forward Looking Infra Red – obserwacja przestrzeni w podczerwieni przed statkiem powietrznym). Ponadto kamery termowizyjne znalazły szerokie zastosowanie w układach kierowania precyzyjnych środków rażenia tj. w kierowanych pociskach raketowych oraz kierowanych bombach lotniczych.

Powyższe rozważania, dotyczące różnych technik otrzymywania obrazu z wykorzystaniem promieniowania podczerwonego, pozwalają na wyciągnięcie pewnych wniosków identyfikujących termowizję spośród innych dziedzin techniki. A mianowicie:

- Termowizja jest dziedziną techniki zajmującą się wizualizacją obiektów na podstawie ich **własnego** promieniowania podczerwonego. W termowizji wykorzystuje się **kontrast cieplny przedmiotów w stosunku do otoczenia**, jeżeli mają one inną niż otoczenie temperaturę albo właściwości emisyjne. Cecha ta odróżnia ją od noktowizji i LLLTV, gdzie obrazy uzyskuje się na zasadzie wzmocnienia promieni światła odbitych od obserwowanych obiektów.
- Pasywność pracy urządzeń termowizyjnych daje możliwość skrytej obserwacji otoczenia, bez konieczności emisji energii elektromagnetycznej, nawet w warunkach najciemniejszej nocy, co jest niemożliwe przy użyciu telewizji czy też wzmacniaczy obrazu.
- Czułość nowoczesnych urządzeń termowizyjnych (dochodząca do $0,1^{\circ}\text{C}$) oraz emisyjność cieplna otaczającego nas świata sprawiają, że zasięg obserwacji z wykorzystaniem termowizji jest prawie dwukrotnie większy w porównaniu z urządzeniami TV lub noktowizyjnymi.
- Termowizja wykorzystuje dłuższe długości fal zakresu podczerwieni ($3\text{-}5\ \mu\text{m}$ oraz $8\text{-}13\ \mu\text{m}$) niż układy optyczne – noktowizory, LLLTV. Dzięki temu posiada zdolność obserwacji obiektów w warunkach zamglenia i zadymienia.

- Mankamentem urządzeń termowizyjnych jest ich wysoka cena w porównaniu z innymi układami zobrazowań, dlatego też w głównej mierze wykorzystywane one będą w zestawach rozpoznania dalekiego zasięgu (np. w samolotach bojowych oraz bojowych pojazdach opancerzonych).

2. TERMOWIZJA W SYSTEMACH UZBROJENIA LOTNICZEGO

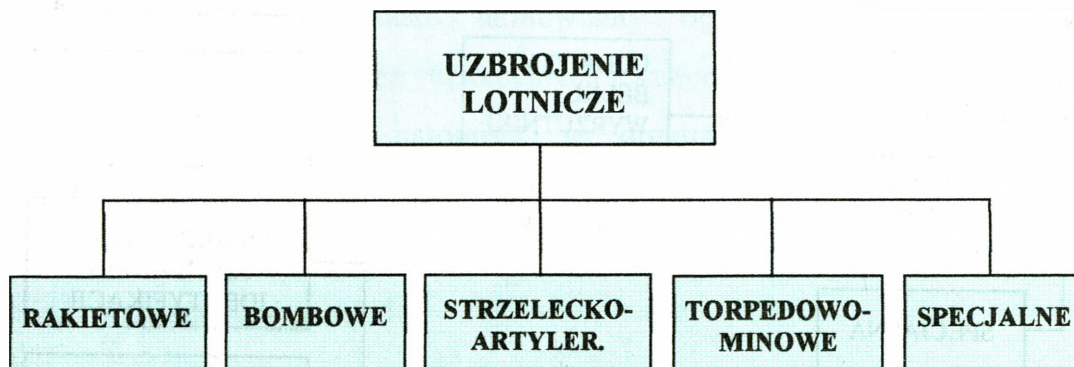
Współczesne bojowe statki powietrzne stanowią groźne narzędzie, które odpowiednio użyte, może zadać przeciwnikowi znaczące straty. Aby samoloty mogły być wykorzystane do wykonania określonych zadań bojowych, muszą być wyposażone w systemy uzbrojenia lotniczego.

Dla pełnego zrozumienia problemu zastosowania termowizji w systemach uzbrojenia lotniczego niezbędne jest usystematyzowanie pojęć dotyczących, zarówno systemu uzbrojenia lotniczego jak i jego elementów składowych.

W skład systemu uzbrojenia lotniczego wchodzi **uzbrojenie lotnicze** oraz **systemy kierowania lotniczych środków rażenia**.

Uzbrojenie lotnicze⁴ to *broń* zainstalowana na statkach powietrznych, a także *systemy zabezpieczające jej użycie*. Ogół wszystkich środków odnoszących się do uzbrojenia konkretnego statku powietrznego nazywamy *kompleksem uzbrojenia lotniczego*.

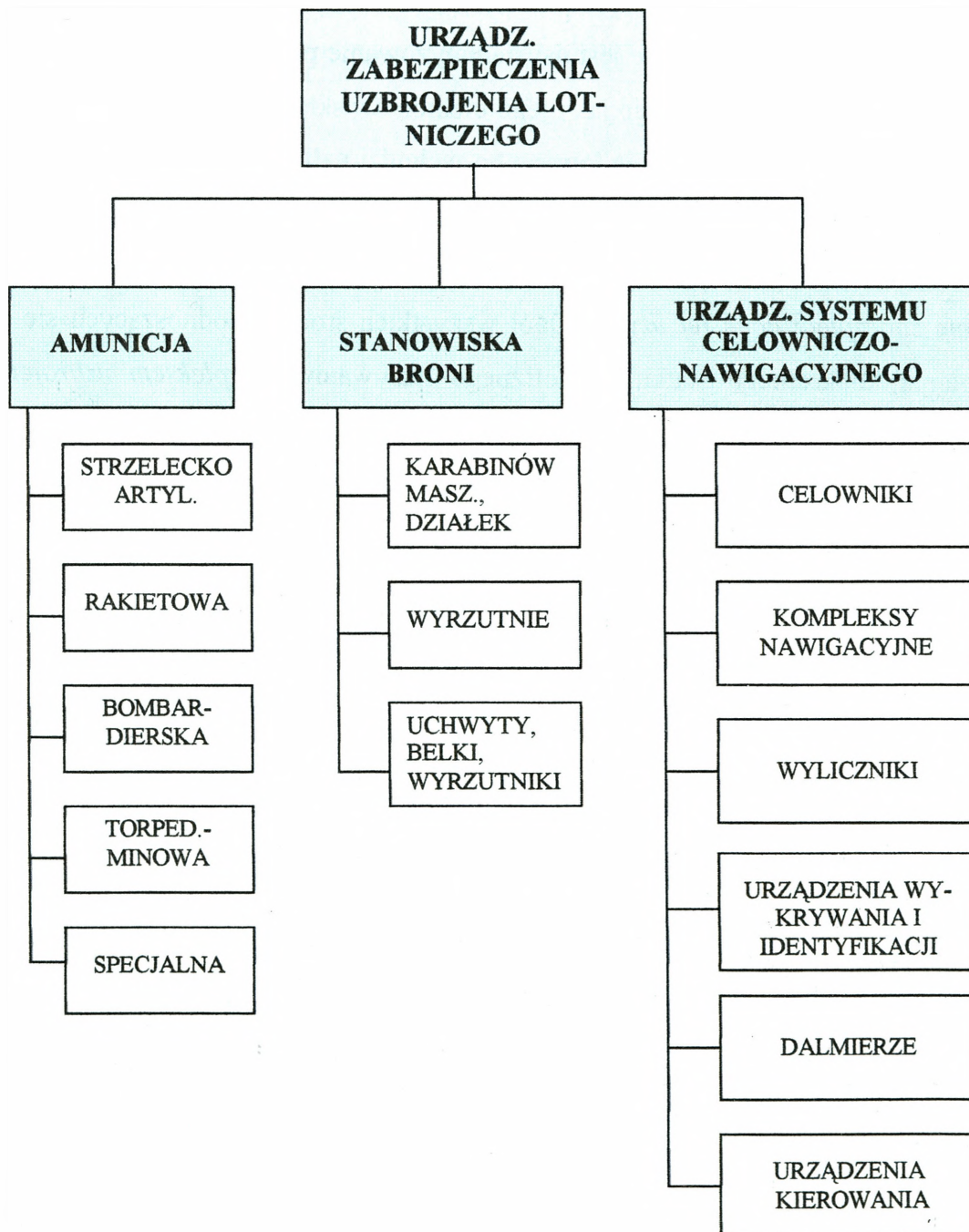
Rozróżnia się następujące rodzaje uzbrojenia lotniczego: rakietowe, bombowe, strzelecko-artyleryjskie, torpedowo-minowe i specjalne (rysunek 3).



Rys. 3 Podział uzbrojenia lotniczego.

⁴ S. Antczak, *Systemy kierowania i uzbrojenia w Polskich Siłach Powietrznych*, AON, Warszawa 1997, str. 175.

Wszystkie wyżej wymienione rodzaje uzbrojenia lotniczego, ażeby mogły sprawnie funkcjonować, muszą zawierać szereg urządzeń zabezpieczających ich działanie. Dlatego też w skład uzbrojenia lotniczego wchodzi także takie elementy jak: amunicja, stanowiska broni oraz urządzenia celowniczo-nawigacyjne i kierowania ogniem (rysunek 4).



Rys. 4 Podstawowe elementy urządzeń zabezpieczających działanie uzbrojenia lotniczego.

Drugim elementem wchodzącym w skład systemu uzbrojenia lotniczego jest **system kierowania lotniczych środków rażenia**.

System ten obejmuje zespół urządzeń przeznaczonych do oddziaływania na ruch środka rażenia, bądź zapewniających wprowadzenie tego środka z określoną dokładnością do obszaru rażenia celu lub też zapewniających jego ruch po zaprogramowanym torze lotu. System kierowania zapewnia racjonalne wykorzystanie amunicji lotniczej dla rażenia celów z założonym prawdopodobieństwem ich unieszkodliwienia. W skład systemu kierowania lotniczych środków rażenia wchodzi: aparatura pokładowa (umieszczona w środku rażenia) oraz aparatura znajdująca się w punkcie kierowania (na statku powietrznym)⁵.

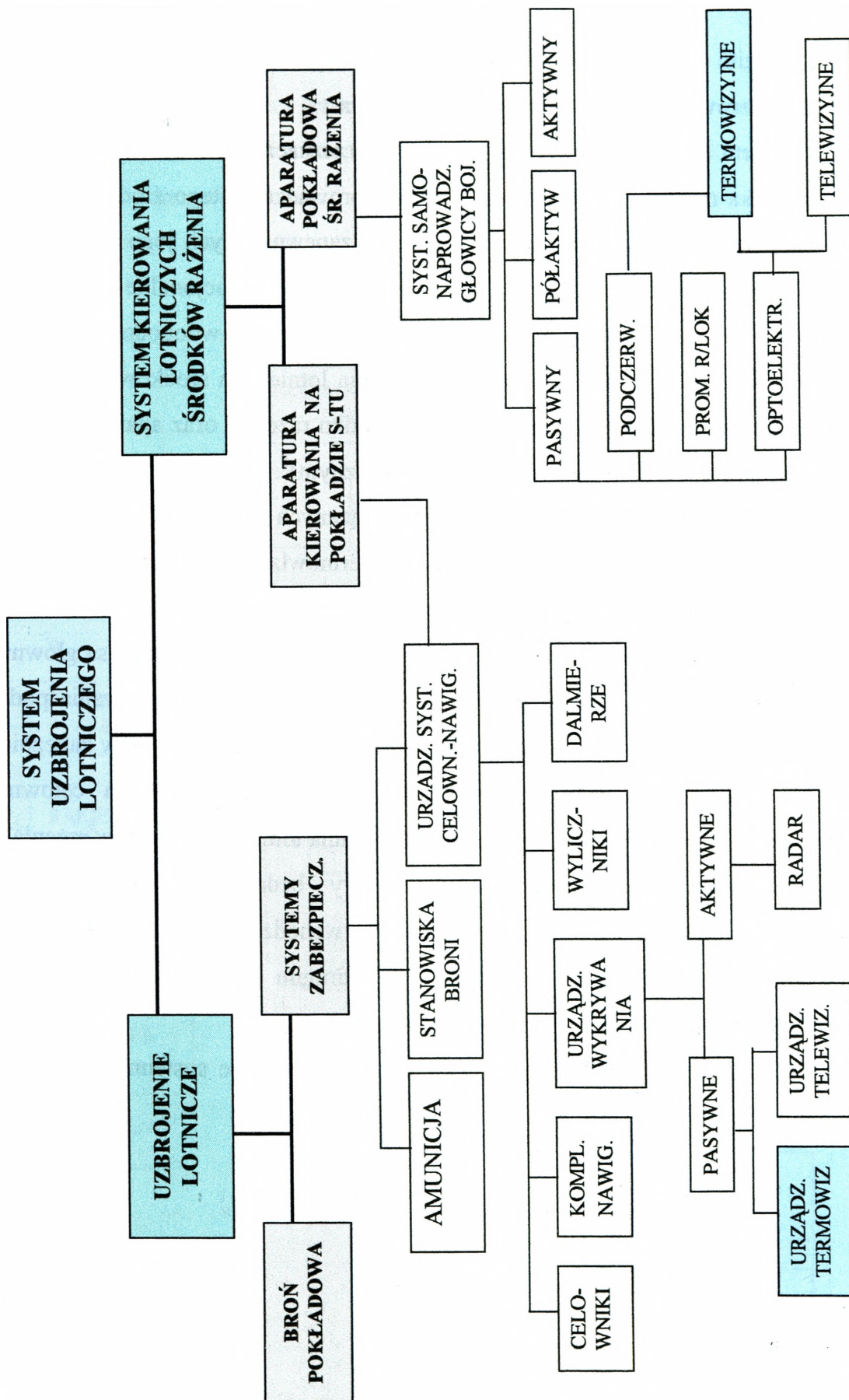
Powyższe usystematyzowanie pojęć związanych z systemem uzbrojenia lotniczego pozwala na umiejscowienie urządzeń termowizyjnych w strukturze systemu uzbrojenia współczesnego samolotu bojowego.

Biorąc pod uwagę fakt, że urządzenia tego typu przeznaczone są głównie do wykrywania, lokacji i śledzenia celu z wykorzystaniem promieniowania podczerwonego, dlatego stanowią będą elementem składowym zarówno systemów zabezpieczających działanie uzbrojenia lotniczego (np. urządzenia systemu celowniczo-nawigacyjnego), jak również systemów kierowania lotniczych środków rażenia.

W pierwszym przypadku termowizory będą elementami składowymi optoelektronicznych urządzeń lokacyjnych wchodzących w skład systemów celowniczo-nawigacyjnych, natomiast w drugim wykorzystane będą jako podzespoły głowic w lotniczych środkach rażenia.

Usytuowanie urządzeń termowizyjnych w strukturze systemu uzbrojenia lotniczego przedstawia rysunek 5.

⁵ Ilustrowany leksykon lotniczy, *Uzbrojenie*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1991, str. 241.



Rys. 5 Usytuowanie urządzeń termowizyjnych w strukturze systemu uzbrojenia lotniczego

2.1 Wykorzystanie termowizji w urządzeniach systemów celowniczo-nawigacyjnych

Systemy celowniczo-nawigacyjne współczesnych samolotów bojowych to urządzenia najbardziej rozbudowane i posiadające zasadnicze znaczenie w procesie prowadzenia walki⁶. Przeznaczone są do określania na podstawie danych:

- z kompleksu nawigacyjnego – aktualnego położenia oraz parametrów lotu samolotu,
- z systemu wykrywania – aktualnego położenia celu,
- z urządzeń sterowania bronią – wyboru środka rażenia,
- z systemu kierowania środkami rażenia – sposobu i warunków wykonania ataku.

Ponadto wyliczają odpowiednie poprawki, które wyświetlane są na głowicy celownika lub monitorze systemu zobrazowania informacji oraz przesyłane są do systemu sterowania samolotem. Odpowiednie sterowanie samolotem (ręczne lub automatyczne) na podstawie wyliczonych poprawek zapewnia osiągnięcie strefy ostrzału (odpalenia, strzelania) lub punktu zrzutu i porażenie celu zastosowanym środkiem rażenia⁷.

Urządzenia termowizyjne wykorzystywane w systemach celowniczo-nawigacyjnych stanowią część systemu wykrywania celów i wchodzi w skład optoelektronicznych urządzeń lokacyjnych.

Optoelektroniczne urządzenia lokacyjne – są to urządzenia, których podstawowym przeznaczeniem jest wykrywanie, lokacja i śledzenie celu z wykorzystaniem fal zakresu światła widzialnego, promieniowania podczerwonego oraz termiczne odwzorowanie terenu umożliwiające skryte podejście do celu (TRS- Terrain Reference System). W ich skład wchodzi:

- termowizyjny system obserwacji i śledzenia celów **IRST** (Infra Red Search and Track);

⁶ S. Antczak, *Systemy kierowania i uzbrojenia w Polskich Siłach Powietrznych*, AON, Warszawa 1997, str. 179.

⁷ Ilustrowany leksykon lotniczy, *Uzbrojenie*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1991, str. 240.

- system **FLIR**;
- urządzenia telewizyjne TV;
- urządzenia telewizyjne światła szczątkowego LLLTV (Low Light Level TV);
- urządzenia laserowe.

Technika wykrywania w podczerwieni dotyczyła będzie głównie dwóch pierwszych wymienionych powyżej elementów, czyliIRST oraz FLIR.

Kamery termowizyjne zastosowane w tych systemach wybierają liniowo sektor przestrzeni przed samolotem i przedstawiają go w postaci podobnej do obrazu telewizyjnego na ekranie w kabinie załogi lub na wskaźniku przeziernym. Systemy takie mogą być zabudowane na samolocie bojowym na stałe lub też mogą być podwieszane na zewnętrznych węzłach podwieszenia. Zazwyczaj stanowią one kombinację czujników podczerwieni i urządzeń laserowych i są powiązane z systemem celowania i zrzutu (odpalenia) środków rażenia samolotu.

Typowymi przykładami systemuIRST są urządzenia: **AN/AAS-42** samolotu *F-14D Tomcat* oraz **PIRATE** (Passive Infrared Airborn Track Equipment) samolotu *Eurofighter 2000*. Urządzenia te w głównej mierze przeznaczone są do wykrywania i śledzenia celów powietrznych na podstawie ich promieniowania ciepłego powstającego w czasie tarcia cząsteczek powietrza o powierzchnię szybko poruszającego się samolotu. W ten sposób możliwe jest wykrycie i zobrazowanie praktycznie całej sylwetki samolotu, a nie tylko jego najbardziej rozgrzanych elementów - co odróżnia urządzenia te od klasycznych termonamierników.

AN/AAS-42 jest niewielkim urządzeniem przenoszonym w podwieszanym pod samolotem zasobniku. Pozwala to w pełni włączyć go do współpracy z wszystkimi systemami kierowania ogniem współczesnych samolotów myśliwskich. Długość zasobnika wynosi 1,37 m przy średnicy 24,9 cm i masie 86,5 kg.

Według optymistycznych danych producenta (firma Lockheed Martin) **AN/AAS-42** posiada możliwość wykrycia celów powietrznych w podczerwieni z odległości około 185 km (przy dużej przejrzystości powietrza w stratosferze) i wykazuje dużą odporność na zakłócenia. Szczególną rolę urządzenie to spełnia w trakcie samodzielnego poszukiwania i zwalczania celów powietrznych dyna-

micznie manewrujących i stosujących zakłócenia radioelektroniczne. Najważniejszym jednak jest fakt, że termowizor ten umożliwia wykrycie celów powietrznych spoza zasięgu pokładowego celownika radiolokacyjnego myśliwca, co pozwala na lepsze przygotowanie się do walki, a przede wszystkim zajęcie optymalnej pozycji do ataku⁸.

Innym wymienionym powyżej urządzeniem, określanym również mianem systemu IRST, jest termowizor o nazwie **PIRATE**. Zamontowany on jest przed kabiną samolotu *Eurofighter 2000* i umożliwia wykrywanie i śledzenie kilku celów powietrznych na odległości stanowiącej ok. 1/3 zasięgu stacji radiolokacyjnej, a także odwzorowanie powierzchni ziemi niezależnie od pogody i pory doby. Urządzenie to jest zintegrowane ze stacją radiolokacyjną (ECR-90) samolotu. Ma to na celu wzajemną współpracę obu tych urządzeń we wskazywaniu celów, kompilowaniu używanego obrazu czy też analizowaniu zakłóceń radioelektronicznych. Zarówno stacja radiolokacyjna jak i termowizor mogą wskazywać cele powietrzne głowicom kierowanych pocisków raketowych powietrze-powietrze. Ponadto kanał termowizyjny wykorzystywany jest do realizacji zadań w zakresie „powietrze-ziemia” i pracuje jako pomoc pilotażowo-nawigacyjna (omijanie przeszkód terenowych, zajście do lądowania w trudnych warunkach atmosferycznych). Oba sensory - stacja radiolokacyjna i termowizor - mają możliwość współpracy z celownikiem nahałmowym oraz z układem nahałmowego zobrazowania⁹.

Drugą grupę urządzeń termowizyjnych współczesnych samolotów bojowych stanowią urządzenia służące do wykrywania i identyfikacji celów naziemnych. Z reguły są to kamery termowizyjne systemu FLIR, które w połączeniu z urządzeniami laserowymi (dalmierze, podświetlacze) umożliwiają jednoczesne zwalczanie tego typu celów z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia.

Przykładem takiego układu urządzeń jest system **TRAM** (Target Recognition and Attack Multisensor) - **wieloczujnikowy system rozpoznania celu i ataku**¹⁰. Jest on zabudowany na samolocie *A-6E/TRAM*. System ten stanowi zestaw wyposa-

⁸ R. Cierniak, *Czy termolokacja zmieni taktykę lotnictwa myśliwskiego?*, PWL i OP, 10/99, str.15.

⁹ E.F. Rybak, J. Gruszczyński, *Eurofighter 2000*, Nowa Technika Wojskowa, 6/98, str. 21.

¹⁰ T. Królikiewicz, *Współczesne samoloty wojskowe, t.1*. Bellona, Warszawa, 1995, str.30.

żenia do obserwacji zewnętrznej scenerii, zintegrowany ze stacją radiolokacyjną samolotu.

TRAM umożliwia wykrywanie, identyfikację i atakowanie celów naziemnych (nawodnych) w trudnych warunkach atmosferycznych oraz w nocy, przy użyciu pocisków kierowanych laserem lub konwencjonalnych środków rażenia. Wersja samolotu *A-6E/TRAM* jest wyposażona w wieżyczkę - usytuowaną pod przednią częścią kadłuba - z kamerą termowizyjną i urządzeniem laserowym. Wieżyczka stabilizowana jest i sterowana przez nawigatora za pomocą tego samego dźwazka, który służy do ręcznego sterowania stacją radiolokacyjną. Nawigator-operator systemu TRAM wykrywa początkowo cel na ekranie stacji radiolokacyjnej, a następnie włącza kamerę termowizyjną z wybieraniem liniowym i stosuje obiektyw o zmiennej ogniskowej w celu powiększenia obrazu obiektu. Po zidentyfikowaniu obiektu jako cel, następuje jego oświetlenie znacznikiem laserowym i atak za pomocą własnych pocisków kierowanych laserem lub przez inny samolot.

Typowym przedstawicielem samolotu, w którym zastosowano integralny system do obserwacji w podczerwieni jest samolot *F-117*. Wykonany w technologii „stealth” o obniżonej wykrywalności przez radar oraz wyposażony w tego typu urządzenia staje się skutecznym samolotem bojowym przeznaczonym do niszczenia celów naziemnych określanych mianem „dużej wagi”, których wymiary są małe w stosunku do spełnianych funkcji. Samolot ten wyposażony został w układ **FLIR/DLIR (Forward Looking Infra Red / Down Looking Infra Red System)**¹¹. Układ ten składa się z dwóch identycznych zestawów do obserwacji w podczerwieni, każdy z laserowym odległościomierzem - podświetlaczem celu. Pierwszy z nich (FLIR) przeznaczony jest do obserwacji przedniego sektora przestrzeni. Zamontowany został w wieżyczce przed kabiną za osłonami pochłaniającymi promieniowanie radarowe. Drugi natomiast (DLIR) przeznaczony jest do obserwacji dolnego sektora przestrzeni znajdującego się pod samolotem. Zabudowany on jest w dolnej części nosa samolotu.

¹¹ *Lockheed F-117 Stealth Fighter, Samoloty*, Encyklopedia lotnictwa, 3/98, De Agostini, str. 67.

Oba zestawy wykorzystują pasmo fal o długości 8-12 μm , przedstawiając obraz termiczny obserwowanych sektorów oraz posiadają dwa pola obserwacji (przełączenie odbywa się poprzez zmianę ogniskowej systemu optycznego) – szerokie ($12^\circ \times 12^\circ$) i wąskie ($3^\circ \times 3^\circ$). Wybieranie celów do ataku powinno być poprzedzone wcześniejszym ich rozpoznaniem. Po wejściu w rejon celu pilot wykorzystując szerokie pole obserwacji zestawu FLIR przeszukuje teren, a następnie identyfikuje cel wg jego obrazu termicznego. Po wykryciu celu i zidentyfikowaniu go, pilot zawęża pole obserwacji zestawu FLIR, wybiera punkt celowania naprowadzając krzyż markera na wybrane miejsce oraz wskazuje cel zestawowi, który posiada funkcję automatycznego śledzenia. W miarę zbliżania się cel znika z pola widzenia FLIR. Wtedy zapamiętany obraz przekazywany jest do następnego czujnika, DLIR, który kontuuje śledzenie celu. Jeżeli pilot wykorzystuje uzbrojenie kierowane laserowo, to jest ono zwalniane tak, by trafić w „kosz” tj. teoretyczny stożek, w obrębie którego organy sterowania pocisku gwarantują trafienie celu.

Z czujnikiem DLIR sprzęgnięty jest laserowy znacznik celu, który po zwolnieniu bomby punktowo oświetla cel i na tej podstawie głowica sterująca bombą wyznacza dokładny punkt trafienia. DLIR śledzi cel nawet wtedy, gdy samolot po ataku zmieni kurs.

Praktycznie po zakończeniu konfliktu zbrojnego w rejonie Zatoki Perskiej, który był doskonałym poligonem doświadczalnym dla nowoczesnej, zachodniej techniki lotniczej, w pełni dostrzeżono zalety stosowania urządzeń termowizyjnych. Samoloty wyposażone w tego typu urządzenia (szczególnie F-117A) w działaniach w nocy uzyskiwały dość dużą skuteczność w zwalczaniu celów naziemnych z wykorzystaniem kierowanych laserowo środków rażenia. Rezultaty działań wojennych w Zatoce Perskiej przyczyniły się również do bardziej realnego spojrzenia na rzeczywiste możliwości wykorzystania starszych typów samolotów w konflikcie zbrojnym. Spowodowało to wprowadzenie w kilku państwach Europy Zachodniej programów modernizacyjnych mających na celu przystosowanie samolotów do nowych wymagań operacyjnych.

Królewskie Siły Powietrzne Wielkiej Brytanii w 1994 r. ogłosiły, na przykład, rozpoczęcie programu modernizacyjnego samolotów uderzeniowych *Tornado*

GR.4A. Modernizacja, w głównej mierze, objęła zastosowanie nowych systemów sterowania uzbrojeniem oraz przyniosła poważne zmiany w zakresie pokładowych urządzeń awionicznych. W czasie modernizacji *Tornado GR.4A* otrzymał także kamerę termowizyjną systemu FLIR, która pozwala na skryte, nocne – bez konieczności wykorzystania pokładowych systemów radiolokacyjnych – podejście do obiektu uderzenia. Kamera FLIR została umieszczona w obudowie zamocowanej u dołu przedniej części kadłuba obok dalmierza laserowego.

Zobrazowanie FLIR może być wyświetlane zarówno na wskaźniku przezierającym pilota, jak i na ekranie DMG (Digital Map Generator)-cyfrowym generatorze mapy oraz w kabinie WSO (Weapon System Operator)-operatora systemu uzbrojenia. Możliwości wykrywania kamery FLIR rozszerzone są poprzez zastosowanie systemu wychwytywania punktowych źródeł ciepła, który pozwala na wskazywanie spośród wszystkich obserwowanych obiektów takich, które emitują promieniowanie cieplne o najwyższej energii. Możliwości te znajdują zastosowanie głównie przy lokalizowaniu pojazdów pancernych, które mimo dobrego maskowania, emitują energię cieplną. Obraz z kamery FLIR może być wykorzystywany przez obu członków załogi do udokładnienia danych nawigacyjnych lub danych o położeniu obiektu uderzenia¹².

Ograniczona pojemność przestrzeni w kadłubie oraz założona wielozadaniowość samolotów spowodowały, że ich systemy elektroniczne budowane są również wg zasady tzw. „otwartej architektury”. Standaryzowane łącza z szynami przesyłania danych¹³ powodują, że w zależności od rodzaju misji istnieje możliwość konfigurowania ich wyposażenia wg potrzeb poprzez podwieszanie specjalizowanych urządzeń w zasobnikach.

Typowymi zasobnikami wykorzystywanymi podczas wykonywania zadań zwalczania celów naziemnych są zasobniki nawigacyjno-celownicze, które również sprawdziły się podczas działań w rejonie Zatoki Perskiej.

¹² J. Cizek, *Modernizacja samolotów bojowych Royal Air Force, cz. I. Panavia Tornado*, Nowa Technika Wojskowa, 3/99, str. 49.

¹³ Aktualnie obowiązują dwa standardy (kompatybilne) konfiguracji awioniki i łączy: Mil Std 1556 oraz Mil Std 1760.

Jednym z nich jest amerykański system LANTIRN (Low-Altitude Navigation and Targeting Infra Red System for Night). Umożliwia on prowadzenie działań przeciwko celom naziemnym w trudnych warunkach atmosferycznych oraz w nocy w locie na małych wysokościach (do 60 m) z prędkością do 930 km/h. Zintegrowany z systemem awionicznym samolotu umożliwia wykrywanie, obserwację i zwalczanie celów naziemnych w nocy z odległości przekraczającej możliwości jakiegokolwiek urządzenia noktowizyjnego.

Zestaw LANTIRN składa się z dwóch zasobników:

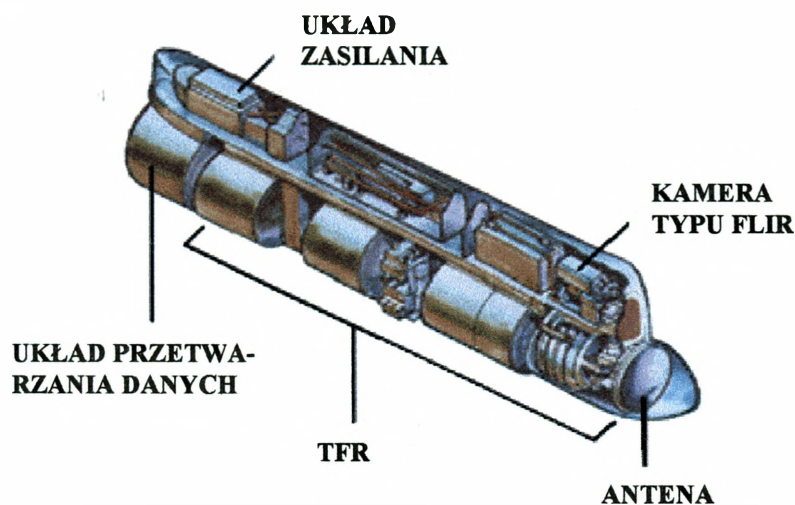
- zasobnika AN/AAQ-13 z urządzeniami nawigacyjnymi (NP- navigation pod);
- zasobnika AN/AAQ-14 z urządzeniami celowniczymi (TP- targeting pod).

Zestaw LANTIRN umożliwia naprowadzanie na cel pocisków raketowych *Maverick* oraz bomb kierowanych wiązką laserową, w tym również bomb z głowicami kasetowymi.

Zasobnik AN/AAQ-13 z urządzeniami nawigacyjnymi, współpracujący z samolotowym systemem nawigacyjnym przedstawiony został na rysunku 6 i zawiera:

- kamerę termowizyjną typu FLIR;
- radiolokator do lotu na małej wysokości (TFR – Terrain Following Radar);
- centralny przelicznik i układ przetwarzania danych z samolotowego urządzenia nawigacyjnego;
- układ zasilania.

Główne elementy zestawu i jednocześnie tego zasobnika to kamera termowizyjna typu FLIR i radiolokator do lotu na małych wysokościach. Połączenie tych dwóch urządzeń umożliwia uzyskanie w nocy, a także w warunkach zadymienia, zapylenia i zamglenia zobrazowania terenu znajdującego się przed samolotem w zakresie pola o wymiarach $28^{\circ} \times 21^{\circ}$, wyświetlanego na wskaźniku przeziernym (HUD) lub wskaźniku ciekłokrystalicznym (HDD). Urządzenie termowizyjne wykrywa różnice temperatur rzędu $0,1^{\circ}\text{C}$.



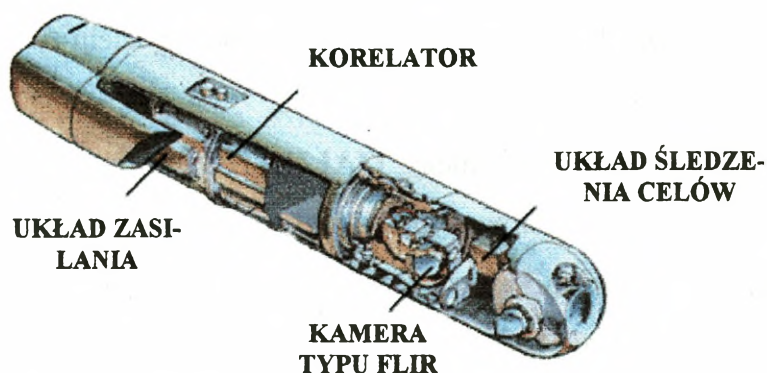
Rys. 6 Zasobnik AN/AAQ-13 systemu LANTIRN z urządzeniami nawigacyjnymi

Zasobnik AN/AAQ-14 z urządzeniami celowniczymi, zawiera:

- oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem laserowym;
- urządzenie do identyfikacji celów;
- układ zasilania.

Zasobnik ten zapewnia wykorzystanie precyzyjnego uzbrojenia i redukuje czas przebywania samolotu w strefie rażenia obrony przeciwlotniczej przeciwnika. Na wskaźniku HUD w postaci znaków i symboli zobrazowane są dane o celach i dane do kierowania ogniem, a na wskaźniku HDD wyświetlany jest obraz celu. W części przedniej zasobnika znajduje się stabilizowany układ śledzenia celów stacjonarnych i ruchomych. We wzajemnym sprzężeniu pracują dwa urządzenia: typu FLIR i oświetlacz laserowy. Urządzenie FLIR posiada okno o średnicy 20,32 cm, przez które możliwa jest obserwacja celu w dwu zakresach kątowych: szerokim (6°) oraz wąskim ($1,7^{\circ}$). Laserowy oświetlacz celu jest umieszczony w taki sposób, że jego otwór znajduje się centralnie w stosunku do pola widzenia termowizora. Jego wiązka, w przypadku użycia bomb kierowanych laserowo, jest kodowana. W przypadku odpalania pocisku *Maverick* urządzenie porównawcze (korelator) zasobnika analizuje i porównuje obraz termowizyjny celu z obrazem termowizyjnym uzyskanym przez głowicę pocisku i wypracowuje komendy korekcyjne dla celowania oraz utrzymania celu już przechwyconego przez pocisk. Oświetlacz laserowy (dwa lase-

ry) może pracować na jednej z dwóch długości fal: 1,06 μm dla celów taktycznych i 1,54 μm dla celów szkoleniowych¹⁴. Rozmieszczenie urządzeń celowniczych w zasobniku przedstawia rysunek 7.



Rys. 7 Zasobnik AN/AAQ-14 systemu LANTIRN z urządzeniami celowniczymi

Stosowanie zestawów LANTIRN umożliwia prowadzenie działań w dzień i w nocy niezależnie od warunków atmosferycznych. Ograniczenie możliwości działania samolotów wyposażonych w zestawy LANTIRN może spowodować jedynie gęsta mgła lub bardzo niska dolna podstawa chmur.

W zestawy LANTIRN mogą być wyposażone samoloty *F-16C/D* od Block 40, *F-15C/D* i *F-15E*, *A-10A*, *A-7F*. Badana jest możliwość stosowania zestawu na samolocie *F-22A*. Jedną z możliwości zestawu jest ułatwienie pilotowi znalezienia na nie oświetlonym, zniszczonym lotnisku przydatnych do lądowania, nie uszkodzonych odcinków pasa. Zestawy LANTIRN zostały sprawdzone bojowo podczas wojny z Irakiem w 1991 r. Wszystkie samoloty typu *F-15E Strike Eagle* (48 egz.) wyposażone były w ten zestaw, natomiast na 249 samolotów *F-16* w ww. zestaw wyposażone były 72 szt. Samoloty te osiągały podobny poziom efektywności (95,9%) jak „niewidzialne” samoloty *F-117*¹⁵.

¹⁴ W. Marud, M. Mikołajczuk, *Planowanie działań bojowych w siłach powietrznych z wykorzystaniem procedur NATO. Wybrane kalkulacje taktyczne*, Podręcznik, AON, 1998. str. 146.

¹⁵ US General Accounting Office, *Operation Desert Storm - evaluation of the air campaign*, Internet 1997

Spośród innych zestawów optoelektronicznych umożliwiających działanie samolotów w warunkach nocnych wymienić możemy:

- **Zasobnik nawigacyjny PATHFINDER** (Passive Thermal Forward-looking Infra Red for Navigation, Detection and Enhanced Resolution). Pod względem konstrukcyjnym jest on zbliżony do LANTIRN, ale nie posiada stacji radiolokacyjnej TFR. Zasobnik ten może być podwieszany na wielu typach samolotów m.in. *F-16, Alpha Jet, Tornado*¹⁶.
- **Zasobnik nawigacyjno celowniczy TIALD** (Thermal Imaging Airborn Laser Designator). Znajduje się on w wyposażeniu samolotów *Tornado*. Zasadniczymi elementami zasobnika są: kamera termowizyjna, dalmierz/oświetlacz laserowy oraz układ automatycznej stabilizacji danych.
- **Zasobnik PDLCT** firmy Thomson -TRT (określany również jako **C-LDP**) umożliwia zastosowanie w nocy uzbrojenia kierowanego laserowo. Zasięg obserwacji w czystym powietrzu wynosi ponad 10 km. Kąt obserwacji urządzenia w płaszczyźnie pionowej wynosi od $+15^{\circ}$ do -160° . Zazwyczaj umieszczany jest pod kadłubem. PDLCT zawiera kamerę pracującą w podczerwieni, co pozwala na odszukanie oraz identyfikację celów w nocy oraz w dzień, w niekorzystnych warunkach atmosferycznych. Kamera posiada zmienną ogniskową, co umożliwia wybór pola obserwacji w zakresach 2° , 4° , 6° lub 12° . Dokładność oznaczenia celów wynosi 1 m na odległości 10 km. Po zainstalowaniu, jest on w pełni zintegrowany z systemami pokładowymi samolotu. PDLCT posiada funkcję automatycznego śledzenia celu (wykorzystuje kontrast termiczny celu lub korelację zobrazowania). Przystosowany jest do samolotów *Jaguar, Mirage 2000, Mirage F1, Tornado*¹⁷.
- **Zasobnik NITE HAWK FLIR**. Znajduje się on na wyposażeniu samolotów myśliwsko-bombowych lotnictwa morskiego USA *F/A-18C* oraz *F/A-18D Hornet*. Umożliwia on pilotowi wykonanie uderzeń na cele naziemne (w ramach realizacji zadań bezpośredniego wsparcia sił lądowych), wykrywanie i śledzenie

¹⁶ Zasobniki nawigacyjno-celownicze – wykorzystanie i kierunki rozwoju, *Wojskowy Przegląd Zagraniczny*, 3(205), Warszawa 1994. str. 114.

¹⁷ W. Marud, M. Mikołajczuk: *Planowanie działań bojowych w siłach powietrznych z wykorzystaniem procedur NATO. Wybrane kalkulacje taktyczne*. Podręcznik, AON, 1998. str. 148.

celów powietrznych, prowadzenie rozpoznania w dzień i w nocy oraz w warunkach ograniczonej widzialności (deszcz, mgła, dym). Informacje o charakterze i położeniu celu wyświetlane są na monitorze w kabinie pilota w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Zasadniczym elementem systemu NITE HAWK jest dalmierz-oświetlacz laserowy oraz termowizor¹⁸.

- Izraelski zasobnik nawigacyjno-celowniczy LITENING przeznaczony do montowania na samolotach *F-16* oraz *F/A-18*. Posiada w swym wyposażeniu urządzenie termowizyjne pracujące w zakresie 8-12 μm , które umożliwia wykonywanie lotów na małej wysokości w trudnych warunkach atmosferycznych i w nocy oraz wykrywanie ruchomych celów naziemnych z odległości ok. 60 km, a identyfikację z 30 km.

Obecnie w Stanach Zjednoczonych są przeprowadzane próby kolejnej generacji (trzeciej)¹⁹ urządzeń termowizyjnych FLIR oraz nowej wersji zestawu nawigacyjno-celowniczego LANTIRN przewidzianej dla samolotu *F-22A*. Zestaw ten zawiera pracujący w podczerwieni bierny układ wykrywania i śledzenia celów powietrznych, zapewniający skrytość pracy i zastępujący pokładową stację radiolokacyjną emitującą energię elektromagnetyczną.

W ramach prac nad nowymi wersjami zestawu LANTIRN badana jest możliwość wykorzystania tzw. sztucznych barw w monitorach zobrazowania sytuacji. Rozwiązanie takie pozwala uwypuklić istotne dla wykonania zadania i bezpieczeństwa lotu elementy rzeźby terenu oraz ułatwić celowanie przez zwiększenie kontrastu pomiędzy celem i tłem.

Ponadto w kamerach termowizyjnych III generacji zastosowane zostały wieloelementowe matryce obrazowe, w których każdy element odpowiada pikselowi na ekranie. Rozwiązanie takie wyeliminowało tradycyjne układy skanowania mechanicznego i pozwala na bezpośrednie odtworzenie pola termalnego bez skanowania

¹⁸ Zasobniki nawigacyjno-celownicze – wykorzystanie i kierunki rozwoju, Wojskowy Przegląd Zagraniczny, 3(205), Warszawa 1994. str.115.

¹⁹ Urządzenia termowizyjne I generacji wykorzystywały detektory podczerwieni składających się z 60-80 elementów. Urządzenia termowizyjne II generacji są budowane z wieloelementowych detektorów podczerwieni (liczba elementów sprzężonych z procesorem sięga 1000). Urządzenia termowizyjne III generacji mają nawet do 100 000 elementów światłoczułych.

w zakresie apertury²⁰ przyrządu. Dzięki temu osiągnięto lepszą czułość urządzenia, jakość obrazu oraz znacznie zwiększono zasięg wykrywania.

Amerykanie prowadzą również badania nad integralnymi urządzeniami nawigacyjno-celowniczymi (montowanymi w kadłubie samolotu). Zastosowanie tego typu urządzeń spowoduje zmniejszenie strat aerodynamicznych, zmniejszy liczbę uszkodzeń czujnikowych na samolocie oraz zredukuje całkowitą masę samolotu. Ponadto efektem takiego rozwiązania ma być łatwiejsze uzyskanie przez samolot charakterystyki „stealth”.

Prototyp takiego integralnego systemu nawigacyjno-celowniczego opracowany został przez firmę Westinghouse Electronic System Group i nosi on nazwę **FALCON KNIGHT**. System ten łączy w sobie działanie stacji radiolokacyjnej systemu kierowania ogniem oraz zestawu FLIR, sprzężonego z napełnionymi okularami nocnego widzenia (na ekran okularów może być nakładany obraz termalny otrzymywany z FLIR). System ten, o zasięgu ok. 70 km, ma być przeznaczony dla samolotów *F-15* i *F/A-18*²¹.

Podstawową charakterystykę zasobników nawigacyjnych i zasobników celowniczych zawierających urządzenia termowizyjne przedstawia tabela 1, natomiast informacje poszerzone ich dotyczące przedstawia załącznik.

Reasumując, zastosowanie urządzeń termowizyjnych w systemach celowniczo-nawigacyjnych współczesnych samolotów bojowych w znaczny sposób zwiększa możliwości wykorzystania lotnictwa w działaniach w nocy, czy też w trudnych warunkach atmosferycznych. Urządzenia tego typu mają na celu zniwelowanie ograniczeń związanych z percepcją oka pilota w warunkach obniżonego poziomu oświetlenia terenu. Proces widzenia polega na odbiorze promieni światła odbitych od obiektów i przebiegających od otoczenia do ludzkiego oka. W wielu przypadkach promienie te narażone są na zjawisko pochłaniania i rozpraszania np. przez mgłę, opady atmosferyczne lub chmury, czy też spowodowane działaniami na polu walki – dym i pył. Również w warunkach ograniczonego oświetlenia cele stają się

²⁰ Apertura - wielkość decydująca o zdolności rozdzielczej układu wizyjnego i jasności dawanych przez niego obrazów.

²¹ *Zasobniki nawigacyjno-celownicze – wykorzystanie i kierunki rozwoju*, Wojskowy Przegląd Zagraniczny, 3(205), Warszawa 1994, str.120.

zaciemnione, a co za tym idzie trudniejsze do wykrycia. Dlatego też celowym stało się wyposażanie samolotów w urządzenia, które eliminowałyby chociaż w pewnym stopniu ograniczenia spowodowane zjawiskami pochłaniania i rozpraszania światła widzialnego. Zaletą stosowania urządzeń termowizyjnych jest to, że praca ich oparta jest na odbiorze promieniowania cieplnego od obiektów, co w znaczny sposób wpływa na możliwość wykrywania obiektów nawet w całkowitej ciemności np. w warunkach ciemnej nocy.

Biorąc pod uwagę fakt, że to właśnie pod osłoną nocy przeciwnik będzie starał się realizować zadania związane z manewrem zgrupowań wojsk lądowych, o zasadniczym dla sytuacji operacyjnej znaczeniu (wyjście spod uderzenia, ześrodkowanie wojsk, czy też zmiana dyslokacji poszczególnych jednostek lub przyjętego wcześniej ugrupowania bojowego), stwarzać to będzie lotnictwu możliwości wykonania zaskakujących uderzeń na manewrujące wojska.

Tabela 1.

Podstawowa charakterystyka zasobników nawigacyjnych i zasobników celowniczych zawierających urządzenia termowizyjne

Nazwa zasobnika nawigacyjnego	Producent	Masa (kg)	Nosiciel	Pole obserwacji (°)	Pole widzenia na monitorze (°)	Charakterystyka
LANTIRN - zasobnik NP. (AAQ-13)	Martin Marietta	196	F-15E, F-16C/D	56×78	21×28	ręczny / automat., stacja radiolok., kamera termowizyjna (FLIR)
PATHFINDER (AAQ-20)	Martin Marietta	90	F-16, Alpha Jet Tornado	77×84	7×9,3	dwuzakresowe pole widzenia, możliwość sterowania linią celowania, zmienna ogniskowa.
LITENING	Rafael	•	F-16C/D, F/A-18	•	1,5×2 4,5×6 18×24	urządzenia nawigacyjno-celownicze w jednym zasobniku, trzyczakresowe pole widzenia, dwuzakresowa kamera termowizyjna, oświetlacz/dalmierz laserowy.
Nazwa zasobnika celowniczego	Producent	Masa	Nosiciel	Pole obserwacji (°)	Pole widzenia na monitorze (°)	Charakterystyka
LANTIRN-zasobnik TP (AAQ-14)	Martin Marietta	243	F-15E, F-16C/D, F-16A/B.	±150	1,7×1,7 6 × 6	koordynator celu, ręczny/ automat. układ przekazywania danych o celu, kamera termowizyjna (FLIR), dalmierz / oświetlacz laserowy
NITE HAWK (AAS-38A)	Loral	178	F-18	+30 /- 150	3 × 3	urządzenie automatycznego śledzenia celów, termowizor (FLIR), dalmierz / oświetlacz laserowy
TIALD	GEC-Ferranti	209	Tornado	•	3,6 × 3,6 10 × 10	Kamera TV, termowizor (FLIR), elektroniczny obiektyw o powiększeniu 2x i 4x
C-LDP	Thomson-CSF	340	Jaguar, Mirage-2000, Mirage-F-1, Tomado	+15 /- 160	2 × 2, 4 × 4, 6 × 6, 12×12	termowizor (FLIR trzeciej generacji), dalmierz / oświetlacz laserowy.

Obecnie podstawowym środkiem wykrywania i śledzenia celów, ze względu na swój zasięg, jest pokładowa stacja radiolokacyjna. Jednak jest ona urządzeniem, które w znaczny sposób demaskuje poczynania lotnictwa, gdyż wytwarza łatwo wykrywalne fale elektromagnetyczne. Dlatego też celem wydaje się wyposażanie współczesnych samolotów w pasywne urządzenia termowizyjne, które wykrywają obiekty bez konieczności emitowania jakiegokolwiek energii. Zapewne żadne z tego typu urządzeń nie jest w stanie zastąpić nowoczesnych stacji radiolokacyjnych, niemniej jednak połączenie obu tych urządzeń stanowi bardzo efektywny system poszukująco-celowniczy, zapewniający wszechstronne zobrazowanie sytuacji bojowej w bliższym i dalszym otoczeniu samolotu, zarówno z przedniej jak i z tylnej półsfery.

2.2 Zastosowanie termowizji w lotniczych środkach rażenia

Współczesne uzbrojenie lotnicze osiągnęło wysoki stopień rozwoju i przedstawia sobą zbiór następujących rodzajów uzbrojenia:

- **rakietowego**, które składa się z wyrzutni i stanowisk, przyrządów kierowania startem pocisków raketowych, urządzeń celowniczych, systemów naprowadzania pocisków raketowych na cel, niekierowanych i kierowanych pocisków raketowych z głowicami bojowymi różnego typu i zapalników do nich;
- **bombardierskiego**, składającego się ze stanowisk do podwieszania bomb, przyrządów kierowania zrzutem bomb, urządzeń celowniczych, systemów kierowania (naprowadzania) bomb na cel, bomb lotniczych i zapalników do nich oraz innych środków (np. kaset i zasobników bombowych);
- **artyleryjskiego**, zawierającego lotnicze karabiny maszynowe i działka, stanowiska mocowania broni, przyrządy kierowania ogniem, celowniki strzeleckie, naboje z pociskami różnego przeznaczenia zaopatrzone w różne typy zapalników;
- **torpedowo-minowego**, w skład którego wchodzi torpedy i miny lotnicze, urządzenia do ich podwieszania i zrzucania, przyrządy kierowania itp.;

- **specjalnego**, które zawiera broń jądrową, chemiczną i biologiczną oraz systemy zabezpieczające jej użycie.

W każdym rodzaju uzbrojenia lotniczego można wyróżnić dwie grupy elementów:

- środki przeznaczone bezpośrednio do rażenia różnych obiektów przeciwnika (pociski, bomby, głowice bojowe pocisków raketowych i zapalniki do nich),
- elementy przeznaczone do umożliwienia zastosowania środków rażenia (działka, stanowiska, zespoły urządzeń celowniczych itp.).

Wszystkie elementy należące do pierwszej grupy nazywane są **lotniczymi środkami rażenia (LŚR)**²².

Nowelizowana w 1998 r. Wojskowa Polska Norma WPN-93/C-03012 definiuje **lotnicze środki rażenia** jako „*podzbiór lotniczych środków bojowych przeznaczonych do obezwładniania lub niszczenia celów naziemnych, morskich i powietrznych, wykorzystujących działania fali uderzeniowej, energii kinetycznej, cieplnej, promieniowania jonizującego, promieniotwórczego skażenia terenu itp.*”²³.

Technika termowizyjna znalazła zastosowanie głównie w systemach samonaprowadzania kierowanych środków rażenia, zarówno bombardierskich w postaci samonaprowadzających głowic bomb lotniczych, jak i raketowych jako głowice kierowanych pocisków raketowych.

Ze względu na zwalczane obiekty, celowym jest również rozgraniczenie kierowanych pocisków raketowych na:

- pociski raketowe do zwalczania celów powietrznych (powietrze – powietrze),
- pociski raketowe do zwalczania celów naziemnych (powietrze – ziemia),
- pociski raketowe do zwalczania celów nawodnych (powietrze – woda).

²² S. Sirko, W. Marud, M. Mikołajczuk, *Podstawowe uzbrojenie sił powietrznych. cz. IV. Lotnicze środki bojowe*, Warszawa 1999, str. 11.

²³ Nowelizacja Wojskowej Polskiej Normy WPN-93/C-03012 Bomby lotnicze – Terminologia

Wykorzystanie termowizji w kierowanych pociskach raketowych klasy powietrze – powietrze

Kierowane pociski raketowe klasy powietrze - powietrze są obecnie uważane za najważniejszy komponent systemów przeznaczonych do prowadzenia walk powietrznych.

Biorąc pod uwagę ograniczenia w zakresie odległości wykrycia i przechwylenia celu powietrznego wynikające z pasywnego charakteru pracy urządzeń termowizyjnych, pociski raketowe wyposażone w głowice termowizyjne wykorzystane będą głównie do zwalczania celów powietrznych na bliskich odległościach²⁴ w manewrowych walkach powietrznych.

Klasyczne pociski kierowane bliskiego zasięgu klasy powietrze-powietrze, wykorzystujące bierne układy samonaprowadzania na punktowe źródło promieniowania podczerwonego, stanowią obecnie środki o dużej wrażliwości na zakłócenia naturalne i celowe. Nie wszystkie mogą być odpalane „pod słońce” lub - szczególnie na bardzo małej wysokości przy słonecznej pogodzie - nad zbiornikami wodnymi. Czujniki można także „zmylić” odpalając w kierunku nadlatującego pocisku flarę świetlną o dużej intensywności świecenia lub stosując stacje zakłócające pracujące w podczerwieni. Również efektywność wykorzystania tych środków znacznie spada w warunkach zachmurzenia, mgły i opadów atmosferycznych.

Dlatego też zaistniała potrzeba modernizacji tego typu środków rażenia. Programy modernizacyjne w głównej mierze dotyczą zastosowania nowych układów samonaprowadzania z nowymi typami detektorów podczerwieni oraz nowego (cyfrowego) oprogramowania umożliwiającego lepsze wykorzystanie możliwości zastosowanych podzespołów. Wszystkie kierowane pociski raketowe, opracowane w ramach nowych programów lub też modernizowane, wyposażane są w dwuwymiarowe detektory podczerwieni (typu IIR Imaging Infra Red), umożliwiające naprowadzenie pocisku na cel, widziany jako obraz termalny, a nie punktowe źródło ciepła. Nowe układy samonaprowadzania umożliwiają odpalenie pocisku bez

²⁴ Jednym z kryteriów klasyfikacji kpr klasy powietrze – powietrze jest maksymalna odległość oddziaływania. Stosując to kryterium, kierowane pociski raketowe można podzielić na: kpr małego zasięgu – do 30 km; kpr średniego zasięgu - 30 ÷ 100 km; dużego zasięgu > 100 km.

ciepła. Nowe układy samonaprowadzania umożliwiają odpalenie pocisku bez przechwycenia celu (przechwycenie nastąpi po zbliżeniu się pocisku do celu), a także ponowne przechwycenie celu w przypadku zerwania śledzenia. Rozwiązanie takie zwiększa strefę możliwych odpaleń i odporność pocisku na zakłócenia. Kolejną tendencją jest zwiększenie maksymalnych kątów śledzenia i wskazania celu do $\pm 90^\circ$ i więcej oraz pełniejsze wykorzystanie możliwości pokładowych systemów optoelektronicznych samolotu i nahałmowych systemów wskazywania celów.

Przykładem kierowanego pocisku raketowego nowej generacji jest **AIM-132 ASRAAM**. Jest to pocisk bliskiego zasięgu do zwalczania celów powietrznych z ich przedniej i tylnej półsfery, w każdych warunkach atmosferycznych, w dzień i w nocy. Rozwijany przez międzynarodowe konsorcjum brytyjsko (projekt ogólny) - niemiecko (głowica bojowa i system bezwładnościowy) - amerykańskie (termowizyjna głowica samonaprowadzająca), ma zastąpić rodzinę pocisków AIM-9. Napęd AIM-132 stanowi dwuzakresowy silnik raketowy na paliwo stałe o niskiej sygnaturze cieplnej, nadający mu prędkość około 3 Ma i zasięg gwarantowany 10 km (strzelanie do celu nadlatującego). Konstrukcja pocisku pozwala na wytworzenie i wytrzymanie w czasie lotu bardzo dużych przeciążeń. Układ kierowania kombinowany: programowe kierowanie bezwładnościowe w pierwszej fazie lotu i samonaprowadzanie pasywne na źródło podczerwieni z wykorzystaniem techniki termowizyjnej w drugiej. Głównym komponentem głowicy samonaprowadzającej pocisku jest matryca z 16 384 (128 x 128) czujnikami podczerwieni, co w połączeniu z komputerowym przetwarzaniem otrzymanych sygnałów pozwala na kierowanie pocisku w wybrany punkt celu, ignorowanie pułapek termicznych lub zakłóceń naturalnych, a tym samym zwiększenie prawdopodobieństwa przechwycenia. Głowica zapewnia także przechwycenie celu znajdującego się pod kątem 90° w stosunku do nosiciela, jednakże w tym przypadku wymagany jest celownik nahałmowy. W sytuacji, gdy głowica pocisku uchwyci cel przed odpaleniem z wyrzutni, pomijana jest faza lotu programowanego, lecz od razu pocisk przechodzi na samonaprowadzanie.

Pociski, w zależności od potrzeb, mogą być odpalane pojedynczo lub salwą do celów znajdujących się w polu widzenia pilota²⁵.

W 1994 r. zakończono próby integracyjne pocisku z systemem uzbrojenia samolotów *Tornado F.3* i *F-16*. W 1997 r. zainicjowano program integracji *AIM-132* z samolotami *Harrier T.10*, a także prawdopodobnie *Jaguar GR.1B* oraz *Sea Harrier FA.2*. W pociski tego typu planuje się także wyposażyć brytyjskie samoloty *Eurofighter 2000*, *Harrier GR.5* i *GR.7* oraz prawdopodobnie szwedzko-brytyjskie *JAS 39 Gripen*.

Innymi pociskami, w których zastosowane zostały podobne rozwiązania jak w *AIM-132* – szczególnie chodzi tu o samonaprowadzającą się głowicę termowizyjną – są:

- kierowany pocisk raketowy **IRIS-T**²⁶. Wyposażony w głowicę z detektorem podczerwieni typu liniowego składającą się ze 128 elementów (2 rzędy po 64 elementy), pracującą w zakresie 3-5 μm . Maksymalny kąt śledzenia celu wynosi $\pm 90^\circ$ ²⁷;
- kierowany pocisk raketowy **AIM-9X SIDEWINDER**. Jest kolejną wersją pocisku *AIM-9*. Zmiany modernizacyjne dotyczą w głównej mierze głowicy samonaprowadzania, sterowania strumieniem gazów wylotowych silnika raketowego oraz konstrukcji głowicy bojowej. Nowa głowica samonaprowadzająca jest taka sama jak w pocisku *AIM-132 ASRAM*²⁸;
- kierowany pocisk raketowy **A-DARTER**²⁹. Pocisk zbliżony ideą do *AIM-9X* oraz *AIM-132*. Głowica samonaprowadzania wyposażona jest w detektor podczerwieni typu IIR (Imaging Infra Red) o dużych kątach wskazania i śledzenia celu oraz możliwości współpracy z najełmowym wskaźnikiem celu. Pocisk może przechwytywać cele zarówno przed jak i po

²⁵ S.Sirko, W.Marud, M.Mikołajczuk, *Podstawowe uzbrojenie sił powietrznych. cz. IV. Lotnicze środki bojowe*, Warszawa 1999. str. 42.

²⁶ W opracowanie tego pocisku zaangażowanych jest pięć państw: Niemcy, Grecja, Norwegia, Szwecja i Kanada. Ewentualna produkcja tego pocisku może nastąpić w 2002 r.

²⁷ L.Loroch, K.Szyderski, *Tendencje rozwojowe lotniczych kierowanych pocisków raketowych klasy P-P*, Problemy techniki uzbrojenia i radiolokacji, zeszyt 65, 1998. str.102.

²⁸ Tamże, str. 103.

²⁹ Jest to pocisk bliskiej walki manewrowej produkowany przez południowoafrykańską firmę Danela.

jego odpaleniu (funkcja samodzielnego poszukiwania celu) dzięki czemu możliwe jest znaczne zwiększenie skutecznego zasięgu jego rażenia³⁰.

Wspólnym elementem charakteryzującym wymienione powyżej pociski raketowe nowej generacji jest głowica samonaprowadzająca. Zastąpienie klasycznych układów naprowadzania na podczerwień, układami wykorzystującymi technikę termowizyjną w znaczny sposób zwiększa skuteczność tych środków w zwalczaniu celów powietrznych, jak również uodparnia je na różnego typu zakłócenia naturalne i celowe. Poprzez to, że głowica samonaprowadzająca analizuje obraz termalny całego celu, a nie jego najbardziej rozgrzanych elementów, umożliwia to ominięcie różnego typu pułapek termicznych.

Inną ważną cechą wymienionych pocisków jest możliwość wcześniejszego wydania komendy do startu, jeszcze przed uchwyceniem celu przez głowicę samonaprowadzającą. Przechwycenie następuje po zbliżeniu się pocisku do celu. Jest to szczególnie przydatne podczas prowadzenia walk powietrznych na małych odległościach, gdzie trudnym jest utrzymanie przez dłuższy czas samolotu przeciwnika w sektorze widzialności głowicy.

Wykorzystanie termowizji w lotniczych środkach rażenia klasy powietrze - ziemia

Technika termowizyjna znalazła zastosowanie w elektrooptycznych systemach samonaprowadzania lotniczych środków rażenia, klasy powietrze - ziemia, pod koniec lat siedemdziesiątych.

W miejsce kamer telewizyjnych, instalowanych w samonaprowadzających się głowicach kierowanych środków rażenia, zastosowano kamery termowizyjne pracujące w paśmie 8-14 μm w zakresie podczerwieni. Miało to umożliwić wykorzystanie tych środków w nocy oraz przy złej widoczności celu. Dodatkowymi zaletami tego układu były: prawie dwukrotne zwiększenie zasięgu wykrywania i śledzenia celu (w porównaniu do układu telewizyjnego), możliwość wykrywania celów

³⁰ L.Loroch, K.Szyderski, *Tendencje rozwojowe lotniczych kierowanych pocisków raketowych klasy P-P*, Problemy techniki uzbrojenia i radiolokacji, zeszyt 65, 1998. str.103.

w warunkach zamglenia, zadymienia czy zapylenia, a także celów ukrytych i zamaskowanych.

Obecnie urządzenia termowizyjne stosuje się w układach samonaprowadzania zarówno bomb jak i pocisków raketowych kierowanych optoelektronicznie.

Jedną z bardziej znanych bomb lotniczych kierowanych optoelektronicznie jest amerykańska bomba GBU-15 (pełna nazwa wersji z układem termowizyjnym brzmi **GBU-15(V)2/B**). Bomby GBU-15 opracowane zostały w ramach projektu oznaczonego skrótem MGWS (Modular Glide Weapon System -modułowy system broni szybującej). Projekt zakładał opracowanie i produkcję wielu modułów, z których w jednostkach byłyby montowane różne warianty bomb kierowanych zależnie od rodzaju atakowanego celu i warunków taktycznych. Podstawowe moduły wymienne to: głowica bojowa, układ kierowania, zestaw płaszczyzn aerodynamicznych i zestaw elementów łączących. Wspólnymi dla wszystkich wersji są: moduł sterowania i radiowy zespół przekazywania danych. W module ładunku bojowego może być wykorzystana bomba odłamkowo-burząca Mk84 (907 kg) lub zasobnik kasetowy SUU-54/B z małokalibrowymi bombami i minami. Moduł układu kierowania może być telewizyjny (GBU-15/V/1/B) lub termowizyjny (GBU-15/V/2/B), z możliwością przekazywania danych. Do użycia tego rodzaju bomb przystosowano samoloty *F-4E* i *F-111F*, a obecnie bomby te stanowią uzbrojenie samolotu *F-15E* i *F-16C/D*. Jako wyposażenie dodatkowe, samoloty zabierają na podwieszeniu zasobnik AN/AXQ-14 z radiową aparaturą nadawczo-odbiorczą do łączności z pociskiem. Bomba GBU-15 może być zrzucona z dala od celu, bez wcześniejszego uchwycenia go przez układ samonaprowadzania. Po zrzucie, kierowana przez autopilota według zapamiętanego kursu, szybuje w kierunku celu. W tym czasie układ przekazywania danych drogą radiową przesyła obraz z kamery bomby na ekran w kabinie pilota. Gdy pilot (operator uzbrojenia) zauważy cel na ekranie, za pomocą joysticka tak steruje bombą, aby naprowadzić na niego znacznik celowniczy i następnie uruchamia układ automatycznego śledzenia. Od tego momentu bomba samodzielnie kieruje się na wskazany cel. Operator w każdej chwili może przejąć sterowanie i ręcznie korygować tor lotu. Taki system naprowadzania ma kilka zalet: atak można przeprowadzić spoza zasięgu obrony przeciwlotniczej obiektu (broń

„stand off”), naprowadzanie bomby może prowadzić załoga innego samolotu wyposażonego w zasobnik przekazywania danych, zapis ataku na taśmie video pozwala ocenić jego rezultat.

Bezpośrednim rozwinięciem bomby GBU-15 wyposażonej w dodatkowy napęd raketowy jest pocisk **AGM-130** (wersja A i C). Przeznaczony on jest do niszczenia bardzo ważnych celów punktowych przy ataku z małych wysokości bez wchodzenia w zasięg obrony przeciwlotniczej obiektu. Dzięki zastosowaniu raketowego przyspieszacza, AGM-130 ma trzykrotnie większy zasięg niż GBU-15 przy zrzucie z wysokości 60-300 m, który sięga 24 km. W wypadku użycia z dużych wysokości zasięg dochodzi do 45 km. Pocisk zrzucany jest jak zwykła bomba ślizgowa. Zapłon silnika raketowego następuje po osiągnięciu ustalonej w programie lotu wysokości lub po upływie określonego czasu od zrzutu. Dzięki sile ciągu pocisk przyspiesza do prędkości około 1 Ma. Wykorzystując linię radiową przesyłania danych, operator może ustawić wysokość lotu na 600 lub 300 m i następnie obniżyć ją skokowo o 60 m. Jednorazowo można też przesłać komendę na gwałtowne zwiększenie wysokości o 300 m. Tak duże ograniczenia w manewrowaniu nałożone są po to, aby uchronić pocisk przed wyczerpaniem energii kinetycznej niezbędnej do osiągnięcia maksymalnego, w danych warunkach zasięgu. Działanie układu kierowania pocisku jest takie samo jak w przypadku bomby GBU-15. Nosicielami AGM-130 są samoloty *F-15E* oraz *F-16 C/D*.

Bomby AGM-130A zostały z powodzeniem użyte podczas wojny w Zatoce Perskiej (1991 r), przez samoloty *F-15E* i *F-111F*. Równocześnie, sformułowano w stosunku do nich nowe wymagania; celem ich było zmniejszenie zaangażowania załogi w naprowadzanie bomby na cel, w końcowej fazie lotu. W wyniku przeprowadzonych analiz, AGM-130A eksperymentalnie wyposażono w miniaturową aparaturę nawigacji bezwładnościowej P-MIGITS (Miniature Integrated GPS/INS Tactical System). W trakcie prób (zrzuty z samolotów *F-15E* i *F-111F*) osiągnięto 50% trafień w koło o średnicy 3 m, z odległości do 32 km. Przy tym współrzędne celu mogą być wprowadzone zarówno przed, jak i w trakcie lotu³¹.

³¹ R.M. Kierski, *Broń „stand off” w działaniach lotnictwa taktycznego*, PWL i OP, 12/98, str. 27.

Podobną aparaturę przetestowano też dla bomb GBU-15, przewidzianych dla jednomiejscowych F-16. Kasetowa odmiana bomby GBU-15 ustępuje powoli miejsca beznapedowym bombom szybującym **AGM - 154** zbudowanym w ramach programu JSOW (Joint Stand Off Weapon). Powstała ona w wyniku połączenia wysiłków i wymagań lotnictwa i marynarki wojennej Stanów Zjednoczonych. Bomba ta ma stanowić standardowe wyposażenie amerykańskich samolotów taktycznych w najbliższych latach. AGM-154 jest kasetą bombową o masie 408 kg, z rozkładanymi po zrzucie skrzydłami, o tak dobranym kształcie, by radiolokacyjna powierzchnia skutecznego odbicia była minimalna. Kasetę ma bezwładnościowy układ kierowania, sprzężony z pokładowym odbiornikiem GPS (P-MIGITS). Jej tor lotu może być programowany, może lecieć do celu manewrując. Wykorzystując do tego naturalne osłony, można nią atakować cele położone z boku samolotu. Całe zadanie pilota sprowadza się tylko do wejścia w strefę możliwych ataków i zrzucenia kasety w pewnym, określonym zakresie parametrów lotu. Bomba doleci, zgodnie z wprowadzonym programem, z każdego punktu tej strefy. Wersja AGM-154A będzie wypełniona 145 małymi bombami BLU-97 o charakterze przeciwpancerno-odłamkowym, AGM-154B – sześcioma samonaprowadzającymi się pociskami przeciwpancernymi BLU 108/B (system termowizyjny z układem rozpoznawczym, klasyfikującym obserwowane obiekty i atakującym je zgodnie z priorytetami). Natomiast **AGM-154C** otrzyma termowizyjną głowicę do naprowadzania na cel, uruchamianą w końcowej fazie lotu, z układem przekazywania danych. Ładunkiem bojowym AGM-154C będzie przeciwbetonowy ładunek przenikająco-burzający BLU-111, opracowany na bazie standardowej bomby ogólnego przeznaczenia Mk82 (227 kg). Obecnie zasięg kasety oscyluje w granicach 15-25 km³².

Zupełnie innym amerykańskim środkiem bojowym jest mały pocisk manewrujący **AGM - 84E SLAM**. Dysponuje on, podobnie jak AGM-154C, termowizyjną głowicą samonaprowadzającą z układem przekazywania danych. Napęd stanowi mały turbinowy silnik odrzutowy. W układ pilota automatycznego wbudowano odbiornik GPS. AGM - 84E umożliwia atakowanie silnie bronionych obiektów naziemnych z dużej odległości (do 90 km), których położenie nie jest precyzyjnie

³² Tamże, str. 28.

znane. Pocisk leci do celu po trasie łamanej, na małej wysokości, z wykorzystaniem maskujących właściwości terenu. Przed celem, w obliczonym punkcie (pomoc GPS) przed rejonem celu, wykonuje górkę, transmitując obraz na pokład - lecącego poza zasięgiem obrony przeciwlotniczej - samolotu (nie musi to być samolot, z którego odpalono pocisk). Po wykryciu celu operator ustawia na nim znacznik i wykonuje dowiązanie. Od tej pory AGM-84E autonomicznie kieruje się kontrastem obrazu. Pocisk przeszedł swój chrzest bojowy w Zatoce Perskiej, a jego nosicielami były głównie samoloty F/A-18.

Przykładem zastosowania urządzeń termowizyjnych w kierowanych pociskach raketowych powietrze-ziemia są pociski raketowe **AGM-65 Maverick** różnych wersji. Pierwszy z nich (wersja **AGM-65D**) został wprowadzony do uzbrojenia USAF w 1983 r. Termowizyjny układ naprowadzania umożliwiał wykorzystanie tych pocisków w nocy oraz przy złej przejrzystości powietrza. Maksymalny zasięg pocisku wynosi około 20 km. Podstawowym nosicielem AGM-65D są samoloty *A-10* oraz *F-16*. W przypadku samolotów *F-16C Block 40/42*, przystosowanych do przenoszenia zasobników systemu LANTIRN („Lantirn” ma możliwość wskazywania celu rakiecie AGM-65D), rozszerza to dodatkowo możliwości wykorzystania „Mavericka”, gdyż może on być odpalany z maksymalnej odległości (ok. 22,5 km). AGM-65D może być również odpalany z samolotu *F-15E*. Kolejna wersja pocisków „Maverick” – **AGM-65F** powstała na zamówienie amerykańskiej marynarki wojennej US Navy. Posiada ona termowizyjny układ naprowadzania (taki sam jak w wersji D), a jednocześnie powiększony ładunek bojowy (masa głowicy bojowej wynosi 136,1 kg) w porównaniu do AGM-65D. Rozwiązanie zastosowane na AGM-65F okazało się niezwykle udane, co skłoniło z kolei wojska lotnicze do zamówienia bardzo podobnej odmiany. Tak powstał **AGM-65G** będący ulepszoną wersją rakiety AGM-65F. Został on wyposażony w cyfrowego autopilota, który daje m.in. możliwość wykonania dolotu do celu na małej wysokości (unika się w ten sposób zerwania naprowadzenia w gęstych chmurach)³³. Podstawowe dane bomb i pocisków raketowych z omawianej grupy zawierają tabele 2 i 3.

³³ J. Gruszczyński, E.F. Rybak, *Uzbrojenie lotnicze NATO, Przegląd konstrukcji lotniczych*, 4/97, str. 10.

Tabela 2. Bomby kierowane z termowizyjnymi systemami naprowadzania

Rodzaj i nazwa środka rażenia	Masa [kg]		Rodzaj głowicy bojowej	Zasięg [km]		Wysokość zrzutu [m]		Dokł. trafienia [m]	Układ naprowadzania	Uwagi
	całkowita	głowicy bojowej		min.	maks.	min.	maks.			
GBU-15(V)2/B	1134	875	Mk 84	•	do 50	•	12 200	•	termowizyjny	
AGM-130 A	1325,9	909,1	burząca Mk 84	0,5	27,78	30	12 000	~ 3,6	układ nawigacyjny proporcjonalny z wymiennym modulem telewizyjnym lub termowizyjnym	
AGM-130 C	1 353	874	BLU - 109/B	•	do 45	•	•	•	termowizyjny	

Tabela 3. Kierowane pociski rakietowe powietrze-ziemia z termowizyjnymi systemami naprowadzania

Rodzaj i nazwa środka rażenia	Masa [kg]		Rodzaj głowicy bojowej	Zasięg [km]		Wysokość odpalania [m]		Dokł. trafienia [m]	Układ naprowadzania	Uwagi
	całkowita	głowicy bojowej		min.	maks.	min.	maks.			
AGM-84E SLAM	620	220	burząca	•	100	•	•	•	termowizyjny	
AGM-65D <i>Maverick</i>	220	57	kumulacyjna	0,9	13	150	12 000	~ 2	termowizyjny	22,5 km z LANTIRN
AGM-65G <i>Maverick</i>	300	130	odł. - burz.	0,9	22,5	150	12 000	~ 2	termowizyjny	
AGM-65F <i>Maverick</i>	288	136	kumulac - odł. - burz.	0,9	22,5	150	12 000	~ 2	termowizyjny	
AGM-65H <i>Maverick</i>	288	136	kumulac - odł. - burz.	0,9	22,5	150	12 000	~ 2	termowizyjny	

Podsumowując, zarówno kierowane bomby lotnicze jak i pociski raketowe wyposażone w termowizyjne układy naprowadzania, w szczególności przeznaczone są do niszczenia umocnionych celów o małych wymiarach, które są silnie bronione przez środki obrony przeciwlotniczej. Wprowadzenie tego typu środków do uzbrojenia w zasadniczy sposób wpłynęło na zmianę taktyki użycia lotnictwa taktycznego i zwiększyło jego skuteczność. Możliwe stało się radykalne zmniejszenie sił potrzebnych do wykonania zadania, zarówno z powodu dużego prawdopodobieństwa trafienia celu jedną (pierwszą) bombą czy pociskiem raketowym, jak i dzięki możliwości wykorzystania tych środków spoza zasięgu rażenia środków obrony przeciwlotniczej. Ponadto możliwość stosowania ich z małych wysokości, w każdych warunkach atmosferycznych oraz o każdej porze doby świadczą o uniwersalności tego typu uzbrojenia i potwierdzają opinię, że są to jedne z lepszych i skuteczniejszych środków rażenia stosowanych przez bojowe samoloty wielozadaniowe.

Pomimo wielu zalet, kierowane środki rażenia z termowizyjnymi układami naprowadzania nie były stosowane w konfliktach zbrojnych na szeroką skalę, lecz stosowane były głównie do niszczenia małowymiarowych celów, mających dużą wartość bojową dla przeciwnika.

Główną barierą w masowym zastosowaniu tego typu środków jest ich cena. Dla przykładu, koszt jednostkowy pocisku raketowego AGM-65B Maverick ze „zwykłym”, telewizyjnym układem kierowania wynosi ok. 17 000 USD, natomiast cena pocisku w wersji „D” (z głowicą termowizyjną) kształtuje się już w granicach 110 000 USD³⁴. Dlatego też użycie tych środków do niszczenia wszystkich rodzajów celów jest niezasadne ze względu na dużą wartość wskaźnika „koszt / efekt”.

³⁴ Air Combat Command, Public Affairs Office, Internet–USAF Fact Sheet.

Rozważania przedstawione w powyższym rozdziale pozwalają na wyciągnięcie pewnych wniosków, dotyczących zastosowania termowizji w systemach uzbrojenia lotniczego.

- Urządzenia termowizyjne stanowią element składowy systemów uzbrojenia lotniczego, a ich umiejscowienie w strukturze tych systemów związane jest głównie z podwójną rolą jaką urządzenia te spełniają podczas działań bojowych lotnictwa:
 - wykrycie i identyfikacja celów na podstawie ich promieniowania cieplnego,
 - możliwość samonaprowadzania się środków rażenia na wykryty w podczerwieni cel.

Dlatego też termowizory stosowane są głównie w grupie optoelektronicznych urządzeń lokacyjnych, wchodzących w skład systemów celowniczo-nawigacyjnych współczesnych samolotów bojowych oraz jako podzespoły głowic w lotniczych środkach rażenia.

- Takie cechy urządzeń termowizyjnych jak: możliwość wykorzystania zarówno w dzień jak i w nocy, mała wrażliwość na przeciwdziałanie przeciwnika, duża precyzja uzyskiwanych danych – sprawiają, że urządzenia te odgrywają znaczącą rolę podczas wykonywania precyzyjnych uderzeń z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia.
- Pasywność działania urządzeń termowizyjnych powoduje, że urządzenia te stanowią podstawowy element wyposażenia systemów rozpoznania i ataku celu stosowanych w samolotach wykonanych w technologii „stealth”.
- Urządzenia termowizyjne umożliwiają obserwację terenu w podczerwieni podczas działań w nocy. Umożliwia to wykorzystanie tego typu urządzeń jako pomoc pilotażowo-nawigacyjna w lotach na małych wysokościach (omijanie przeszkód terenowych, pomoc w trakcie zajścia do lądowania na nieprzygotowanym lotnisku w niesprzyjających warunkach pogodowych w dzień i w nocy oraz możliwość wykorzystania naturalnych warunków terenowych w celu maskowania tras dolotu do obiektów uderzeń).
- Zastosowanie głowic termowizyjnych w lotniczych środkach rażenia, prawie dwukrotnie zwiększa ich zasięg (w porównaniu z głowicami telewizyjnymi) co

umożliwia użycie tych środków spoza zasięgu obrony przeciwlotniczej przeciwnika (broń „stand off”).

- Zarówno kierowane bomby lotnicze jak i pociski raketowe wyposażone w termowizyjne układy naprowadzania, głównie używane będą do niszczenia bardzo ważnych celów punktowych silnie bronionych przez środki obrony przeciwlotniczej.
- Ze względu na duży koszt jednostkowy tego typu środków rażenia (co stanowi barierę w masowym ich stosowaniu), będą one używane na obiekty stanowiące główne punkty ciężkości przeciwnika.

3. DZIAŁANIA BOJOWE LOTNICTWA TAKTYCZNEGO Z WYKORZYSTANIEM URZĄDZEŃ TERMOWIZYJNYCH

Dynamiczny rozwój techniki lotniczej, a w szczególności systemów uzbrojenia lotniczego, stwarza nowe możliwości wykorzystania współczesnych samolotów w działaniach bojowych. Wykładnią tego mogą być ostatnie działania zbrojne w rejonie Zatoki Perskiej (1991 r.) oraz w Kosowie (1999 r.), w których zademonstrowano możliwości bojowe współczesnego lotnictwa.

Charakterystyczną cechą tych konfliktów w odniesieniu do działań bojowych lotnictwa, było m.in. wykorzystanie go na szeroką skalę w taktycznych działaniach powietrznych w nocy. Stało się to możliwe dzięki zastosowaniu najnowszych technologii, które zapewniały radiolokacyjną niewidzialność (technologia „stealth”) jak również specjalistycznego wyposażenia w postaci kamer termowizyjnych oraz zasobników nawigacyjno-celowniczych umożliwiających skuteczne wykrycie i atak celu w godzinach nocnych. Niewątpliwie wyposażenie tego typu w połączeniu z nowoczesnymi lotniczymi środkami rażenia o cechach „broni inteligentnej”³⁵ czy też precyzyjnie kierowanej, stwarzają możliwości użycia lotnictwa w nocy w podobnym wymiarze jak podczas działań w dzień.

Rozpatrując działania bojowe lotnictwa z wykorzystaniem urządzeń termowizyjnych należy zaznaczyć, że urządzenia tego typu stanowią z reguły tylko część skomplikowanego wyposażenia współczesnych samolotów bojowych, dlatego też należy postrzegać je jako składniki nawzajem uzupełniających się systemów, które zapewniają skuteczne wykonanie zadań w różnych warunkach bojowych. Urządzenia termowizyjne z pewnością będą wykorzystywane w działaniach nocnych jako element wspomagający załogi samolotów w bezpiecznym wykonaniu lotu bojowego jak również jako pomoc w zakresie wykrycia i rozpoznania obiektów uderzeń. Niezbędnym również jest to, aby wykorzystanie tych urządzeń było ściśle powiąza-

³⁵ „Sztuczna inteligencja” rozumiana jest jako właściwości specjalistycznych urządzeń cybernetycznych, których istotę stanowi naśladowanie niektórych funkcji psychicznych mózgu człowieka oraz zdolność do sterowania skomplikowanymi procesami np. sterowanie złożonymi systemami broni. Dlatego też system taki bardzo często określany jest mianem „broni inteligentnej”. (W. Świątnicki, Z. Świątnicki, *Bronie inteligentne*)

ne z systemami kierowania lotniczych środków rażenia, np. laserowymi czy też optoelektronicznymi.

Chcąc przedstawić problem użycia urządzeń termowizyjnych w działaniach bojowych lotnictwa, należy w głównej mierze odnieść się do doświadczeń z ostatnich konfliktów zbrojnych w rejonie Zatoki Perskiej (operacja „Desert Storm”) i w Kosowie (operacja „Allied Force”) oraz ukazać je w aspekcie warunków działań, jakie występowały w poszczególnych konfliktach.

3.1 Taktyczne aspekty zastosowania termowizji w działaniach bojowych lotnictwa uderzeniowego

Wykonanie zadań bojowych przez lotnictwo uderzeniowe będzie w głównej mierze determinowane jego **możliwościami bojowymi** oraz **warunkami działań**. Jak wskazują badania, te pierwsze w sposób bezpośredni zależą od odpowiedniej konstrukcji i wyposażenia samolotów i określają oczekiwane rezultaty działań, które mogą być osiągnięte podczas wykonywania ustalonych zadań w konkretnych warunkach sytuacji bojowej³⁶. Natomiast warunki działań bojowych rozumiane są jako zespół wzajemnie powiązanych czynników mających wpływ na wymagania wobec samolotów, ich możliwości bojowe oraz celową taktykę działania³⁷. Analiza współczesnej literatury źródłowej dowodzi, iż warunki działań lotnictwa kształtują:

- sytuacja operacyjno-taktyczna;
- warunki atmosferyczne;
- przestrzeń działań;
- czas działań rozumiany jako pora doby i pora roku.

Sytuacja operacyjno-taktyczna zależy głównie od tego, kto będzie przeciwnikiem, od składu i wyposażenia jego wojsk oraz sposobu prowadzenia działań zbrojnych. Od niej uzależniona będzie sytuacja powietrzna w rejonie działań bojo-

³⁶ S.Zajas, *Podstawy użycia rodzajów wojsk sił powietrznych*, Warszawa 1999. str. 166.

³⁷ S.Zajas, J.Gruszczynski, S.Szulc, *Zastosowanie bojowe samolotów wielozadaniowych Sił Powietrznych RP*, Warszawa 1999. str. 26.

wych, mająca decydujący wpływ na użycie lotnictwa i skuteczne wykonanie przez niego zadań.

Warunki atmosferyczne określają stan atmosfery (wielkość zachmurzenia, widzialność, temperatura, wilgotność, ciśnienie i zjawiska atmosferyczne) jaki występuje w danym momencie nad rejonem działań bojowych. W głównej mierze uzależnione są od pory roku.

Przestrzeń działań opisywana jest topografią terenu, nad którym załogi samolotów uderzeniowych będą wykonywać zadania bojowe, wysokością lotu oraz możliwościami przestrzennymi samolotów, czyli taktycznymi promieniami działania.

Czas działań jest czynnikiem warunków zewnętrznych i określany jest długością dnia i nocy, które z kolei zależą w sposób bezpośredni od pory roku. Jest to jeden z najważniejszych czynników mających wpływ na wzrokową widoczność obiektów.

Większość z przedstawionych powyżej czynników wpływać będzie w większym lub w mniejszym stopniu na możliwości użycia urządzeń termowizyjnych w działaniach bojowych lotnictwa uderzeniowego.

Niewątpliwie na wykonanie zadań przez samoloty uderzeniowe największy wpływ będzie miała sytuacja operacyjno-taktyczna nad terytorium zajęтым przez przeciwnika. Zasadniczym problemem realizowanym w pierwszej kolejności będzie pokonanie przez samoloty systemu OP, a tym samym zapewnienie sobie swobody działań w przestrzeni powietrznej przeciwnika. Zadanie tego typu z reguły realizowane będzie w pierwszej fazie działań. Doświadczenia wyniesione z konfliktów zbrojnych wskazują pewną prawidłowość. Zarówno pierwsze uderzenia w operacji „Desert Storm” i „Allied Force” były przeprowadzone w nocy. Miało to na celu spotęgować uzyskanie pełnego zaskoczenia przeciwnika.

Działania nad Irakiem rozpoczęły się od brawurowego rajdu śmigłowców *MH-53J Pave Love* i *AH-64 Apache*, tworzących grupę zadaniową „Normandy”, których zadaniem było zniszczenie dwóch kluczowych posterunków radiolokacyjnych położonych w głębi terytorium Iraku i tym samym dokonać wyłomu w systemie OP. Uderzenie to było zsynchronizowane z czasem wejścia samolotów

WRe (*EF-111*) w strefę wykrywania zniszczonych stacji. W tym samym czasie punkty naprowadzania myśliwców przechwytyjących systemu OP Iraku zostały zaatakowane przez samoloty *F-117*. W następnej kolejności samoloty tego typu dokonały uderzeń na cele położone w Bagdadzie. Działania nocne *F-117* w znacznej mierze wspomagane były przez samoloty *F-15E* oraz *F-111F* wykorzystujące systemy termowizyjne, które w połączeniu z działaniami grup WRe mogły również paraliżować swymi atakami elementy systemu OP Iraku.

Dużą zasługę w prowadzeniu tego typu działań przypisuje się samolotom *F-117*, które dzięki swym możliwościom - technologia „stealth” oraz wyposażeniu umożliwiającym wykrywanie i śledzenie celów w podczerwieni - mogły bez przeszkód penetrować przestrzeń powietrzną Iraku, podczas gdy system obrony powietrznej był jeszcze sprawny i stanowił realne zagrożenie. Istotnym w tego typu działaniach jest fakt, że wykonując loty bojowe w nocy wyeliminowano zagrożenie użycia przeciwko samolotom sojuszu rakiet przeciwlotniczych klasy ziemia-powietrze naprowadzanych na cele optycznie (kanał telewizyjny), stanowiących poważne zagrożenie podczas działań w dzień.

W warunkach nocnych, gdy jednocześnie brakuje możliwości ciągłego śledzenia celów, sposób działań lotnictwa wymusza zwykle charakter obiektu uderzenia. Zwalczane przez samoloty obiekty naziemne będą miały zróżnicowane charakterystyki lub parametry. W strefie działań samolotów uderzeniowych będą znajdować się zarówno obiekty o charakterze stacjonarnym tj. lotniska i lądowiska wraz z infrastrukturą, mosty i przeprawy przez przeszkody wodne, węzły komunikacyjne, obiekty logistyczne (magazyny, składy) oraz inne obiekty infrastruktury, jak również obiekty o charakterze manewrowym np. wojska w marszu. Zazwyczaj obiekty stałe charakteryzować się będą większymi rozmiarami, a do ich zniszczenia lub wyeliminowania potrzebne będą bezpośrednie trafienia w najbardziej newralgiczne elementy środkami o dużej sile rażenia. Natomiast obiekty manewrowe będą w większości celami o małych rozmiarach, z reguły dobrze maskowane i niejednokrotnie osłaniane przez środki OPL. W celu przeprowadzenia skutecznego ataku na obiekty stacjonarne, szczególnie z użyciem kierowanych środków rażenia, niezbędne jest wcześniejsze rozpoznanie celu (jego zlokalizowanie i identyfikacja), wyko-

nanie lotu wg rozpoznanych współrzędnych geograficznych oraz przeprowadzenie precyzyjnego ataku z takim wyliczeniem, aby nie zniszczyć neutralnych obiektów znajdujących się w jego sąsiedztwie. Dla celów mobilnych wymagane jest przeprowadzenie samodzielnego poszukiwania, następnie wykrycie, zidentyfikowanie i przeprowadzenie ataku.

Stronić należy od przekonania, że od czasu uzyskania ostatnich informacji do momentu wykonania uderzenia jego położenie nie ulegnie znaczącym zmianom. Z tego powodu wykrycie celów mobilnych, w warunkach nocnych, przy pomocy urządzeń termowizyjnych, będzie znacznie utrudnione. Potwierdziły to doświadczenia wyniesione przez lotnictwo w działaniach nad Irakiem, gdzie istotnym problemem stały się wyrzutnie rakiet *Scud*³⁸. Co prawda istnieje teoretyczna możliwość wykrycia tego typu celów, jednak warunkiem do zrealizowania tego jest fakt, że cel musi znaleźć się w zasięgu przeglądanej przestrzeni termowizora. Dlatego też w nocy celowe jest zwalczanie przede wszystkim obiektów o charakterze stacjonarnym z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia.

Doświadczenia wynikające z konfliktów zbrojnych potwierdzają opinię, że lotnictwo uderzeniowe wykonując działania w nocy główny swój wysiłek skupia na zwalczaniu obiektów decydujących o potencjale przeciwnika, w ramach uderzeń strategicznych. Wykorzystuje się do tego, przystosowane do działań nocnych, samoloty wyposażone w termowizyjne systemy wykrycia i rozpoznania celu. Poddając analizie udział poszczególnych typów samolotów w konfliktach nad Irakiem i Kosowem, wyłania się pewna grupa samolotów wykorzystywanych głównie w warunkach nocnych. Z pewnością możemy zaszeregować do tej grupy samoloty:

- *F-117A* - wyposażone w system *FLIR/DLIR*;
- *F-15E* - wyposażone w zasobniki systemu *LANTIRN*, radar;
- *F-111F* - wyposażone w zasobnik systemu *PAVE TACK*, radar³⁹;
- *A-6E* - wyposażone w system *TRAM*, radar⁴⁰;
- *F-16* - wyposażone w zasobniki systemu *LANTIRN*, radar;

³⁸ W czasie wojny nad Zatoką Perską wyrzutnie rakiet *SCUD* bardzo często ukrywane były pod mostami, wiaduktami, w hangarach lub innych ukryciach i wyjeżdżały stamtąd tylko w celu odpalenia rakiety.

³⁹ Samoloty *F-111F* brały udział tylko w konflikcie nad Zatoką Perską.

⁴⁰ Samoloty *A-6E* brały udział tylko w konflikcie nad Zatoką Perską.

- *F/A-18* - wyposażone w zasobnik typu *AN/AAS-38*, radar;
- *A-10* - wykorzystujące kanał termowizyjny głowicy kpr *Maverick*;
- *Tornado GR.1* – wykorzystujące zasobnik systemu *TIALD*.

Połączenie możliwości wykrycia celów w nocy przy pomocy kamer termowizyjnych z laserowymi podświetlaczami celów, umożliwia załogom samolotów uderzeniowych prowadzenie rozpoznania obiektów uderzeń oraz przeprowadzenie ataku na rozpoznany cel z wykorzystaniem laserowych środków rażenia. Rolą termowizorów jest nie tylko wykrycie i rozpoznanie celu, ale również precyzyjne wskazanie celu dla urządzenia laserowego, które poprzez podświetlenie go wiązką lasera powoduje skierowanie głowic środków rażenia w kierunku celu.

Taka konfiguracja urządzeń może być również wykorzystywana z powodzeniem podczas działań dziennych. Termowizor wykorzystywany jest wtedy głównie do precyzyjnego wskazania celu, po uprzednim wzrokowym rozpoznaniu i zidentyfikowaniu go. Takie wykorzystanie szeroko stosowane było podczas działań w Kosowie, gdzie utrudnione było zastosowanie systemów telewizyjnych np. ze względu na zbyt dużą wysokość lotu wymuszoną zasięgami środków OPL lub też warunkami zadymienia terenu spowodowanymi celowo przez Serbów.

Z reguły wykrycie i identyfikację celu realizował wzrokowo pilot dyżurującego nad terenem działań A-10, który jednocześnie naprowadzał samoloty uderzeniowe na wykryty cel. Do określenia dokładnego położenia celu z A-10 odpalane były rakiety fosforowe. Jeżeli było możliwe użycie czujników termowizyjnych, to oznaczenie celu mogło być realizowane przez załogi samolotów F-16D, które po zidentyfikowaniu celu w podczerwieni podświetlały go wiązką lasera. Tak oznaczony cel stawał się widoczny dla samolotu uderzeniowego, który wykorzystując wąski zakres pracy termowizora z odpowiednim powiększeniem celu mógł dokładnie określić punkt zrzutu bomby laserowej.

Wykorzystanie termowizorów oraz dalmierzy laserowych stwarza również warunki do efektywnego użycia niekierowanych środków rażenia do zwalczania celów naziemnych. Urządzenia te w tym przypadku stanowią typowy układ celowniczy. Rozpoznanie celów odbywa się z wykorzystaniem urządzenia termowizyjne-

go natomiast wypracowanie warunków do ataku (precyzyjny pomiar odległości do celu) realizowane jest dzięki dalmierzowi laserowemu.

Obok szeroko stosowanych laserowych środków rażenia w działaniach bojowych lotnictwa, zarówno w operacji „Desert Storm” jak i „Allied Force”, wykorzystywane były również środki z termowizyjnymi układami naprowadzania. W głównej mierze stosowane one były do zwalczania celów stacjonarnych o dużej odporności, osłanianych przez silną OPL. Zaletą tego typu środków jest to, że istnieje możliwość odpalania ich spoza zasięgu ognia obiektowych środków OPL – broń klasy „stand off”. Podstawowymi środkami tego typu w działaniach bojowych były bomby GBU-15(V)2/B, AGM-130 oraz AGM-84E SLAM. Zrzut bomb następował z określonej odległości od celu zapewniającej uniknięcie ostrzału środkami przeciwlotniczymi. Następnie dolot bomby do celu korygowany był za pomocą komend radiowych przekazywanych z nosiciela lub też z innego samolotu wyposażonego w zasobnik przekazywania danych AN/AXQ-14. Korygowanie lotu bomby realizowane było na podstawie obrazu termalnego z głowicy bomby. W miarę zbliżania się bomby obraz celu stawał się bardziej wyraźny. Następowало wtedy ustawienie znacznika na celu i przejście w zakres automatycznego śledzenia. Środki tego typu odegrały dość istotną rolę w operacji „Allied Force”. Stanowiły one podstawowy środek rażenia w warunkach, gdy w rejonie celu występowało duże zachmurzenie uniemożliwiające stosowanie laserowych środków rażenia z dużych wysokości. Szczególnie skutecznymi okazały się bomby AGM-130, na których to spoczął obowiązek zwalczania serbskich mostów. Zrzut bomb następował z wysokości 7000 m (wysokość podyktowana górną granicą ognia PZR KUB- M 2) z odległości około 15-20 km, po czym lot bomby odbywał się pod dolną granicą chmur. Operator kierujący lotem bomby w sytuacji takiej dysponował czasem i możliwościami wykonania zmiany kierunku lotu i skierowania bomby prosto w cel⁴¹.

⁴¹ Informacje uzyskane podczas sympozjum poświęconemu modelowi współczesnej kampanii powietrznej, które odbyło się w Wydziale WLOP AON w dn. 23 lutego 2000r.

Natomiast do najbardziej znanych akcji operacji „Desert Storm”, z wykorzystaniem środków rażenia z głowicami termowizyjnymi, należy zniszczenie dwóch przepompowni ropy naftowej kuwejckiego terminalu Mina al Ahmadi, celowo uruchomionych przez Irakijczyków. Wylewająca się ropa naftowa płynęła do Zatoki Perskiej, co mogło spowodować wielką katastrofę ekologiczną. GBU-15(V)2/B zostały zrzucone z *F-111F* lecącego z prędkością naddźwiękową z odległości aż 37 km. Ich naprowadzaniem kierował operator z innego *F-111* wyposażonego w zasobnik przekazywania danych, krążącego w odległości 90 km na średniej wysokości (dopuszczalna prędkość samolotu z zasobnikiem AN/AXQ-14 wynosi 1100 km/h)⁴².

Niewątpliwie ważnym czynnikiem mającym wpływ na prowadzenie działań bojowych z wykorzystaniem urządzeń termowizyjnych mają warunki atmosferyczne i terenowe.

Opierając się na doświadczeniach wyniesionych z operacji „Desert Storm” wydawałoby się, że strefa klimatyczna, w której prowadzono działania bojowe jak również warunki pustynne, wpływały korzystnie na możliwości zastosowania systemów wykrycia i rozpoznania celów. W rzeczywistości okazało się, że podczas działań występowała duża różnorodność warunków pogodowych. Ponadto zimowa pogoda w rejonie Zatoki Perskiej w tamtym okresie była najgorsza od 14 lat. Dane meteorologiczne z tamtego okresu ukazują, że w trakcie trwania całej operacji powietrznej w rejonie tym wystąpiło co najmniej 25 % zachmurzenia w ciągu 31 dni, powyżej 50 % zachmurzenia przez 21 dni oraz 75 % zachmurzenia w ciągu 9 dni działań. Ponadto w okresie tym występowały takie zjawiska atmosferyczne jak silny wiatr powodujący burze piaskowe oraz obfite opady deszczu, które utrudniały prowadzenie działań bojowych⁴³.

Poniższa tabela przedstawia wpływ różnych zjawisk atmosferycznych oraz czynników spowodowanych warunkami pola walki na stopień wykorzystania systemów wykrycia i rozpoznania celów.

⁴² K. Nicpoń, *Współczesne bomby kierowane, cz. 1*, Nowa Technika Wojskowa, 1/98, str. 36.

⁴³ US General Accounting Office, Operation Desert Storm - evaluation of the air campaign, Internet 1997

Tabela 4.

Wpływ zjawisk atmosferycznych oraz czynników spowodowanych warunkami pola walki na stopień wykrywania systemów wykrycia i rozpoznania celów.

(źródło: Joint Laser Designation Procedures. Joint Pub 3-09.1. czerwiec 1991)

	Ludzkie oko / telewizja światła szczytkowego (0.4 – 0.74 μm)	Energia laserowa (0.5 – 1.1 μm)	Podczerwień i systemy FLIR (3 – 14 μm)	Radar (1 mm – 10cm)
Mżawka	◐	◐	○	○
Lekki deszcz	◐	◐	○	○
Umiarkowany deszcz	◑	◑	◑	◐
Gęsty deszcz	●	●	●	◐ - ◑
Lekki śnieg	◐	◐	○	○
Umiarkowany śnieg	◑ - ●	◑	◐	○
Gęsty śnieg	●	●	●	◑
Deszcz ze śniegiem	◐ - ◑	◐ - ◑	◐	◐
Grad	◑	◑	◑	◐
Mgła	◑ - ●	◑	◑	○
Dym + pył	◑	◐	◐	○
Smog	◑	◑	◐	○
Dym	◑	◐ - ◑	◐	○
Burza piaskowa	◑ - ●	◑ - ●	◐	◐



Całkowita degradacja



Częściowa degradacja: stopień degradacji zależy od odległości pomiędzy celem, a sensorem



Poważna degradacja



Nie wpływa

Z relacji pilotów wykonujących działania bojowe wynika, iż niesprzyjające warunki atmosferyczne w znaczny sposób ograniczały możliwości wykrycia celów w podczerwieni. Również te same czynniki powodowały znaczne ograniczenia w użyciu systemów kierowania bomb lotniczych, zarówno laserowych jak i elektrooptycznych. Jedynym środkiem rozpoznania celów, który spełniał wymagania w zakresie wykrycia i rozpoznania, był radarowy system obserwacji terenu. Jednak ze względu na wspomniane ograniczenia w użyciu kierowanych środków rażenia, możliwe było jedynie wykonywanie uderzeń na cele naziemne z wykorzystaniem środków niekierowanych, zresztą z różnym skutkiem (nie zawsze pozytywnym).

Operacja „Desert Storm” była poniekąd pierwszą, w której możliwe było realne sprawdzenie możliwości wykorzystania systemów termowizyjnych w działaniach bojowych lotnictwa uderzeniowego. Należy stwierdzić, że oczekiwania w stosunku do tego typu systemów w wielu sytuacjach, a szczególnie w niesprzyjających warunkach atmosferycznych, nie potwierdziły się. W tabeli poniżej porównano możliwości użycia - stosowanych w operacji powietrznej - systemów termowizyjnych zakładane przez producentów oraz wynikające z doświadczeń wyniesionych z realnych działań w operacji „Desert Storm”⁴⁴.

⁴⁴ US General Accounting Office, Operation Desert Storm - evaluation of the air campaign, Internet 1997

Tabela 5.

Możliwości użycia systemów termowizyjnych zakładane przez producentów oraz wynikające z doświadczeń wyniesionych z realnych działań

Typ samolotu	Typ systemu	Zakładane możliwości systemu (wg producenta)	Możliwości systemu wynikające z użycia w realnych działaniach
1	2	3	4
F-117	FLIR/DLIR	Wykorzystanie w warunkach nocnych, ograniczone użycie w trudnych warunkach atmosferycznych. (1)	Stosowano jedynie w dobrych warunkach atmosferycznych wyłącznie w nocy.
F-15E	LANTIRN radar	Wykorzystanie w dzień i w nocy we wszystkich warunkach atmosferycznych.	Stosowano w dobrych warunkach atmosferycznych z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia oraz we wszystkich warunkach atmosferycznych wyłącznie z wykorzystaniem niekierowanych środków rażenia. Loty bojowe prawie tylko w nocy
F-111F	PAVE TACK radar	Wykorzystanie w dzień i w nocy we wszystkich warunkach atmosferycznych.	Stosowano w dobrych warunkach atmosferycznych z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia oraz we wszystkich warunkach atmosferycznych wyłącznie z wykorzystaniem niekierowanych środków rażenia. Loty bojowe prawie tylko w nocy
A-6E	TRAM radar	Wykorzystanie w dzień i w nocy we wszystkich warunkach atmosferycznych.	Stosowano w dobrych warunkach atmosferycznych z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia oraz we wszystkich warunkach atmosferycznych wyłącznie z wykorzystaniem niekierowanych środków rażenia Loty bojowe zarówno w dzień jak i w nocy
F-16	LANTIRN, KPR Maverick z głowicami termowizyjnymi (2), radar	Wykorzystanie w dzień i w nocy. W warunkach nie-sprzyjającej pogody, tylko pod chmurami	Stosowano w dobrych warunkach atmosferycznych z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia (Maverick) oraz we wszystkich warunkach atmosferycznych wyłącznie z wykorzystaniem niekierowanych środków rażenia Loty bojowe zarówno w dzień jak i w nocy

1	2	3	4
F/A-18	Zasobnik AN/AAS-38, Kanał celowania z bomb Walley (3), radar	Wykorzystanie w dzień i w nocy. Nie określono możliwości użycia w zależności od warunków atmosferycznych	Stosowano w dobrych warunkach atmosferycznych z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia oraz we wszystkich warunkach atmosferycznych wyłącznie z wykorzystaniem niekierowanych środków rażenia Loty bojowe zarówno w dzień jak i w nocy
A-10	Kanał celowania głowicy termowizyjnej KPR Maverick	Wykorzystanie w dzień i w nocy. W warunkach nie-sprzyjającej pogody, tylko pod chmurami	Stosowano jedynie w dobrych warunkach atmosferycznych zarówno w dzień jak i w nocy.

- (1) Dane producenta stwierdzone dopiero po działaniach w Iraku. Nieoficjalnie, dane stwierdzone przed działaniami nie donosiły o ograniczeniach użycia systemu w innych warunkach atmosferycznych niż dobre.
- (2) Niektóre F-16 wyposażone były tylko w zasobnik nawigacyjny systemu LANTIRN, bez zasobnika celowniczego, dlatego w tym celu mógł być wykorzystywany kanał celowania KPR Maverick.
- (3) Wykorzystanie tego typu bomb - tylko w warunkach dziennych ze względu na telewizyjny kanał celowania.

Z porównań zawartych w tabeli wynika, że niekorzystne warunki atmosferyczne w znaczny sposób ograniczają efektywne wykorzystanie lotnictwa uderzeniowego z zastosowaniem kierowanych środków rażenia. Jest to w głównej mierze spowodowane brakiem możliwości wykrycia celu oraz naprowadzenia na niego odpowiedniego środka rażenia. W warunkach takich wykorzystanie urządzeń termowizyjnych jest możliwe, ale wyłącznie jako pomoc pilotażowo-nawigacyjna podczas lotów w nocy. Uzyskiwane z tych urządzeń termalne zobrazowanie terenu umożliwia wykonanie lotu do celu, jednakże atak przeprowadzany jest z zastosowaniem klasycznych środków rażenia – typowe uderzenia nawigacyjne.

Inaczej rzecz przedstawiała się podczas prowadzenia działań w zwykłych warunkach atmosferycznych. W takiej sytuacji urządzenia termowizyjne w znaczny sposób zwiększały efektywność nocnych ataków. Dodatkowo teren, nad którym prowadzono działania, okazał się niejako sprzymierzeńcem w prowadzeniu działań w nocy. Piaszczyste podłoże, otwarta przestrzeń bez ostrych konturów terenowych sprawiały, że nawet cele małowymiarowe stawały się łatwe do wykrycia. Ponadto

klimat pustynny, a w szczególności znaczne różnice temperatur pomiędzy dniem i nocą powodowały, że kontrast cieplny obiektów w stosunku do piaszczystego podłoża był duży, co ułatwiało wykrycie, rozpoznanie i atak celów bezpośrednio z trasy lotu. Pomimo zróżnicowanych warunków pogodowych, jakie panowały podczas operacji „Desert Storm”, w ogólnym rozrachunku pogoda w tej strefie klimatycznej oraz teren pustynny w dużym stopniu umożliwiały efektywne wykorzystanie urządzeń termowizyjnych w działaniach bojowych lotnictwa.

Całkowicie odmienne warunki atmosferyczne i terenowe panowały podczas operacji „Allied Force”. Szczególnie dało się to odczuć w ciągu pierwszych tygodni wojny. Marcowa pogoda w tym rejonie charakteryzowała się dużym, nisko zalegającym zachmurzeniem oraz silnym zamgleniem. Ponadto teren górzysty powodował, że mgły w dolinach utrzymywały się przez długi czas. Sprawiało to, że wiele obiektów ataku nie mogło być pozytywnie zidentyfikowanych, nawet przy wykorzystaniu urządzeń termowizyjnych. W najtrudniejszych dniach, nierzadko połowa samolotów uderzeniowych wracała do baz z nieużytym ładunkiem bojowym. To prawdopodobnie chmury i problemy z termowizyjnym układem obserwacji dolnej półsfery (DLIR) samolotu F-117 były powodem zmniejszenia przez pilota wysokości lotu i w efekcie wykrycia go przez zasadzkę ogniową złożoną z trzech PZR S-125 NEWA, z których dwa odpaliły rakiety, niszcząc nimi usterzenie samolotu, w wyniku czego stracił on sterowność, a pilot zmuszony był się katapultować.

Niewątpliwie największym problemem podczas działań było wykrycie i rozpoznanie celów małowymiarowych i jednocześnie mobilnych. Ta grupa celów była w większości zwalczana w Kosowie. Siły serbskie prowadzące działania w tym regionie nadzwyczaj dobrze potrafiły wykorzystać warunki terenowe i osłony naturalne (duża ilość lasów) w celu maskowania swoich wojsk. Na to wszystko nałożyła się jeszcze staranna akcja rozmieszczenia szeregu celów pozornych. Wszystko to sprawiło, że jakiegokolwiek wykrycie celu z wykorzystaniem pokładowych systemów wykrycia i rozpoznania było znacznie utrudnione.

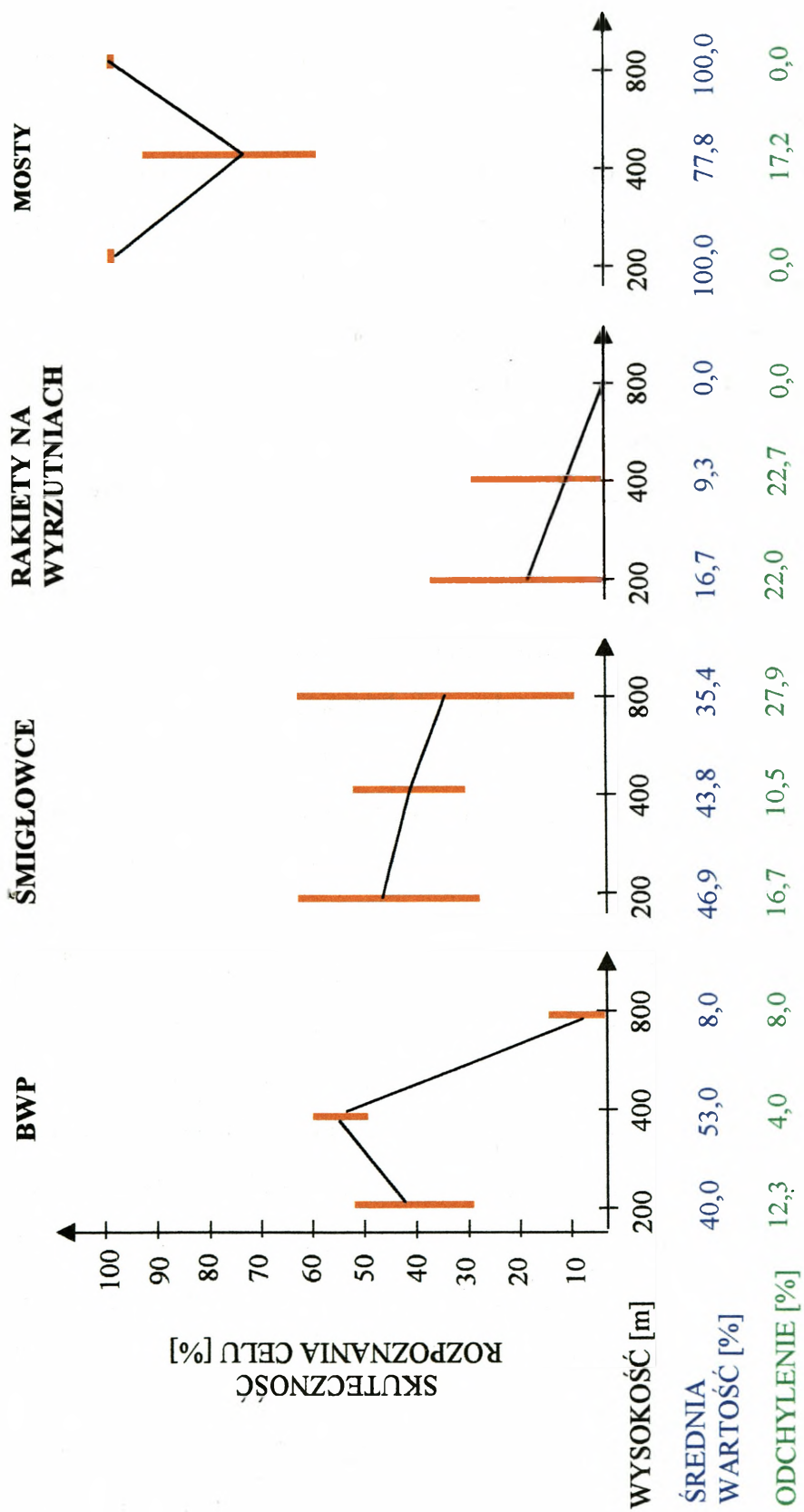
To, w jak dużym stopniu warunki atmosferyczne wpływały na możliwości bojowe lotnictwa uderzeniowego wskazuje fakt, że gdy na początku kwietnia doszło do długo oczekiwanej poprawy pogody, to w efekcie przez kolejne trzy dni wyko-

nano tyle uderzeń raketowo-lotniczych, ile przez wszystkie poprzednie dni razem wzięte. W tym okresie wiele pokładowych urządzeń termowizyjnych mogło być wykorzystanych, lecz również z pewnymi ograniczeniami.

Innym czynnikiem charakteryzującym przestrzeń działań lotnictwa mającym wpływ na wykorzystanie urządzeń termowizyjnych jest wysokość lotu. Przeprowadzone studia materiałów źródłowych wskazują, że możliwość wykrycia celów w podczerwieni znacznie spada wraz ze wzrostem wysokości lotu. Jest to w dużej mierze zależne od charakteru wykrywanego obiektu i jego charakterystyki promieniowania cieplnego. Badania, dotyczące możliwości uzyskiwania obrazów termalnych z kamer termowizyjnych i odczytu ich przez człowieka dowodzą, że optymalną wysokością lotu, na której uzyskuje się 50% (i większą) skuteczność wykrycia i zidentyfikowania celu jest wysokość zawierająca się w przedziale od 200 do 400 m⁴⁵. Skuteczność rozpoznania przykładowych obiektów w zależności od wysokości lotu przedstawiona jest na rysunku 8.

Z reguły urządzenia termowizyjne stosowane w systemach celowniczo-nawigacyjnych samolotów uderzeniowych (szczególnie *LANTIRN*), zgodnie z ich przeznaczeniem, umożliwiać miały prowadzenie działań przeciwko celom naziemnym właśnie w lotach na małych wysokościach. Jednakże doświadczenia wyniesione z konfliktów zbrojnych wskazują na duże zagrożenie zestrzelenia samolotów wykonujących loty w tym zakresie wysokości przez małokalibrową artylerię przeciwlotniczą oraz przenośne PZR. Dlatego też podczas operacji „Desert Storm” większość bombardowań przeprowadzana była z wysokości od 12 do 15 tys. stóp (3600-4500m).

⁴⁵ Mary E. Weaver, *Target acquisition during a manned real-time reconnaissance mission*, 1981. str 20.



Rys. 8 Skuteczność rozpoznania przykładowych obiektów w zależności od wysokości lotu

Spowodowane to było poniesionymi stratami samolotów w początkowym okresie konfliktu podczas wykonywania uderzeń z małych wysokości. Podniesienie wysokości lotów zniwelowało wprawdzie zagrożenie ze strony organicznych środków OPL, jednakże w znaczny sposób wpłynęło na możliwość rozpoznania celów i dokładność trafienia, a w rezultacie na skuteczność uderzeń. Potwierdzeniem tego są relacje pilotów wykonujących loty na F/A-18, którzy stwierdzali, że bombardowanie z dużych wysokości powodowało, że zrzut bomb następował z odległości dochodzącej do 15 km od celu. Z takiej odległości nawet duże obiekty (np. hangary samolotowe) były trudne do rozpoznania⁴⁶.

Podobnie rzecz miała się w trakcie operacji „Allied Force”. Dodatkowe zagrożenie w tym konflikcie stanowiły oprócz małokalibrowej artylerii przeciwlotniczej również środki OPL bliskiego zasięgu. Dążenie do minimalizacji strat spowodowało, że w realizacji zadań bojowych wykorzystywane były tylko wysokości średnie i duże, a profilem lotu było Hi-Hi-Hi (wysoko-wysoko-wysoko).

Zasadniczym wykorzystywanym przedziałem wysokości był poziom 7000-9000 m. Dolny parametr wynikał z oceny możliwości ogniowych PZR KUB-M2, którego górna granica ognia (w przypadku autonomicznej pracy baterii) wynosi 7000 m. Natomiast parametr górny (9000 m) to wysokość, do której obciążony bombami i dodatkowymi zbiornikami paliwa samolot uderzeniowy zachowuje jeszcze w miarę zadowalające właściwości manewrowe. W tym przedziale wysokości praktycznie żaden z systemów termowizyjnych nie wykazywał jakiegokolwiek skuteczności. Wykorzystanie tego typu urządzeń możliwe było jedynie w fazie ataku, gdzie dopuszczalne było krótkotrwałe zniżanie do wysokości nie przekraczającej strefy ognia małokalibrowej artylerii przeciwlotniczej i przenośnych PZR i ograniczało się jedynie do precyzyjnego wskazania celu przenoszonym kierowanym środkiem rażenia. Praktycznie wymaganiom tym był w stanie sprostać jedynie samolot *F-117* z systemem FLIR/DLIR, który wykazywał pewną skuteczność rozpoznania celów już z wysokości 5000 m. Natomiast samoloty *F-15* z systemem LANTIRN oraz *TORNADO*, przenoszące zasobniki systemu TIALD aby rozpoznać cel musiały zniżyć się do wysokości 3500-4000 m.

⁴⁶ US General Accounting Office, Operation Desert Storm - evaluation of the air campaign, Internet 1997

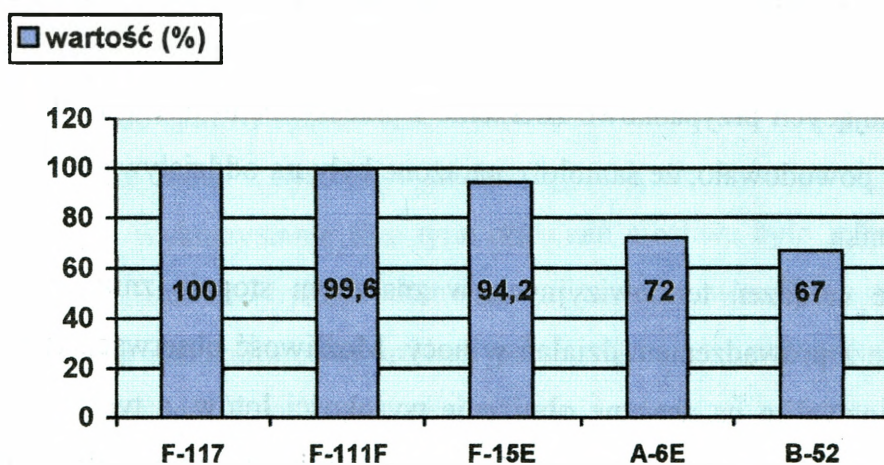
Kolejnym czynnikiem warunków działań wpływającym w dużej mierze na wykorzystanie urządzeń termowizyjnych przez lotnictwo uderzeniowe jest czas rozumiany jako pora doby. Omawiane wcześniej czynniki warunków działań w znacznym stopniu odnosiły się do tego elementu szczególnie jeśli chodzi o działania w nocy, gdyż wynika to głównie z charakteru omawianych urządzeń, których wykorzystanie nierozzerwalnie wiąże się z tą porą doby.

Ograniczenia związane ze zmniejszonym poziomem oświetlenia terenu i możliwościami wykrycia celów powodowały, że dawniej lotnictwo uderzeniowe nie było w stanie prowadzić skutecznych działań w godzinach nocnych. Wykonanie lotu po trasie w nocy przysparzało dużo trudności ze względu na brak kontrastowych (oświetlonych) obiektów orientacyjnych, co wiązało się z możliwością większego odchylenia się samolotów od nakazanych tras lotu, zwłaszcza w locie niezaprogramowanym (na samolotach nie wyposażonych w pokładowe kompleksy celowniczo-nawigacyjne). Ponadto dużym utrudnieniem było precyzyjne wyjście nad cel i wykrycie go bez wykorzystania sztucznego oświetlenia w postaci bomb oświetlających. Ograniczało to działania bojowe jedynie do realizacji bombardowań nawigacyjnych. Również działania takie wiązały się z potrzebą wydzielania dodatkowych sił, których zadaniem było oświetlenie i oznaczenie celu. Zazwyczaj do lotów uderzeń realizowany był bez widoczności ziemi na średnich i dużych wysokościach, eliminujących przypadkowe zderzenie z przeszkodami terenowymi. To w znaczny sposób powodowało, że samoloty narażone były na oddziaływanie środków OPL przeciwnika.

Zastosowanie urządzeń termowizyjnych w znacznym stopniu zniwelowało trudności związane z prowadzeniem działań w nocy. Możliwość obserwacji terenu w podczerwieni pozwoliło na znaczne obniżenie wysokości lotów, a tym samym zwiększyła się zdolność przenikania przez system środków OPL, gdyż realne stało się wykorzystanie naturalnych warunków terenowych w celu maskowania tras do lotu do obiektów uderzeń. Ponadto radykalnie zmniejszyła się liczba potrzebnych samolotów do wykonania zadania. Po pierwsze wyeliminowano siły niezbędne do oświetlenia terenu w rejonie obiektów uderzeń, a po drugie wykorzystanie urządzeń termowizyjnych w połączeniu z kierowanymi środkami rażenia wpłynęło na celność

prowadzonych uderzeń, co zwiększyło skuteczność bojową samolotów uderzeniowych. Jednocześnie realne stało się wykonanie precyzyjnego ataku na cel bezpośrednio z trasy lotu, bez potrzeby realizacji kolejnego zajścia, co eliminowałoby uzyskanie zaskoczenia przeciwnika. Również dzięki temu znacznie zmniejsza się czas przebywania samolotów uderzeniowych nad celem, a co za tym idzie, zwiększa się żywotności samolotów na polu walki. Ma to szczególne znaczenie podczas atakowania obiektów osłanianych przez silną OPL.

Działania bojowe nad Zatoką Perską oraz nad byłą Jugosławią dobitnie potwierdzają tezę, że noc nie stanowi praktycznie żadnej przeszkody w prowadzeniu działań lotnictwa. W operacji „Desert Storm” praktycznie większość uderzeń przeciwko celom strategicznym, włączając blisko prawie wszystkie uderzenia z wykorzystaniem bomb kierowanych laserowo było przeprowadzonych w nocy. Biorąc pod uwagę procentowy udział poszczególnych typów samolotów w wykonywaniu uderzeń nocnych (rysunek 9), można łatwo ocenić, że praktycznie każdy z przystosowanych do tego typu działań samolotów wykonał co najmniej dwie trzecie uderzeń właśnie w godzinach nocnych.



Rys. 9 Procentowy udział poszczególnych typów samolotów w prowadzeniu uderzeń nocnych w operacji „Desert Storm” (źródło: US General Accounting Office: „Operation Desert Storm - evaluation of the air campaign”)

Podobnie rzecz miała się podczas operacji „Allied Force”, gdzie działania lotnictwa prowadzone były w sposób ciągły. Posiadanymi siłami w ciągu doby reali-

zowano dwa wyloty większości sił lotniczych, natomiast pomiędzy nimi prowadzono ograniczone działania urzutowane niewielkich grup samolotów, głównie w celu zwalczania sił serbskich w Kosowie. Podkreślić tu należy, że pierwszy zmasowany wylot w ciągu doby realizowany był właśnie w nocy. Starty do niego odbywały się w granicach 18.00 – 20.00 i zasadniczo nie przekraczał on okresu 6 godzin.

Powyższe dane dowodzą, że nowoczesność awionicznego wyposażenia oraz uzbrojenia w tym również środków termowizyjnych, stosowanych we współczesnych samolotach uderzeniowych w decydujący sposób wpłynęły na niemalże całkowite zatarcie granicy ograniczającej użycie lotnictwa w działaniach nocnych.

Przedstawiona charakterystyka wykorzystania urządzeń termowizyjnych w zależności od różnych warunków działań bojowych pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

- Celowym stało się wykorzystanie samolotów „stealth” z termowizyjnymi systemami wykrycia i rozpoznania celów w ramach realizacji zadań obezwładnienia systemu OP przeciwnika w pierwszym etapie działań bojowych ze względu na ich możliwości niezauważalnego przenikania w głąb terytorium wroga i skuteczne wykonanie uderzeń, w czasie gdy jego system C²W (Command and Control Warfare) był jeszcze sprawny.
- Samoloty uderzeniowe wykonujące działania w nocy w głównej mierze realizować będą uderzenia na obiekty stacjonarne w ramach ataku strategicznego. Rolą termowizorów w tego typu atakach będzie pomoc załogom samolotów w wykryciu, identyfikacji oraz precyzyjnym wskazaniu celów kierowanym środkiem rażenia.
- Wykrycie celów mobilnych oraz dobrze zamaskowanych przy pomocy termowizyjnych systemów wykrywania i rozpoznania będzie stanowiło dużą trudność. Wyjątek będzie stanowiła sytuacja, kiedy cel taki będzie w trakcie przemieszczania czy też prowadzenia ognia, wtedy położenie jego zdradzać będzie emisja ciepła pochodząca od jego elementów.
- Niesprzyjająca pogoda w znaczny sposób będzie ograniczała możliwości wykorzystania urządzeń termowizyjnych w wykrywaniu i identyfikacji obiektów ude-

rzeń. Może spowodować to pewne ograniczenia w wykorzystaniu kierowanych środków rażenia. W takich warunkach uderzenia mogą być realizowane z wykorzystaniem klasycznych środków rażenia, a termowizory stanowią jedynie pomoc pilotażowo-nawigacyjną podczas dolotu do celu.

- W zwykłych warunkach atmosferycznych urządzenia termowizyjne w znaczny sposób zwiększają skuteczność nocnych ataków. Stanowią one element zapewniający nie tylko wykrycie i rozpoznanie celu, lecz również w precyzyjny sposób wskazują miejsce, w które uderzyć ma kierowany środek rażenia.
- Ważną zaletą urządzeń termowizyjnych jest możliwość wykrycia celów w typowych warunkach pola walki (dym, pył spowodowany wybuchami), co w znacznym stopniu zwiększa możliwości skutecznych uderzeń na obiekty położone w taktycznej strefie działań.
- Podniesienie wysokości lotów (powodowane zasięgami skutecznego ognia PZR bliskiego zasięgu) może powodować ograniczenia w efektywnym wykorzystaniu termowizorów. Dlatego też podczas działań bojowych w rejonie charakteryzującym się wysokim stopniem nasycenia środkami OPL niezbędne będzie krótkotrwałe znizenie się do wysokości zapewniającej wykrycie, identyfikację oraz odpalenie przenoszonych środków rażenia, a następnie ponowne zwiększenie wysokości lotu.
- Zastosowanie termowizyjnych systemów wykrycia i rozpoznania celów na współczesnych samolotach uderzeniowych stwarza możliwość ciągłego prowadzenia działań bojowych zarówno w dzień jak i w nocy.

3.2 Wykorzystanie urządzeń termowizyjnych w działaniach bojowych lotnictwa myśliwskiego

Lotnictwo myśliwskie obecnie stanowi kluczową rolę w systemie obrony powietrznej. Ze względu na swoją wysoką manewrowość posiada unikalne możliwości działania w całym rejonie obrony w szerokim przedziale wysokości i prędkości lotu, dlatego też zdolne jest do skupienia wysiłku w potrzebnym miejscu i w krótkim czasie. Ważną zaletą lotnictwa myśliwskiego jest też możliwość ciągłego oddziaływania ogniowego na przeciwnika (na niemal całej trasie jego dolutu do celu nad bronionym obszarem)⁴⁷.

Znaczenie lotnictwa myśliwskiego - jako integralnej części systemu OP - będzie nadal wzrastało, chociażby ze względu na ciągły proces rozwoju technicznego współczesnych samolotów. W dużej mierze dotyczyć to będzie pokładowych systemów wykrywania i śledzenia celów powietrznych, które zapewniałyby możliwość zwalczania jednocześnie kilku celów powietrznych bez względu na ich położenie w przestrzeni we wszystkich warunkach atmosferycznych w dzień i w nocy.

Podstawową formą działań lotnictwa myśliwskiego jest walka powietrzna. Jej zasadniczą i jednocześnie decydującą o efektywności cechą jest połączenie manewru i ognia samolotu myśliwskiego, biorącego udział w walce powietrznej, z aktualną i wiarygodną informacją o celu powietrznym – przeciwniku. Zniszczenie celu w walce powietrznej jest logicznym następstwem kilku jej wcześniej i kolejno następujących po sobie faz:

- poszukiwania;
- wykrycia i identyfikacji;
- zbliżania i przechwycenia;
- ataku.

W fazach tych oprócz wzroku pilota, najczęściej wykorzystywane są różne techniczne urządzenia pokładowe promieniujące i (lub) odbierające energię elektromagnetyczną.

⁴⁷ Ch. Scheffel, *Taktyczne operacje sił powietrznych, cz.II, Counter Air. Zwalczanie potencjału lotniczego przeciwnika*. Wyd. AON, W-wa 1996 r. str. 147.

Niewątpliwie podstawowym źródłem informacji o sytuacji powietrznej na samolotach myśliwskich są pokładowe stacje radiolokacyjne. Jednakże są to urządzenia, które ze względu na swój aktywny charakter pracy w wielu sytuacjach demaskują zamiar działań myśliwca. Ponadto, od czasu, gdy w lotnictwie wojskowym zaczęto wykorzystywać na szerszą skalę samoloty wykonane w technologii „stealth”, rola stacji radiolokacyjnych jako urządzeń wykrywania i identyfikacji celów powietrznych znacznie się obniżyła. Dlatego niezbędnym stało się wyposażenie współczesnych samolotów myśliwskich również w inne systemy wykrywania i śledzenia celów, które mogłyby stanowić uzupełnienie możliwości pokładowych stacji radiolokacyjnych. Z pewnością urządzeniami takimi będą termowizyjne systemy poszukująco-celownicze.

Rozpatrując wykorzystanie tego typu urządzeń w działaniach bojowych lotnictwa myśliwskiego, rozważania moje opierać się będą na prognozowanych sytuacjach, w których chciałbym uwzględnić możliwości zastosowania termowizorów w walkach powietrznych. Spowodowane to jest faktem, że urządzenia te stanowią niejako nowość w wyposażeniu nowoczesnych samolotów bojowych, a dostępna literatura dotycząca tego tematu nie potwierdza wykorzystania tych urządzeń w realnych działaniach bojowych.

Dlatego też w dalszych rozważaniach chciałbym oprzeć się na zakładanych scenariuszach walk powietrznych, które ukazują możliwości wykorzystania urządzeń termowizyjnych stosowanych na samolotach myśliwskich.

Pierwszy dotyczył będzie walki powietrznej z użyciem zasobnika AN/AAS-42 (opis techniczny tego systemu przedstawiono w rozdziale II niniejszej pracy). Scenariusz ten oficjalnie został przedstawiony przez Norweskie Siły Powietrzne wraz z Siłami Powietrznymi USA – jako komputerową grafikę potencjalnych możliwości, które stwarza w walce powietrznej myśliwców, zastosowanie tego systemu.

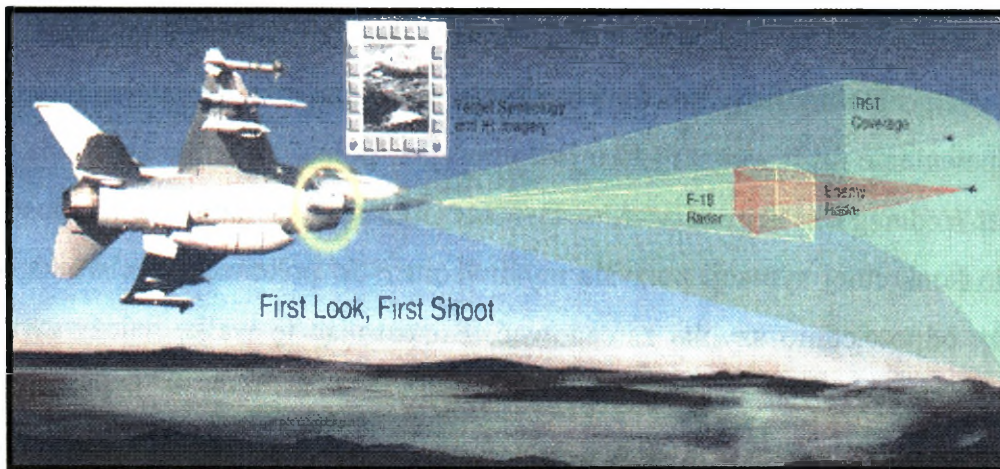
Jego osnową jest walka powietrzna samolotów *F-16* (wyposażonych w AN/AAS-42 - jako zasobnik) z samolotami *Su-27K*, wykonującymi lot na wymiatanie przed główną grupą uderzeniową. Aby uniknąć przedwczesnego wykrycia przez myśliwce *Su-27K*, klucz czterech samolotów *F-16* wykonuje lot na przechwycenie z wyłączonymi celownikami radiolokacyjnymi. Przechwycenie naruszy-

cieli odbywa się na kursach spotkaniowych (z przedniej półsfery), spoza zasięgu pokładowych celowników radiolokacyjnych samolotów *Su-27K*⁴⁸.

Zapewnienie myśliwcom *F-16* tej zdolności, w połączeniu z możliwością użycia rakiet średniego zasięgu *AIM-120 AMRAM* oraz zastosowanie taktyki dostosowanej do konkretnej sytuacji pozwala myśliwcom *F-16* pokonać przeciwnika, nim ten zdąży odpowiednio szybko zareagować. Rozpatrując tę walkę należy zwrócić uwagę na przewagę, jaką uzyskują *F-16* w kolejnych jej etapach. W fazie poszukiwania oraz wykrywania i identyfikacji celu powietrznego *F-16* obserwują zbliżające się (wysokość ok. 10 000 m) w ich kierunku *Su-27K*, dzięki urządzeniom termowizyjnym systemu AN/AAS-42, spoza zasięgu wykrywania celowników radiolokacyjnych przeciwnika. Daje to w kolejnej fazie walki – zbliżanie – szansę zajęcia dogodnej pozycji wyjściowej do wykonania ataku decydującego o powodzeniu. Samoloty *F-16* atakują włączając celowniki radiolokacyjne w ostatnim momencie, dokonują tylko radiolokacyjnego pomiaru odległości i uściślają dane do odpalenia pocisków *AIM-120*. Użycie rakiet następuje z maksymalnie możliwych w danej sytuacji odległości, po czym samoloty wyprowadzane są z ataku do strefy niekontrolowanej przez przeciwnika. W tym czasie „spóźnione” *Su-27K*, zepchnięte do głębokiej defensywy (potrzeba wyjścia spod uderzenia), są dopiero w pierwszej fazie walki powietrznej. Wszystko to odzwierciedla starą myśliwską zasadę: pierwszy wykrywam, pierwszy strzelam, pierwszy zabijam (First Look, First Shoot, First Kill). W takich warunkach rozbicie grupy uderzeniowej nie stanowi dużego problemu⁴⁹. Możliwości przestrzenne wykrywania celów powietrznych AN/AAS-42 przedstawia rysunek 10.

⁴⁸ Zasięg wykrywania AN/AAS-42 przy dużej przejrzystości powietrza w stratosferze wynosi ok. 185 km.

⁴⁹ R. Cierniak, *Czy termolokacja zmieni taktykę lotnictwa myśliwskiego?*, PWL i OP, 10/99, str. 18.



Rys. 10 Możliwości wykrycia celu powietrznego przez AN/AAS-42 (źródło: PWL i OP 10/99 str.15)

Powyższy scenariusz walki powietrznej potwierdza podstawową zaletę urządzeń termowizyjnych, którą jest pasywny charakter pracy. Cecha ta, w połączeniu z odpowiednim zasięgiem wykrycia celów powietrznych w podczerwieni, zapewnia skrytość działania samolotów myśliwskich, wykorzystanie maksymalnego czynnika zaskoczenia oraz wykonanie błyskawicznego, a zarazem rozstrzygającego uderzenia. Jest to typowy przykład walki powietrznej rozgrywanej na dużych odległościach, mogącej zaistnieć w działaniach bojowych podczas odpierania nalotu środków napadu powietrznego na podejściach do osłanianego obszaru. Jednakże nie każde z urządzeń termowizyjnych posiada tak doskonałe możliwości w zakresie wykrycia celów jak system AN/AAS-42.

W wielu przypadkach rolą termowizorów stosowanych na samolotach myśliwskich będzie w głównej mierze wspomaganie pokładowych stacji radiolokacyjnych we wskazywaniu i identyfikacji celów np. w warunkach silnego przeciwdziałania radioelektronicznego przez przeciwnika, kiedy wykorzystanie zobrazowania radaru będzie utrudnione. Przykładem takiego urządzenia jest termowizor PIRATE stanowiący wyposażenie samolotów *Eurofighter 2000* (opis techniczny w II rozdziale). Wykorzystanie tego urządzenia, ze względu na niewielki zasięg wykrywania około 30-40 km, klasyfikowało będzie się głównie w prowadzeniu manewrowych walk powietrznych na małych odległościach z wykorzystaniem kierowanych pocisków rakietowych nowej generacji.

Doświadczenia wyniesione z ostatnich konfliktów zbrojnych dotyczące walk powietrznych w dalszym ciągu wskazują, że w głównej mierze rozgrywane one będą na średnich i dużych odległościach. Jednakże daje się również zauważyć, że zahamowaniu uległa tendencja eliminowania walk na małych odległościach. Prawdopodobnie stanowią one mogą w potencjalnych przyszłych konfliktach około 25-30 % przypadków walki powietrznej⁵⁰. Tendencję tę umacnia dodatkowo bardziej rygorystyczna niż przed operacją „Desert Storm” czy też „Allied Force” procedura wymuszająca identyfikację celu (mały obszar działań, a wiele państw uczestniczących po jednej stronie konfliktu) przez pilotów sił powietrznych państw biorących udział w ewentualnym konflikcie. Z tego też względu wykorzystanie termowizorów takich jak PIRATE w takiej sytuacji wydaje się być niezbędne, chociażby do identyfikacji celu powietrznego, a w połączeniu z użyciem kierowanych pocisków rakietowych (również z głowicami termowizyjnymi) w znacznym stopniu zwiększy skuteczność prowadzonych ataków.

Przykładowy scenariusz takiej walki powietrznej przedstawia rysunek 11, a sam jej przebieg mógłby wyglądać w następujący sposób.

Na naziemnym stanowisku przygotowania pocisków rakietowych do ich pamięci wprowadzone zostają programy zawierające charakterystyki termalne i zoptymalizowane algorytmy przechwycenia samolotów przeciwnika.

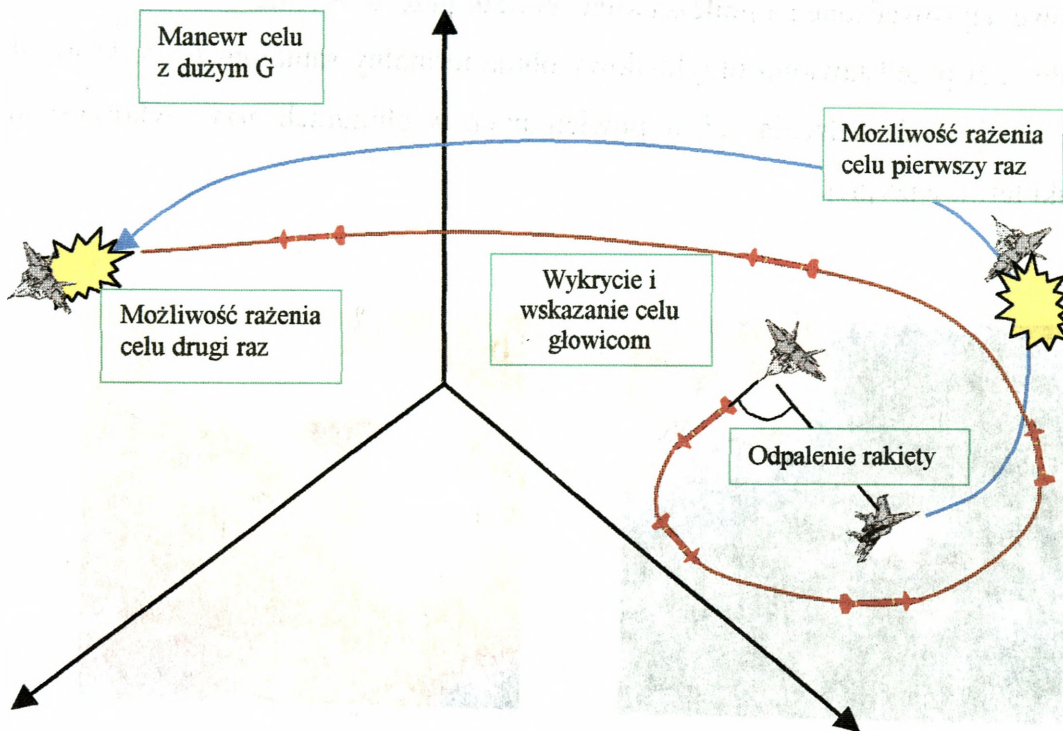
W czasie wykonywania zadania bojowego detektory systemu uzbrojenia samolotu myśliwskiego⁵¹ lub pilot (poprzez najełmowy wskaźnik celu) lokalizują i identyfikują samolot przeciwnika. Na cel zostają automatycznie naprowadzone głowice pocisków rakietowych przenoszonych przez myśliwca. Następuje przechwycenie celu (przez głowicę), a jego termalny obraz zostaje porównany z termalnymi obrazami celów wprowadzonych do pamięci pocisku lub co jest bardziej prawdopodobne, zostaje przesłany do komputera na pokładzie samolotu (jeżeli cel został przechwycony przez system termowizyjny). Komputer pokładowy analizując obraz termalny celu identyfikuje typ samolotu i wysyła do pocisku polecenie

⁵⁰ L.Loroch, K.Szyderski, *Tendencje rozwojowe lotniczych kierowanych pocisków rakietowych klasy P-P*, Problemy techniki uzbrojenia i radiolokacji, zeszyt 65, 1998. str.104.

⁵¹ W zależności od warunków prowadzonych działań mogą to być: zarówno stacja r/lok., system termowizyjny, czy też telewizyjny.

zastosowania odpowiedniego algorytmu pościgu z uwzględnieniem warunków początkowych odpalania, takich jak: strefa odpalania, wysokość lotu, prognozowane współrzędne celu na jakie ma naprowadzać się pocisk w przypadku zerwania śledzenia celu podczas manewru zejścia z wyrzutni. Jeżeli komputer pokładowy w określonym czasie po przechwyceniu nie jest w stanie ustalić typu samolotu, do pocisku zostaje wysłane polecenie zastosowania uniwersalnego algorytmu pościgu. Tak zaprogramowana głowica samonaprowadzania po odpaleniu pocisku analizuje obraz termalny celu otrzymany z detektora podczerwieni (obraz termalny całego celu, a nie jego najbardziej rozgrzanych elementów) i porównując go z zaprogramowanymi obrazami termalnymi określa jaki manewr cel w danej chwili wykonuje, a następnie podaje do autopilota informacje, jaki manewr powinien wykonać pocisk aby zbliżyć się do celu. Taki sposób samonaprowadzania zapewnia nie tylko wprowadzenie pocisku w rejon celu, lecz umożliwia porażenie jego wybranej strefy np. kabiny pilota.

Stosowane obecnie pułapki termiczne mają za zadanie zmylić głowicę pocisku poprzez wytworzenie pozornego celu (w postaci kuli) o podobnej charakterystyce termalnej jak samolot je wystrzeliwujący lub poprzez oślepienie głowicy pocisku. Ponieważ głowica samonaprowadzania analizuje obraz termalny całego samolotu, jest odporna na pierwszy typ pułapek termicznych. Drugi sposób zmylenia głowic poprzez ich oślepienie także nie jest dostatecznym zabezpieczeniem, ponieważ głowice posiadają możliwość podążania za celem wg prognozowanej trajektorii i ponowne jego przechwycenie po minięciu pułapki termicznej.

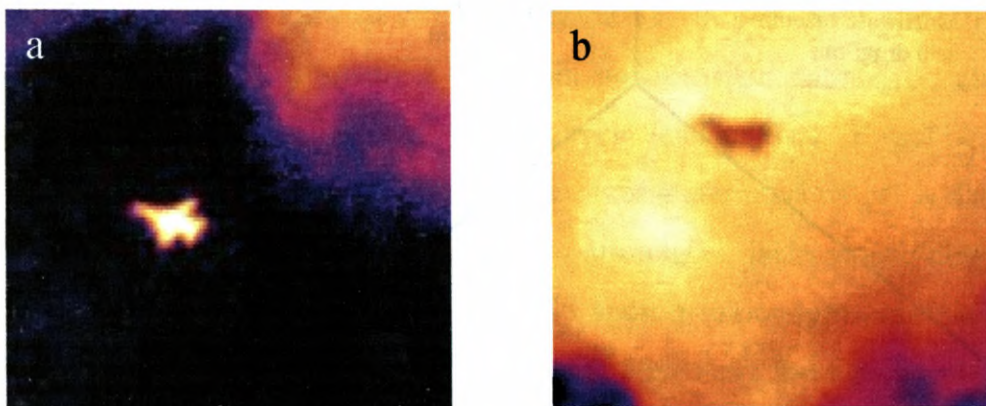


Rys. 11 Wykorzystanie supermanewrowości i szerokiego kąta widzenia współczesnych KPR powietrze-powietrze z głowicami termowizyjnymi.

Analizując powyższy scenariusz daje się zauważyć, że w dużej mierze skuteczność przeprowadzonego ataku w manewrowej walce powietrznej zależała będzie od możliwości przenoszonych przez myśliwce kierowanych pocisków rakietowych. Zalety, jakie posiadają nowoczesne rakiety z głowicami termowizyjnymi (scharakteryzowane w rozdziale II) pozwalają na użycie ich praktycznie na maksymalnych kątach śledzenia dochodzących nawet do 90° , co w połączeniu z właściwościami pokładowych systemów termowizyjnych pozwalających na przeprowadzenie zbliżania do celu pod wszystkimi sylwetkami (niemożliwe w przypadku radaru dopplerowskiego), daje możliwość wykonania ataku w szerokim zakresie przestrzennych położenia myśliwca w stosunku do celu. Z reguły doprowadza to do szybszego zajęcia dogodnej pozycji do ataku i tym samym zniszczenie celu. Ponadto dodatkową zaletą tego typu środków rażenia jest możliwość stosowania ich w wa-

runkach zachmurzenia i opadów atmosferycznych, w których to klasyczne środki raketowe naprowadzane na podczerwień zrywały przechwycenie.

Poniżej przedstawiono przykładowy obraz termalny samolotu *F-16*, który obrazuje możliwość śledzenia celów powietrznych w chmurach przy wykorzystaniu techniki termowizyjnej.



Rys. 12 Obraz termalny samolotu *F-16* podczas lotu w nocy: a) na tle nieba; b) w chmurach.

(źródło: Materiały z badań prowadzonych przez ITWL)

Przedstawione w tym podrozdziale teoretyczne przykłady walk powietrznych, z pewnością nie oddają w pełni realiów prowadzenia działań bojowych przez lotnictwo myśliwskie. Jednakże na ich podstawie można wyciągnąć pewne wnioski dotyczące wykorzystania urządzeń termowizyjnych w przyszłych działaniach samolotów myśliwskich. A mianowicie:

- Pasywny charakter pracy oraz możliwość wykrycia celów powietrznych na odległościach przekraczających możliwości pokładowych stacji radiolokacyjnych (AN/AAS-42), zapewniają uzyskanie całkowitego zaskoczenia przeciwnika, co jest niewątpliwie największym atutem myśliwca gwarantującym przeprowadzenie szybkiego i rozstrzygającego ataku.
- Termowizory stwarzają możliwość atakowania celów powietrznych ze wszystkich stron (pod wszystkimi sylwetkami), co pozwala na uniknięcie ograniczeń radarów dopplerowskich, takich jak brak możliwości atakowania: celów pod ką-

tami zbliżonymi do 90° (sylwetka 4/4), celów przemieszczających się z małą prędkością postępową (do 200 km/h) oraz gdy różnica między prędkościami celu i myśliwca jest niewielka (około 50 km/h).

- Wykorzystanie urządzeń termowizyjnych pozwala na prowadzenie działań lotnictwa myśliwskiego w warunkach silnego radioelektronicznego przeciwdziałania przeciwnika.
- Wraz z pokładową stacją radiolokacyjną, termowizory tworzą wysoce efektywny system poszukująco-celowniczy, który mógłby być wykorzystywany również przeciwko celom powietrznym wykonanym w technologii „stealth”.
- Użycie nowoczesnych kierowanych pocisków raketowych z głowicami termowizyjnymi w manewrowych walkach powietrznych umożliwia atakującemu myśliwcowi atak pod dużymi kątami ($\pm 90^\circ$) w stosunku do atakowanego celu, co w znaczny sposób rozszerza strefę możliwych odpaleń .
- Analiza obrazu termalnego całego celu powietrznego oraz lot do celu po wcześniejszej zaprogramowanej trajektorii sprawia, że pociski raketowe z termowizyjnymi głowicami samonaprowadzającymi, ignorują większość pułapek cieplnych.
- Technika termowizyjna zastosowana zarówno w pokładowych systemach wykrycia i śledzenia celu jak i w głowicach pocisków raketowych, stwarza możliwość przechwytywania celów powietrznych w warunkach zachmurzenia i opadów atmosferycznych, eliminując w ten sposób ograniczenia dotyczące klasycznych pocisków raketowych naprowadzanych na podczerwień.



ZAKOŃCZENIE

Użycie lotnictwa w taktycznych działaniach powietrznych w nocy stało się faktem. Potwierdzają to doświadczenia wyniesione z ostatnich konfliktów zbrojnych, w których to specjalnie przystosowane do tego typu działań samoloty realizowały swe zadania z takim samym natężeniem jak podczas działań w dzień. Urządzenia termowizyjne wykorzystywane w tych działaniach, ze względu na swe możliwości (wysoka czułość, pasywny charakter pracy oraz duży zasięg wykrycia celów), zapewniały pilotom zdolność „widzenia” w ciemnościach, tworząc całkowicie nowe spojrzenie na pole walki. Możliwość rozpoznania obiektów uderzeń ze znacznej odległości, w warunkach nocy, dawała atakującej stronie inicjatywę, która stanowiła klucz do zaczepnego charakteru działań (narzucenie przeciwnikowi swej woli), a w efekcie końcowym stanowiła o dużej skuteczności wykonania zadania. Dlatego też urządzenia termowizyjne stanowią obecnie nieodzowny element składowy systemów uzbrojenia lotniczego współczesnych samolotów bojowych. Pełne zintegrowanie tego typu urządzeń z innymi elementami systemu (np. pokładowa stacja radiolokacyjna) w znaczny sposób zwiększa niezawodność całości układu śledzenia i identyfikacji celów w różnych warunkach sytuacji bojowej.

Wykorzystanie urządzeń termowizyjnych, jako podstawowy system wykrycia i rozpoznania celu w samolotach budowanych w technologii „stealth” sprawia, że samoloty te mogą stanowić doskonałe narzędzie walki szczególnie w warunkach prowadzenia działań o uzyskanie przewagi w powietrzu, gdy system C²W przeciwnika jest sprawny. Mogą one przenikać niezauważone nad terytorium wroga pod osłoną nocy, bez wykorzystania aktywnych środków rozpoznania, które zdradzałyby ich obecność i skutecznie zwalczać cele stanowiące elementy systemu OP z wykorzystaniem kierowanych środków rażenia.

Praktycznie jedyną przeszkodę w efektywnym użyciu termowizji w działaniach lotnictwa mogą stanowić złe warunki pogodowe. Wykrycie celów na podstawie ich promieniowania cieplnego, w warunkach silnych opadów lub dużego zamglenia, staje się niemożliwe, ze względu na zjawisko pochłaniania i rozpraszania emisji cieplnej pochodzącej od obiektów. Niemniej jednak,

w warunkach umożliwiających prowadzenie działań, tego typu urządzenia zapewniają nie tylko wykrycie i rozpoznanie celu w nocy, lecz również w precyzyjny sposób wskazują miejsce w obrębie celu, w które ma trafić kierowany środek rażenia. Dlatego też systemy termowizyjne w głównej mierze wykorzystywane będą do wskazywania celów w ramach przeprowadzanych ataków strategicznych przeciwko celom stanowiącym główne punkty ciężkości przeciwnika.

Poruszone w opracowaniu problemy, dotyczące wykorzystania termowizji w działaniach bojowych lotnictwa, są tylko próbą opracowania tego złożonego problemu. Z tego też względu poglądy i opinie autorów nie są ostateczne, a stopień szczegółowości prezentacji problemu jest ograniczony do problemów podstawowych. Niemniej jednak powyższe opracowanie stanowić może podstawę do zajęć teoretycznych ze studentami Wydziału WLOP AON jak również stanowić może niezbędną pomoc przy planowaniu działań bojowych lotnictwa realizujących swe zadania w godzinach nocnych podczas prowadzonych w wydziale ćwiczeń.

BIBLIOGRAFIA

Publikacje zwarte

1. Antczak S., Systemy kierowania i uzbrojenia w Polskich Siłach Powietrznych, Skrypt AON, 1997.
2. Clancy T., Samoloty myśliwskie, Wyd. Non Stop Press, Gdańsk 1998.
3. Encyklopedia techniki wojskowej, Wyd. MON, Warszawa 1987.
4. Grzegorzewski J., Skierski Z., Nowoczesna broń lotnicza, Wyd. MON, Warszawa 1984.
5. Gunston B., Spick M., Współczesne śmigłowce bojowe, Wyd. Espadon, Warszawa 1993.
6. Ilustrowany leksykon lotniczy. Uzbrojenie, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 1991.
7. Informator o sprzęcie optoelektronicznym sił zbrojnych państw kapitalistycznych, Wyd. Sztab Gen., Warszawa 1984.
8. Józwiak K., Współczesna technika rozpoznania powietrznego, Podręcznik, AON, Warszawa 1994.
9. Królikiewicz T., Współczesne samoloty wojskowe, t.1, Wyd. Bellona, Warszawa 1995.
10. Marud W., Mikołajczuk M., Planowanie działań bojowych w siłach powietrznych z wykorzystaniem procedur NATO. Wybrane kalkulacje taktyczne, Podręcznik AON, Warszawa 1998.
11. Nowelizacja Wojskowej Polskiej Normy WPN-93/C-03012 Bomby lotnicze – Terminologia
12. Rudowski G., Termowizja i jej zastosowanie, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 1978.
13. Scheffel Ch., Taktyczne operacje sił powietrznych, cz.II, Counter Air. Zwalczanie potencjału lotniczego przeciwnika, Wyd. AON, Warszawa 1996 .
14. Sirko S., Marud W., Mikołajczuk M., Podstawowe uzbrojenie sił powietrznych. cz. IV. Lotnicze środki bojowe, Warszawa 1999.

15. Świątnicki W., Świątnicki Z., *Bronie inteligentne*, Wyd. Bellona, Warszawa 1992.
16. Weaver M. E., *Target acquisition during a manned real-time reconnaissance mission*, Technical Report, March 1981.
17. Zajas S., *Podstawy użycia rodzajów wojsk sił powietrznych*, Wyd. AON, Warszawa 1999.
18. Zajas S., Gruszczyński J., Szulc S., *Zastosowanie bojowe samolotów wielozadaniowych Sił Powietrznych RP*, Wyd. AON, Warszawa 1999.

Artykuły prasowe

1. Błaszczak J., Wróblewski M., Zalewski P., *Wielozadaniowy samolot bojowy*, PWL i OP, 11/98.
2. Cierniak R., *Czy termolokacja zmieni taktykę lotnictwa myśliwskiego?*, PWL i OP, 10/99
3. Ciszek J., *Modernizacja samolotów bojowych Royal Air Force, cz.1. Panavia Tornado*, Nowa Technika Wojskowa, 3/99.
4. Duer S., Duer R., *Pasywne urządzenia termowizyjne*, PWL i OP, 6/98.
5. Gotowała J., *Noc-znaczenie w działaniach bojowych współczesnego lotnictwa*, PWL i OP, 1/99.
6. Gruszczyński J., Rybak E.F., *Wielozadaniowy samolot bojowy*, Lotnictwo Wojskowe, 1/99.
7. Gruszczyński J., Rybak E.F., *Uzbrojenie lotnicze NATO*, Przegląd Konstrukcji Lotniczych, 4/97.
8. Kierski R.M., *Broń „stand off” w działaniach lotnictwa taktycznego*, PWL i OP, 12/98.
9. *Lantirn*. Lotnictwo, 7/92.
10. Lorocho L., Szyderski K., *Tendencje rozwojowe lotniczych kierowanych pocisków raketowych klasy P-P*, Problemy techniki uzbrojenia i radiolokacji. Zeszyt 65, 1998.

11. Morchal R., Termowizja w systemach uzbrojenia lotniczego, Myśl Wojskowa, 6/2000.
12. Nicpoń K., Współczesne bomby kierowane, cz.1, Nowa Technika Wojskowa, 1/98.
13. Perspektywy rozwoju urządzeń nokto- i termowizyjnych, Wojskowy Przegląd Zagraniczny, 3(213), 1996.
14. Rybak E.F., Gruszczyński J., Eurofighter 2000, Nowa Technika Wojskowa, 6/98.
15. Ulanowski A., Bomby kierowane państw koalicji antyirackiej, Technika Wojskowa, 4/91.
16. Zasobniki nawigacyjno-celownicze, Wojskowy Przegląd Zagraniczny, 3(205), 1994.

Publikacje Internetowe

1. US General Accounting Office, Operation Desert Storm - evaluation of the air campaign, Internet 1997, (www.gao.gao)
2. Joint Laser Designation Procedures. Joint Pub 3-09.1. czerwiec 1991
www.dtic.mil/defense/defenselink)
3. Air Combat Command, Public Affairs Office, Internet–USAF Fact Sheet.
(www.af.mil)
4. Lockheed-Martin LANTIRN 2000 Program, Internet 1998

ZAŁĄCZNIK

Charakterystyka podstawowych zasobników celowniczo-nawigacyjnych z urządzeniami termowizyjnymi

1. LANTIRN (Low Altitude Navigation and Targeting Infrared for Night)

Opis systemu	System składa się z dwóch zasobników podwieszanych: AN/AAQ -13 (zasobnik nawigacyjny); AN/AAQ -14 (zasobnik celowniczy). AN/AAQ -13 zawiera: kamerę termowizyjną typu FLIR i radiolokator do lotu na małych wysokościach. AN/AAQ -14 zawiera: oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem laserowym oraz kamerę termowizyjną pracującą w szerokim i wąskim zakresie obserwacji – wykorzystywaną do identyfikacji celów w podczerwieni.
Nosiciel /miejsce mocowania/	F-16C/D /AN/AAQ -13 z lewej strony kadłuba; AN/AAQ -14 z prawej strony kadłuba/ F-15 E /AN/AAQ -13 pod prawym silnikiem samolotu; AN/AAQ -14 pod lewym silnikiem samolotu/
Strefa obserwacji systemu	AN/AAQ -14: $\pm 150^\circ$ w azymucie; obrót głowicy termowizora o 360° , możliwość obserwacji do góry do $+40^\circ$ w pionie.
Charakterystyczne cechy systemu	Wykrycie i identyfikacja celu tylko przy pomocy kamer termowizyjnych. Oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem umożliwia wskazywanie celów innym samolotom. Możliwość użycia zarówno w dzień jak i w nocy
Ograniczenia użycia systemu	Złe warunki atmosferyczne (silny opad deszczu lub śniegu, duże zamglenie)



Zestaw nawigacyjno-celowniczy LANTIRN: zasobnik celowniczy AAQ-14 z lewej i nawigacyjny AAQ-13 z prawej strony (Źródło: Internet www.fas.org)

2. CLDP (Combined Laser Designator Pod)

Opis systemu	System składa się z zasobnika podwieszanego zawierającego: oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem laserowym, kamerę termowizyjną typu FLIR lub kamerę telewizyjną – wykorzystywane do identyfikacji celów.
Nosiciel /miejsce mocowania/	Tornado /z lewej strony kadłuba samolotu/ Mirage 2000D /z prawej strony przedniej części kadłuba samolotu/
Strefa obserwacji systemu	Obrót głowicy termowizora o 360°, możliwość obserwacji do tyłu w zakresie do -160°.
Charakterystyczne cechy systemu	Wykrycie i identyfikacja celu przy pomocy kamery termowizyjnej lub telewizyjnej. Wyboru układu obserwacji dokonuje się na ziemi dobierając w zależności od potrzeb zasobnik z kamerą termowizyjną lub telewizyjną. Oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem umożliwia wskazywanie celów innym samolotom. Możliwość użycia zarówno w dzień jak i w nocy (tylko z głowicą termowizyjną).
Ograniczenia użycia systemu	Tornado – możliwość podwieszenia zasobnika zarówno z termowizyjną jak i z telewizyjną głowicą. Mirage 2000 – możliwość podwieszenia zasobnika tylko z termowizyjnym układem obserwacji. Złe warunki atmosferyczne (silny opad deszczu lub śniegu, duże zanieczyszczenie).



Zasobnik celowniczy CLDP z głowicą termowizyjną w jednym z wariantów uzbrojenia samolotu MIRAGE –2000 ((Źródło: Internet www.fas.org)

3. NITE HAWK AN/AAS-38

Opis systemu	System składa się z zasobnika podwieszanego zawierającego: oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem laserowym, kamerę termowizyjną typu FLIR – wykorzystywaną do identyfikacji celów.
Nosiciel /miejsce mocowania/	F-18A /z lewej strony pod kadłubem samolotu/
Strefa obserwacji systemu	Możliwość obserwacji do góry do +30° i w dół do -150° w pionie (obserwacja do tyłu).
Charakterystyczne cechy systemu	Wykrycie i identyfikacja celu przy pomocy kamery termowizyjnej. Oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem umożliwia wskazywanie celów innym samolotom. Możliwość użycia zarówno w dzień jak i w nocy
Ograniczenia użycia systemu	Złe warunki atmosferyczne (silny opad deszczu lub śniegu, duże zamglenie).

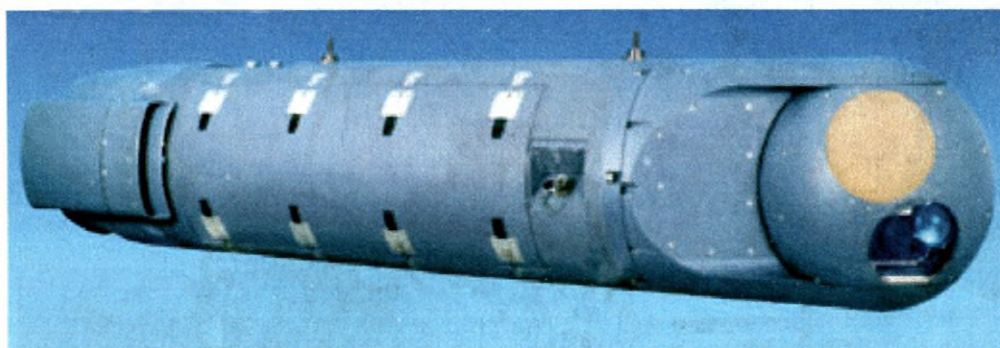


Zasobnik celowniczy NITE HAWK pod kadłubem samolotu F-18

(Źródło: Internet www.fas.org)

4. LITENING

Opis systemu	System składa się z zasobnika podwieszanego. Zasadniczymi elementami zasobnika są: oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem laserowym, kamera termowizyjna typu FLIR – wykorzystywana zarówno jako pomoc pilotażowo - nawigacyjna w lotach na małych wysokościach oraz do identyfikacji celów.
Nosiciel /miejsce mocowania/	F-16C/D /z prawej strony pod kadłubem samolotu F-18A /z lewej strony pod kadłubem samolotu/
Strefa obserwacji systemu	Obrót głowicy termowizora o 360°. Możliwość przeglądu obserwowanej przestrzeni w trzech zakresach: - 1,5°- 2,0°; - 4,5° -6,0°; - 18° -24° /szeroki zakres obserwacji/ Zasięg wykrycia celów w podczerwieni ok. 20 km w warunkach przejrzystej atmosfery.
Charakterystyczne cechy systemu	Szeroki zakres obserwacji termowizora sprawia, że zasobnik wykorzystywany jest zarówno jako nawigacyjny jak i celowniczy. Wykrycie i identyfikacja celu przy pomocy kamery termowizyjnej. Oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem umożliwia wskazywanie celów innym samolotom. Możliwość użycia zarówno w dzień jak i w nocy
Ograniczenia użycia systemu	Złe warunki atmosferyczne (silny opad deszczu lub śniegu, duże zamglenie).



Zasobnik celowniczo-nawigacyjny **LITENING** stanowiący element systemu uzbrojenia lotniczego samolotów F-16 oraz F/A –18

(Źródło: Internet www.fas.org)

5. TIALD (Thermal Imaging Airborne Laser Designator)

Opis systemu	System składa się z zasobnika podwieszanego zawierającego: oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem laserowym, kamerę termowizyjną typu FLIR oraz kamerę telewizyjną – wykorzystywane do identyfikacji celów.
Nosiciel / miejsce mocowania/	Tornado GR1 /z lewej strony kadłuba samolotu/
Strefa obserwacji systemu	Obrót głowicy termowizora o 360°, możliwość obserwacji do tyłu w zakresie do -155°.
Charakterystyczne cechy systemu	Wykrycie i identyfikacja celu przy pomocy kamery termowizyjnej lub telewizyjnej. Wyboru układu obserwacji dokonuje pilot z kabiny samolotu. Oświetlacz laserowy z układem śledzenia celu i dalmierzem umożliwia wskazywanie celów innym samolotom. Możliwość użycia zarówno w dzień jak i w nocy
Ograniczenia użycia systemu	Złe warunki atmosferyczne (silny opad deszczu lub śniegu, duże zamglenie).

