

# AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

---

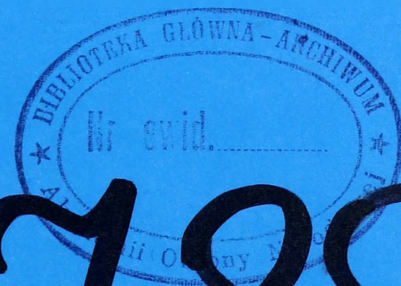
WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ

## STUDIUM PRZYSZŁOŚCI SIŁ POWIETRZNYCH

CZĘŚĆ II

SYSTEM ROZPOZNANIA I WALKI ELEKTRONICZNEJ  
SIŁ POWIETRZNYCH 2025

4.42.2.0



57899

---

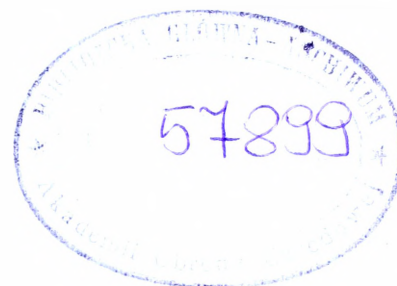
WARSZAWA

2004

**AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ**

---

**WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ**



**STUDIUM PRZYSZŁOŚCI SIŁ POWIETRZNYCH**

**CZĘŚĆ II**

**SYSTEM ROZPOZNANIA I WALKI ELEKTRONICZNEJ**

**SIŁ POWIETRZNYCH 2025**

**Praca badawcza**

**(4.42.2.0)**

**Zespół autorski:**

1. Płk pil. dr hab. Stanisław ZAJAS – kierownik zespołu – wstęp, podrozdz. 1.4, 2.5, 3.3, zakończenie, bibliografia.
2. Płk pil. dr hab. Janusz KARPOWICZ – podrozdz. 2.2, 2.3, 3.2.
3. dr hab. Zbigniew GROSZEK – podrozdz. 1.1, 1.2, 1.3, 3.1.
4. Ppłk dypl. Sylwester SZULC – podrozdz. 2.1, 2.4.

**Recenzent:** prof. dr hab. Wojciech MICHALAK

## SPIS TREŚCI

	Strona
<b>WSTĘP</b> .....	4
<b>Rozdział 1. NAZIEMNE SYSTEMY ROZPOZNANIA SIŁ POWIETRZNYCH I KIERUNKI ICH ROZWOJU DO 2025 ROKU</b> .....	8
1.1. Naziemne systemy rozpoznania radiolokacyjnego sił powietrznych i kierunki ich rozwoju .....	9
1.2. Systemy rozpoznania elektronicznego sił powietrznych i kierunki ich rozwoju .....	28
1.3. Systemy rozpoznania optoelektronicznego sił powietrznych i kierunki ich rozwoju .....	41
1.4. Wnioski .....	44
<b>Rozdział 2. POWIETRZNE SYSTEMY ROZPOZNANIA SIŁ POWIETRZNYCH I KIERUNKI ICH ROZWOJU DO 2025 ROKU</b> .....	46
2.1. Założenia ogólne rozwoju powietrznych systemów rozpoznania sił po- wietrznych do 2025 roku .....	46
2.2. Powietrzne urządzenia radiolokacyjnych systemów rozpoznawczych i rozpoznawczo-uderzeniowych .....	59
2.3. Powietrzne urządzenia systemów rozpoznania elektronicznego i kierunki ich rozwoju .....	97
2.4. Powietrzne urządzenia rozpoznania optoelektronicznego i kierunki ich rozwoju .....	110
2.5. Wnioski .....	120
<b>Rozdział 3. SYSTEMY PRZECIWDZIAŁANIA ELEKTRONICZNEGO SIŁ POWIETRZNYCH I KIERUNKI ICH ROZWOJU DO 2025 ROKU</b> .....	126
3.1. Naziemne systemy zakłócania elektronicznego i kierunki ich rozwoju ...	126
3.2. Powietrzne systemy przeciwdziałania elektronicznego i kierunki ich rozwoju .....	134
3.3. Wnioski .....	168
<b>ZAKOŃCZENIE</b> .....	171
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	173

## WSTĘP

Początek XXI wieku niesie nowe wyzwania we wszystkich sferach ludzkiej działalności. W równym stopniu dotyczy to działalności w sferze polityki, ekonomii jak i w sferze militarnej. Nowe uwarunkowania polityczne, zmiany w tym zakresie zachodzące we współczesnym świecie są impulsem do zmian w sferze militarnej. Zmiany, które zaszły w latach dziewięćdziesiątych XX wieku, a przede wszystkim upadek „muru berlińskiego” oraz rozwiązanie Układu Warszawskiego zmieniły optykę postrzegania bezpieczeństwa europejskiego i światowego. Oddaliła się groźba konfrontacji totalnej oraz działań militarnych na dużą skalę. Pojawiły się natomiast zagrożenia o innym charakterze. Do najważniejszych należą:

- terroryzm;
- konflikty o charakterze lokalnym na tle religijnym, etnicznym czy ekonomicznym;
- zorganizowana przestępczość;
- niekontrolowana proliferacja broni masowego rażenia;
- zjawisko „państw w stanie rozkładu”, które może generować przewroty militarne czy nawet wojnę domową;
- pogłębienie się różnic między krajami bogatymi a biednymi co może rodzić frustracje i agresję.

Zagrożenia te charakteryzują się tym, że brak jest często jednoznacznie określonego przeciwnika. Może on być rozproszony i ukryty, co utrudnia jego wykrycie i identyfikację. Zagrożenia mogą powstać nagle i trwać krótko. Reakcją na taki rozwój sytuacji politycznej jest zmiana koncepcji strategicznej NATO.

Gremia polityczne sojuszu jednoznacznie określiły, że obecnie prawdopodobieństwo agresji na państwa Sojuszu jest znikoma. Charakter tych zagrożeń, a przede wszystkim ich nieprzewidywalność oraz często anonimowość powodują, że niezbędne jest aktywne uczestnictwo Polski i jej sił zbrojnych w kreowaniu i realizacji sojuszniczej i unijnej polityki obronnej.

Założyć należy, że Polska i jej siły zbrojne będą współuczestniczyć w rozwiązywaniu sytuacji kryzysowych z dala od granic Sojuszu. Jest to dla sił zbrojnych wyzwanie obecnego i przyszłego czasu. To powoduje, że niezbędne jest myślenie perspektywiczne w odniesieniu do wymagań wobec sił zbrojnych oraz wobec tworzenia na tej podstawie perspektywicznych planów rozwoju.

Siły powietrzne, jako jeden z filarów sił zbrojnych mają odgrywać znaczącą, czasami nawet dominującą rolę, w działaniach militarnych. Ze względu na swoją wysoką gotowość bojową oraz szybkość, zwykle jako pierwsze pojawiają się w rejonie zagrożenia monitorując sytuację z powietrza i w rejonie potrzeby przystępując do natychmiastowego działania. W celu ustalenia przyszłościowych, perspektywicznych wymagań wobec poszczególnych podsystemów sił powietrznych niezbędne jest przeprowadzenie wielokierunkowych badań w tym zakresie. Dlatego w „Planie zadaniowo-finansowym działalności naukowej (2004-2006) Akademii Obrony Narodowej” zaplanowano zadanie badawcze „Studium przyszłości sił powietrznych”. W ramach tego zadania w 2004 roku zaplanowano dwa tematy badawcze. Pierwszy z nich „Uwarunkowania rozwoju sił powietrznych RP 2025” (opracowany) zawiera szerokie analizy wpływu nowych zagrożeń militarnych oraz cywilizacyjnych a także wpływu wdrażania nowych technologii w siłach powietrznych na kierunki rozwoju poszczególnych systemów. To opracowanie naukowe jest bazą merytoryczną do zbadania i ustalenia szczegółowych i pożądaných rozwiązań w ramach tych systemów w perspektywie roku 2025.

Niniejsze opracowanie nt. „System rozpoznania i walki elektronicznej sił powietrznych 2025” stanowi drugie opracowanie wymienionego zadania badawczego (nr 4.42.2.0 w „Planie zadaniowo-finansowym działalności naukowej 2004-2006 AON”).

Celem przeprowadzonych badań było ustalenie tendencji rozwojowych systemów rozpoznania i walki elektronicznej sił powietrznych oraz opracowanie ich kierunków rozwoju do 2025 roku.

Z tak sformułowanego celu badań wynikał główny problem badawczy – jakie są tendencje rozwojowe systemów rozpoznania i walki elektronicznej sił powietrznych oraz jakie będą kierunki ich rozwoju do 2025 roku? Szczegółowymi problemami badawczymi były następujące pytania problemowe:

1. Jakie są tendencje rozwojowe naziemnych systemów rozpoznania sił powietrznych oraz jakie będą ich kierunki rozwoju do 2025 roku?

2. Jakie są tendencje rozwojowe powietrznych systemów rozpoznania sił powietrznych oraz kierunki ich rozwoju do 2025 roku?

3. Jakie są tendencje rozwojowe systemów przeciwdziałania elektronicznego sił powietrznych oraz kierunki ich rozwoju do 2025 roku?

Powyższe założenia metodologiczne były podstawą do sformułowania zadań badawczych:

1. Dokonać analizy i oceny tendencji rozwojowych naziemnych systemów rozpoznania sił powietrznych i opracować kierunki ich rozwoju do 2025 roku.

2. Zbadać tendencje rozwojowe powietrznych systemów rozpoznania sił powietrznych oraz ustalić kierunki ich rozwoju do 2025 roku.

3. Na podstawie analizy i oceny tendencji rozwojowych systemów przeciwdziałania radioelektronicznego sił powietrznych ustalić kierunki ich rozwoju do 2025 roku.

Badania przeprowadzono metodami analizy, syntezy, porównania, uogólnienia oraz ocen ekspertów. Szczególną uwagę skupiono na badaniach literatury, w której zawarto opisy i ustalenia dotyczące najnowszych rozwiązań w zakresie systemów rozpoznania i walki elektronicznej sił powietrznych oraz stanu aktualnego prac badawczo-rozwojowych w tym zakresie. Na tej podstawie wskazano tendencje rozwojowe tych systemów. Główny wysiłek badawczy skupiono na prezentacji stanu obecnego i kierunków rozwoju naziemnych i powietrznych systemów rozpoznania sił powietrznych ze względu na ich znaczenie i zakres realizowanych zadań.

Rezultaty badań konfrontowano poprzez wywiady i oceny ekspertów. Dzięki zastosowaniu takiej procedury badawczej osiągnięte rezultaty dociekań naukowych są obiektywne.

Przeprowadzone badania umożliwiły rozwiązanie wskazanych wyżej problemów badawczych i osiągnięcie celu badań. Rezultaty badań zawarte są w trzech rozdziałach.

Rozdział pierwszy dotyczy naziemnych systemów rozpoznania sił powietrznych, a w tym systemów rozpoznania radiolokacyjnego, elektronicznego i optoelek-

tronicznego. Na podstawie analizy i oceny tendencji rozwojowych tych systemów sformułowano kierunki ich rozwoju do roku 2025.

W rozdziale drugim przedstawiono rezultaty badań dotyczące powietrznych systemów rozpoznania sił powietrznych. Na tle założeń ogólnych rozwoju tych systemów do roku 2025 zaprezentowano powietrzne urządzenia (przenoszone przez aerodynamiczne środki latające) rozpoznania radiolokacyjnego, elektronicznego i optoelektronicznego oraz możliwe kierunki ich rozwoju.

Rozdział trzeci zawiera rezultaty badań dotyczące systemów przeciwdziałania elektronicznego, a w tym naziemnych systemów zakłócania elektronicznego i powietrznych systemów przeciwdziałania elektronicznego oraz kierunków ich rozwoju do 2025 roku.

## Rozdział 1

# NAZIEMNE SYSTEMY ROZPOZNANIA SIŁ POWIETRZNYCH I KIERUNKI ICH ROZWOJU DO 2025 ROKU

Rozwój naziemnych systemów rozpoznania sił powietrznych determinują współczesne i przyszłe zagrożenia z powietrza. Obok klasycznych oraz trudno wykrywalnych środków napadu powietrznego, o ciągle wzrastających możliwościach taktyczno-technicznych w zakresie rażenia obiektów naziemnych, nawodnych i powietrznych, wykonujących loty na małych wysokościach z dużymi prędkościami, pojawiają się nowe zagrożenia z powietrza, takie jak taktyczne rakiety balistyczne, rakiety skrzydlate, bezzałogowe aparaty latające, czy obiekty typu RENEGADE.

Aby sprostać nowym wyzwaniom systemy rozpoznania muszą ciągle się rozwijać by mieć możliwość wczesnego wykrywania wszystkich tych obiektów powietrznych w całym zakresie wysokości ich lotu. W tym celu w funkcjonujących obecnie naziemnych systemach rozpoznania radiolokacyjnego, radioelektronicznego i optoelektronicznego następuje permanentna modernizacja urządzeń rozpoznawczych, wprowadzane są nowe systemy, a także prowadzone są prace badawcze nad coraz nowszymi technologiami rozpoznania obiektów powietrznych.

Systematyczna modernizacja istniejących systemów radarowych oraz prowadzone na szeroką skalę prace badawcze nad nowymi technologiami rozpoznania, wynikają także z wymagań, jakie tym systemom stawiają współczesne i przyszłe systemy obrony powietrznej, a w nich aktywne środki walki, by były one zdolne wykrywać wszystkie obiekty powietrzne w całym zakresie wysokości ich lotu, je identyfikować oraz dostarczać o nich systemom dowodzenia sił powietrznych terminową, dokładną i wiarygodną informację, w sposób zapewniający ich funkcjonowanie w warunkach sieciocentrycznego pola walki.

W rozdziale są zawarte rezultaty badań, będące rozwiązaniem problemu badawczego określonego pytaniem - jakie są tendencje rozwojowe naziemnych systemów rozpoznania sił powietrznych oraz jakie będą kierunki ich rozwoju do 2025 roku.

### 1.1. Nasiemne systemy rozpoznania radiolokacyjnego sił powietrznych i kierunki ich rozwoju

W nasiemnych systemach rozpoznania radiolokacyjnego funkcjonują obecnie i w dalszym ciągu są technologicznie rozwijane radary „klasyczne” oraz pozahoryzontalne. Intensywne prace badawcze prowadzone są nad wdrożeniem radarów bi i multistatycznych, radarów mikrofalowych, radarów o obniżonej mocy sygnałów – tzw. „radarów cichych” oraz radarów pasywnych.

**Radary „klasyczne”** wykorzystują fale radiowe zakresu metrowego, decymetrowego i centymetrowego rozchodzące się praktycznie prostoliniowo, co ogranicza ich zasięg wykrywania horyzontem radiowym. Ich obecny rozwój zmierza w kierunku zwiększenia ich odporności na zakłócenia elektroniczne i zniszczenie rakietami przeciwradiolokacyjnymi. Dalsze tendencje rozwojowe systemów radarowych będą dotyczyć prawdopodobnie:

- zwiększenia ich możliwości w wykrywaniu obiektów powietrznych wykonanych w technologii „stealth”, taktycznych rakiet balistycznych, rakiet skrzydlatych, czy bezzałogowych aparatów latających;
- zwiększania ich zasięgu wykrywania;
- zwiększania dokładności określania współrzędnych obiektów;;
- rozszerzenia zakresu wykorzystywanych częstotliwości;
- zwiększania niezawodności i mobilności tych urządzeń;
- zmniejszania gabarytów urządzeń i ich podzespołów;
- rozdzielania urządzeń nadawczych od odbiorczych celem zachowania ich żywotności;
- systematycznego zmniejszania stanu obsługi i dążenia do budowy radarów bezobsługowych.

Od wielu już lat wyzwaniem dla stacji radiolokacyjnych są tak zwane samoloty niewykrywalne to znaczy wykonane w technologii „stealth”. Metody wykrywania obiektów budowanych w technologii „stealth” można podzielić na dwie grupy.

Pierwsza grupa obejmuje tradycyjne sposoby zwiększania zasięgu wykrywania, które nie uwzględniają specyfiki obiektów wykonywanych w technologii „stealth”.

Polegają one na zwiększeniu potencjału energetycznego oraz czułości układów odbiorczych, stacji radiolokacyjnych. Obiekt o małej skutecznej powierzchni odbicia odbija w kierunku źródła promieniowania tylko ułamek padającej na niego energii. Tak więc, im więcej energii opromieniuje obiekt „stealth”, tym proporcjonalnie więcej się od niego odbije i dotrze do stacji radiolokacyjnej, zwiększając tym prawdopodobieństwo jego wykrycia.

Konstruktorzy radarów dążą więc do tego aby moc emitowanego sygnału stacji radiolokacyjnych była jak największa. Podejście to ma jednak wady:

- sygnały o dużej mocy są łatwo wykrywalne na dużych odległościach przez środki walki radioelektronicznej przeciwnika, co bardzo ułatwia zniszczenie radaru;
- wraz z zastosowaniem dużej mocy pojawiają się bariery technologiczne, których przełamanie wydaje się być na razie niemożliwe szczególnie tam gdzie wymiary anten stacji z różnych względów muszą być ograniczone (samolot, okręt, kontener, pojazd). Jak wskazuje praktyka aby zwiększać zasięg stacji dwukrotnie nie zmieniając wymiarów anteny oraz nie zwiększając czułości urządzeń odbiorczych moc stacji trzeba zwiększać kilkudziesięciokrotnie.

O wiele lepsze wyniki uzyskuje się stosując wszelkiego rodzaju metody kompresji impulsu. Układy nadawcze stacji emitują wówczas bardzo długi sygnał (o małej rozróżnialności), który w wyniku kompresji traktowany jest przez układy odbiorcze stacji jako bardzo krótki sygnał (o dużej rozróżnialności). Oznacza to, że cała energia sygnału może być wypromieniowana w dłuższym czasie, nie przeciążając układów nadawczych i antenowych.

Najnowsze radary z kompresją impulsu i mocą w impulsie równą 1 MW porównywalne są (przy zachowaniu takiej samej rozróżnialności) z radarami bez kompresji o mocy w impulsie równej 10 000 MW. Ilość energii dochodzącej do obiektu można też zwiększyć przez poprawienie charakterystyki kierunkowej anteny. Wiąże się to jednak ze znacznym zwiększeniem rozmiarów anteny co nie zawsze jest możliwe (np. na samolotach lub okrętach). Mimo wszystko umiejętnie kształtując współczynnik kierunkowy anteny można osiągnąć nawet 70%-we zwiększenie zasięgu stacji.

W najnowszych konstrukcjach stacji radiolokacyjnych stosowane są anteny ścianowe z elektronicznym przeszukiwaniem przestrzeni. Stacje tego typu po wysłaniu w określonym kierunku standardowej liczby impulsów i stwierdzeniu, że prawdopodobnie znajduje się tam obiekt wysyłają automatycznie w kierunku obiektu większą liczbę impulsów niż to wynika z rodzaju pracy poszukiwania zwiększając tym zasięg wykrywania stacji.

Druga grupa obejmuje niekonwencjonalne sposoby zwiększania zasięgu wykrywania celów o małej skutecznej powierzchni odbicia. Cechą charakterystyczną tych metod jest to, że wykorzystują one własności obiektów „stealth” do ich wykrycia.

Obiekty „stealth” charakteryzują się małą skuteczną powierzchnią odbicia. Jednakże obecna technologia zapewnia utrzymanie tej cechy jedynie w niewielkim zakresie częstotliwości od 1 do 20 GHz. Istnieją duże trudności w zmniejszeniu skutecznej powierzchni odbicia poza tym zakresem częstotliwości. Można więc znacznie poprawić skuteczność wykrywania obiektów dobierając odpowiednią częstotliwość pracy stacji radiolokacyjnej.

Długość fali dobiera się tak by była ona:

- wielokrotnie mniejsza od rozmiarów obiektu;
- porównywalna z wielkością obiektu (może wystąpić zjawisko rezonansu);
- dużo większa od wielkości wykrywanego obiektu.

Zastosowanie fal bardzo krótkich (milimetrowych) oznacza, że sygnał będzie odbijany przez najmniejsze elementy konstrukcji opromieniowanego obiektu. Ponadto materiały tłumiące fale milimetrowe są dopiero w fazie badań i w najbliższej przyszłości nie przewiduje się budowy samolotów przy ich wykorzystaniu. W związku z tym prowadzi się intensywne prace nad radarami działającymi w paśmie 30 - 40, 85 - 95 a nawet bliskim 140 GHz.

Dużym problemem jest tłumienie fal milimetrowych w atmosferze (długość tych fal jest podobna do rozmiarów cząsteczek wody zawartej w atmosferze), które jest na tyle duże iż trudno mówić o poprawieniu wykrywalności na dużych odległościach. Istnieją jednak radary, które pracując na bardzo wysokich częstotliwościach. Służą one do śledzenia celów wykrytych wcześniej innymi środkami.

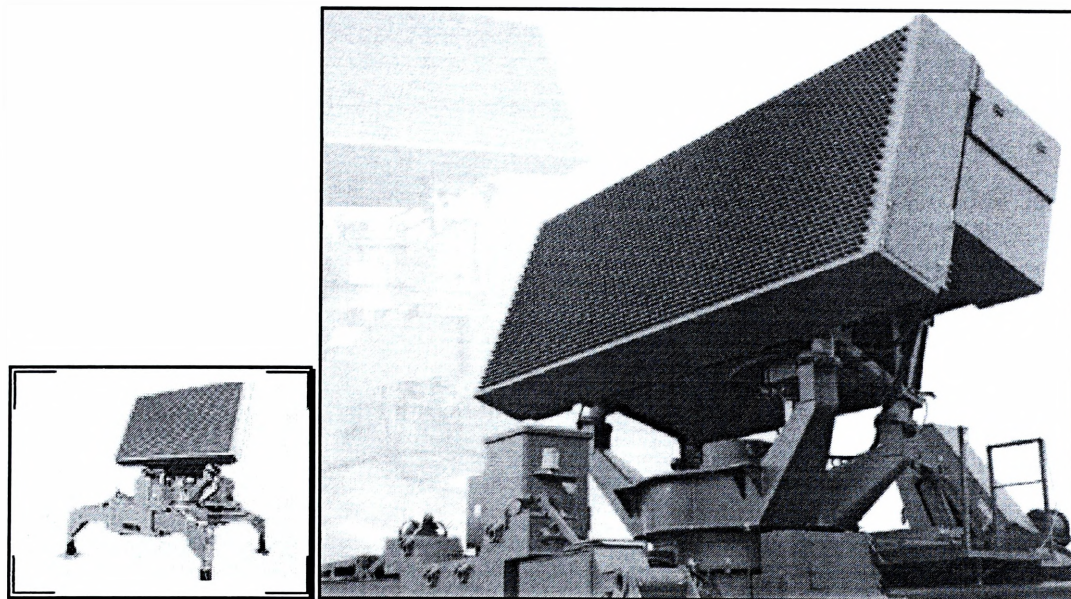
Obecnie o wiele łatwiej jest zwiększyć długość fali (zmniejszyć częstotliwość) na tyle by dostatecznie osłabić własności absorpcyjne pokryć i struktur konstrukcyjnych samolotów (współczesne pokrycia tłumią skutecznie fale elektromagnetyczne o częstotliwości 1 GHz dopiero przy grubości pokrycia dochodzącej do 20-30 mm, co w przypadku samolotu jest nie do przyjęcia). Ten sposób konstruowania radarów jest dogodniejszy ponieważ wraz ze wzrostem długości fali rośnie zasięg wykrywania dzięki temu że skuteczna powierzchnia odbicia obiektu rośnie wówczas liniowo. W przypadku obiektów „stealth” ta zależność jest jeszcze silniejsza gdyż skuteczna powierzchnia odbicia rośnie z kwadratem długości fali.

Można więc przypuszczać że radary specjalizujące się w wykrywaniu obiektów latających typu „stealth” będą pracowały w paśmie w jakim pracowały pierwsze w historii radary czyli w paśmie fal metrowych.

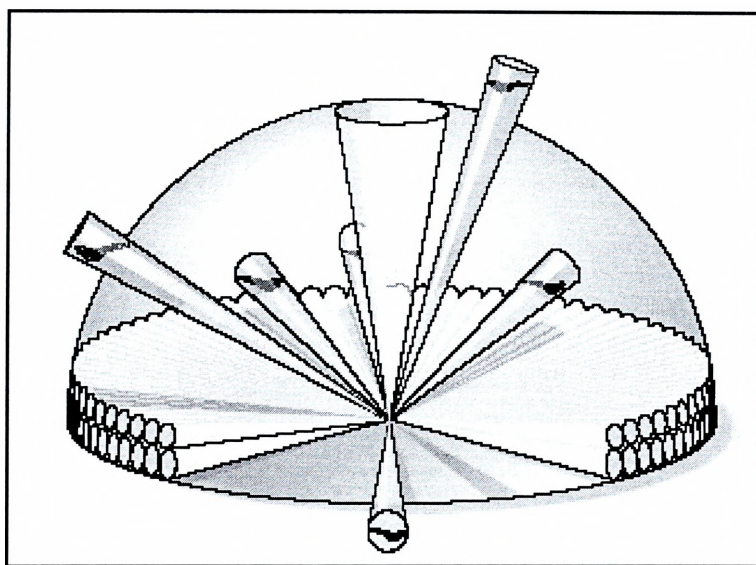
Okazało się również, że do wykrywania obiektów latających wykonanych w technologii „stealth” świetnie nadają się znane już od dawna radary pozahoryzontalne. Te pracujące na bardzo długich falach stacje radiolokacyjne działają wykorzystując odbicie fali elektromagnetycznej od jonosfery. Prace nad tymi urządzeniami rozpoczęły się na większą skalę od 1975 roku, jednak dopiero przydatność w wykrywaniu obiektów „stealth”, a także taktycznych rakiet balistycznych i rakiet skrzydlatych, może zaważyć na ich szerszym wykorzystaniu.

Inna metoda wykrywania polega na wykorzystaniu swoistych cech samolotów wykonanych w technologii „stealth” – rozpraszania fal radiowych. Jeżeli sygnał odbity od takiego obiektu i odbierany w jakimś punkcie przestrzeni jest bardzo słaby to w innym może być kilkakrotnie silniejszy. Dlatego też powstała koncepcja radarów multistatycznych, w których anteny nadawcze i odbiorcze są odseparowane. W przypadku takich radarów jedna z podstawowych cech technologii „stealth” - jak najmniejsze odbijanie energii na źródło promieniowania kosztem innych kierunków, obraca się przeciwko nim.

Przykładem radarów spełniających już w dużej mierze przedstawione wyżej wymagania są prototypowe stacje radiolokacyjne opracowane przez firmę Thales, takie jak radary serii MASTER (M3R, A,T), przeznaczone do pracy w rozszerzonej obronie powietrznej.



**Rys. 1.1. Antena ścianowa radarów MASTER M3R i A**



**Rys. 1.2. Strefa wykrywania radaru MASTER A**

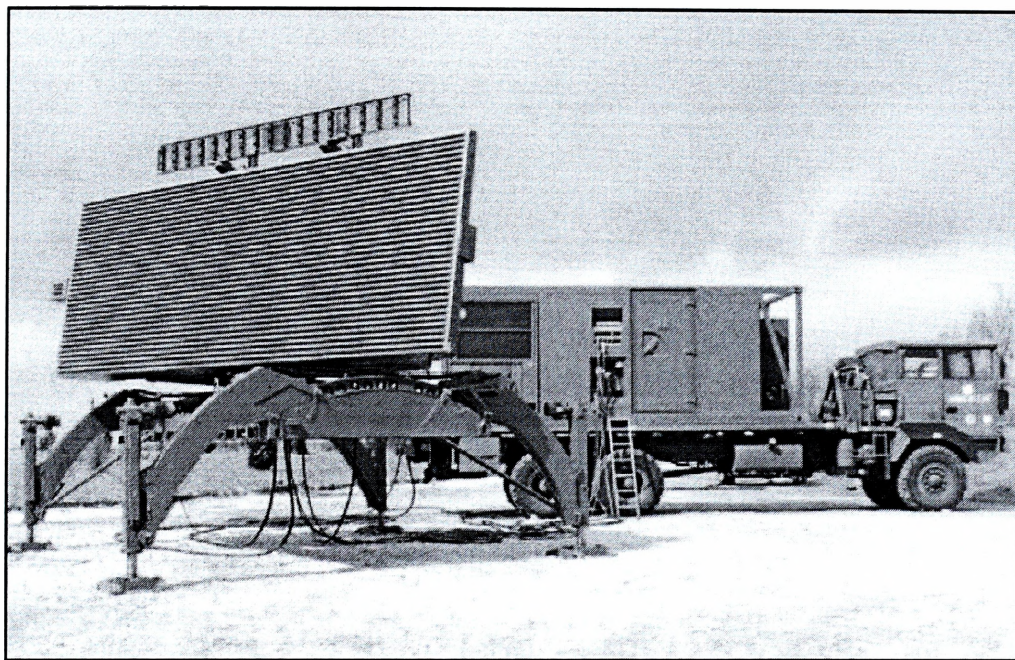
Radary MASTER M3R i MASTER A, określają trzy współrzędne obiektów powietrznych, mają możliwość wykrywania wysoce manewrowych obiektów powietrznych, rakiet balistycznych i manewrujących oraz bezzałogowych aparatów latających. Charakterystyczne dane radaru MASTER A to:

- elektroniczne skanowanie w azymucie w sektorze  $\pm 40^{\circ}$ , w elewacji  $- 60^{\circ}$ ;
- zasięg wykrywania – 300 km;
- śledzenie toru rakiety z odległości 370 km;
- pułap – ok. 30 km;
- przystosowany do transportu lotniczego (samolotem C-130);

- czas rozwijania – 90 min przez 8 osób.

Dane radaru MASTER M3R przedstawiają się następująco:

- zasięg - 470 km w trybie pracy dookolnej ( $360^{\circ}$ ) oraz 1000 km przy śledzeniu taktycznych rakiet balistycznych;
- możliwość współpracy z ruchomymi centrami dowodzenia;
- przystosowany do transportu lotniczego (5 kontenerów o wadze poniżej 8 ton)

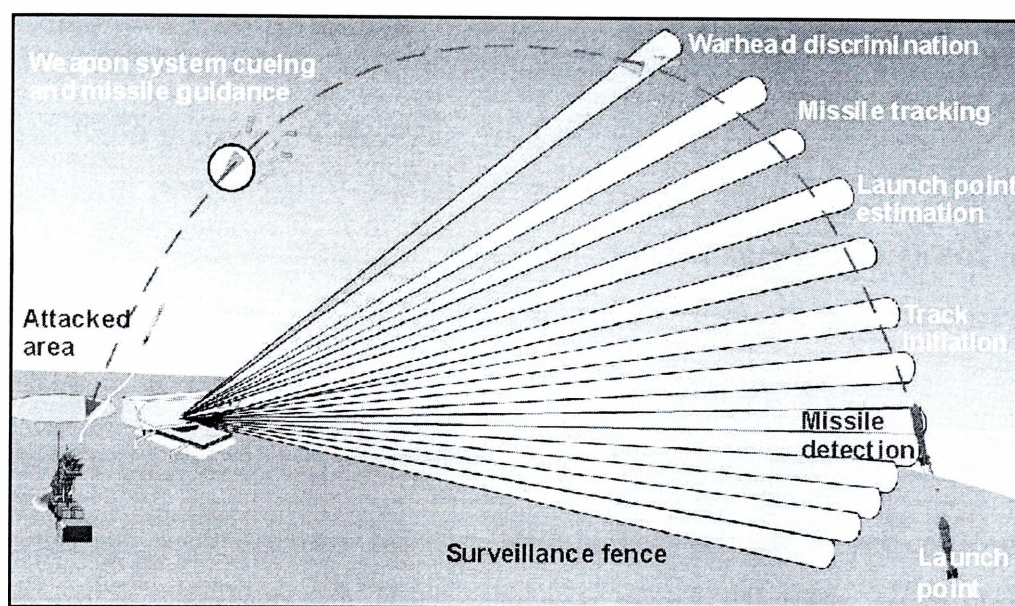


**Rys. 1.3. Radar MASTER T**

Radar MASTER T charakteryzuje się niskim poziomem emisji cieplnych i elektromagnetycznych oraz wysoką manewrowością i odpornością na zakłócenia elektroniczne. Jego antena nadawcza jest oddalona od urządzeń odbiorczych, co zwiększa jego żywotność. Ponadto jego urządzenia rozmieszczone są na dwóch samochodach, co pozwala przemieszczać go jednym samolotem C-130. Jego charakterystyczne dane to:

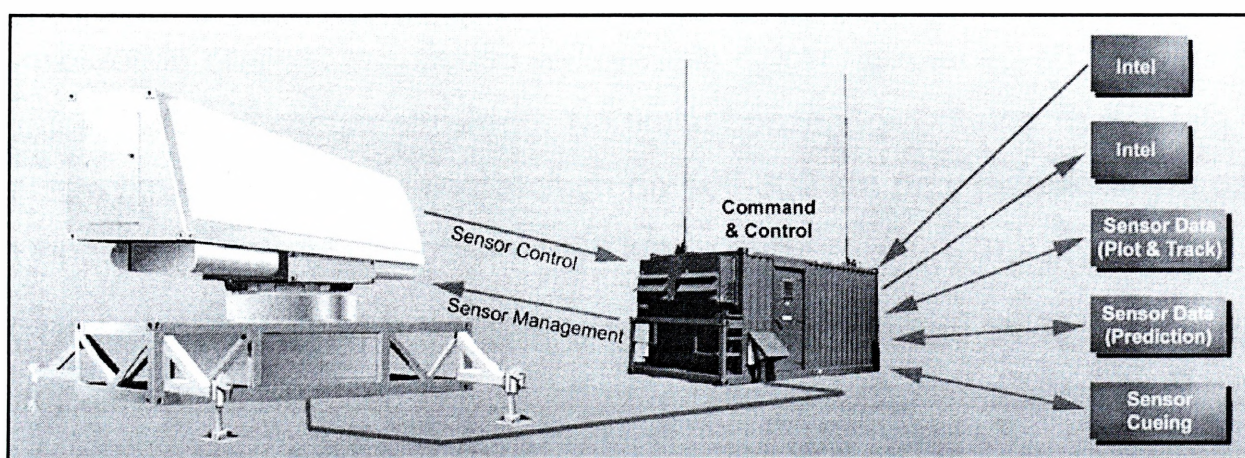
- zasięg wykrywania – 440 km, małych obiektów powietrznych - 380 km;
- pułap – około 35 km;
- minimalny zasięg wykrywania – 8 km.
- sektor obserwacji w kącie elewacji  $20^{\circ}$ .

Zaawansowane prace badawcze nad radarami zdolnymi wykrywać rakiety balistyczne i określać ich miejsce uderzenia, a także wykrywać rakiety manewrujące i bezzałogowe aparaty latające, prowadzi brytyjska firma AMS (Alenia Marconi Systems). Opracowany przez tą firmę system wczesnego wykrywania i dowodzenia EWACS spełnia powyższe zadania.



**Rys. 1.4. Idea funkcjonowania systemu EWACS**

System ten przeznaczony jest do kontroli przestrzeni powietrznej, wykrywania rakiet balistycznych i manewrujących, wczesnego ostrzegania przed uderzeniami rakiet balistycznych oraz kierowania aktywnymi środkami walki. Stacja radiolokacyjna tego systemu ma zasięg ok. 1500 km, jest odporna na zakłócenia elektroniczne oraz wysoce mobilna. Może być przemieszczana samolotem C-130 lub śmigłowcem Chinook.



**Rys. 1.5. Komponenty systemu EWACS**

Również w Rosji opracowano stację radiolokacyjną bardzo wielkiej częstotliwości dalekiego zasięgu, której zadaniem jest wykrywanie orbitujących satelitów Ziemi, wystrzelonych pocisków balistycznych oraz samolotów „niewidzialnych”. Prototyp stacji zbudowano wspólnie z jedną z fabryk na Ukrainie. Ta koherentna stacja impulsowa ma częstotliwość pracy 140 MHz (zakres metrowy), szerokość pasma częstotliwości – 1 MHz, średnią moc wyjściową nadajnika - 30 KW. Elektronicznie przeszukująca antena pokrywa w poziomie sektor  $120^{\circ}$  i  $2 \div 90^{\circ}$  w pionie. Zasięg stacji wynosi około 2000 kilometrów. Rozróżnialność w odniesieniu do celów o skutecznej powierzchni odbicia  $1 \text{ m}^2$  wynosi około 300 m. Omawianą stację można będzie rozwinąć w ciągu 10 dni, jest ona obsługiwana przez trzyosobowe zmiany. Żywotność systemu określa się na 15 lat przy 24-godzinnym cyklu pracy, natomiast średni czas międzyawaryjny wynosi 4 tysiące godzin.

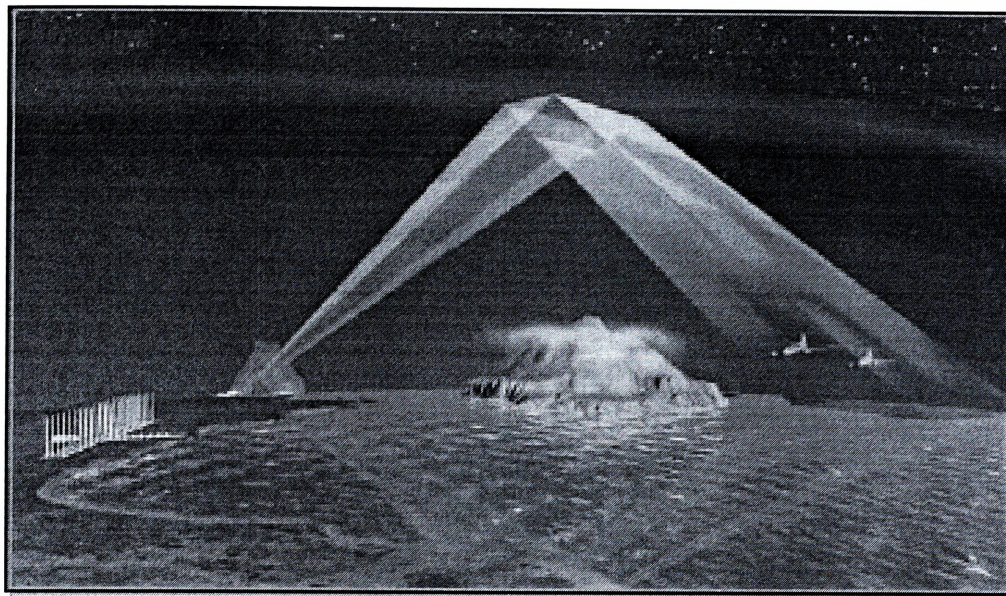
### ***Radiolokacja pozahoryzontalna***

Konieczność wykrywania bardzo szybkich, niskolejących celów oraz rakiet balistycznych na maksymalnych odległościach, spowodowała wznowienie prac badawczych i rozwój radarów pozahoryzontalnych. W stacjach tych wykorzystuje się właściwości rozchodzenia się fal radiowych zakresu dekametrowego (od 100 do 10 m). Fale radiowe tego zakresu mają właściwości odbijania się od dolnych warstw jonosfery. W zależności od ich częstotliwości, kąta padania i charakteru jonosfery, fale te mogą wyjść poza jej obszar lub odbić się od niej i powrócić na powierzchnię ziemi.

Podstawową zaletą fal dekametrowych jest zdolność do ich rozchodzenia się poza linię widoczności horyzontalnej. Wykorzystując zjawisko rozchodzenia się fali powierzchniowej można uzyskać zasięg pozahoryzontalnych RLS do 200-300 km, co aż ośmiokrotnie przewyższa zasięg wykrywania celów niskolejących za pomocą radiolokatora zakresu centymetrowego. Natomiast pozahoryzontalne RLS z falą przestrzenną wykrywają cele w odległościach do 400-800 km przy jednokrotnym odbiciu fal od jonosfery a przy wielokrotnym 4000 km.

Istnienie możliwości powstania w tych stacjach szeregu zakłóceń pasywnych oraz oddziaływania zakłóceń aktywnych powoduje konieczność zastosowania szeregu efektywnych metod selekcji. Dlatego w radiolokacyjnych stacjach pozahoryzontalnych stosuje się anteny o dużym zysku kierunkowym oraz wykorzystuje się w nich

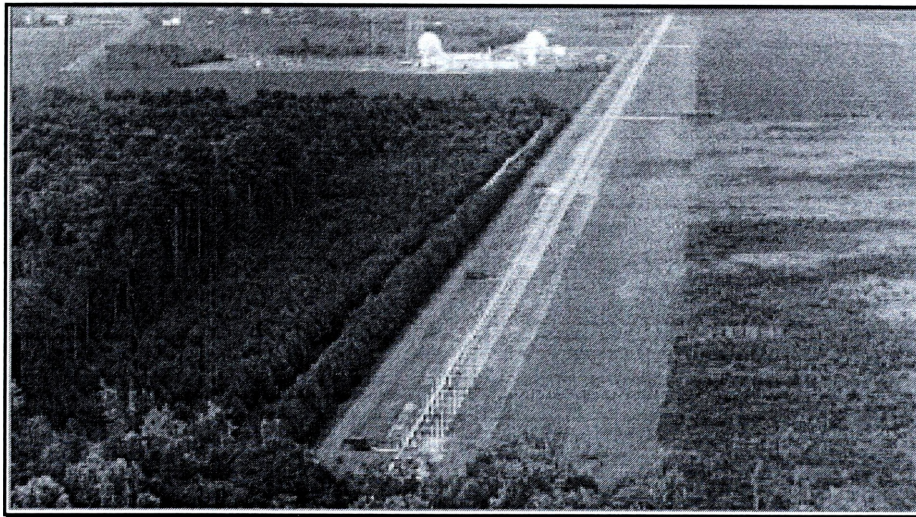
złożone sygnały radiolokacyjne, dzięki czemu można uzyskać stosunkowo dużą różnicowość w odległości oraz dostatecznie dużą energię sygnału sondującego.



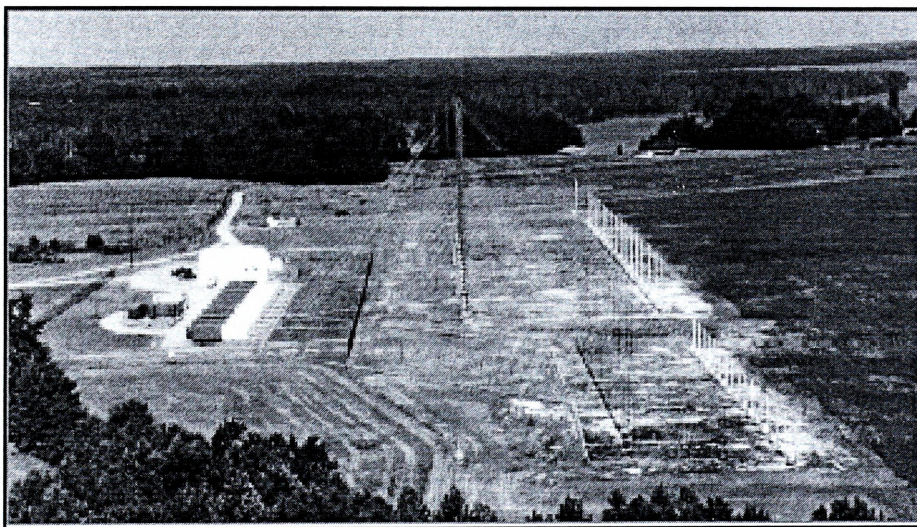
**Rys. 1.6. Idea radiolokacji pozahoryzontalnej**

Pierwsze radiolokacyjne stacje pozahoryzontalne przeznaczone były głównie do wykrywania startu rakiet międzykontynentalnych. Do wykrywania samolotów o zmniejszonej skutecznej powierzchni odbicia (SPO) w tych radiolokatorach wykorzystuje się zjawisko poślizgowego rozchodzenia się fal dekametrowych. W opracowaniach specjalistycznych podaje się, że SPO dla fal o tym zakresie dla bombowca zawiera się w przedziale od 100 do 1000 m<sup>2</sup>. Stosunkowo stabilna struktura sygnału odbitego od samolotu oraz małe prędkości w porównaniu z raketami balistycznymi, pozwalają na zwiększenie wiarygodności wykrycia samolotu.

Radiolokacyjne stacje pozahoryzontalne starszej generacji, pracujące w systemach obrony przeciwrakietowej USA i Rosji są urządzeniami całkowicie stacjonarnymi i prowadzącymi rozpoznanie przestrzeni powietrznej w ograniczonym sektorze /rzędu od 20° do 180°/ w zależności od konstrukcji systemów antenowych. Natomiast współczesne radary pozahoryzontalne, na przykład radary ROTH, wchodzące w skład systemu obrony narodowej USA, mogą być już przemieszczane.

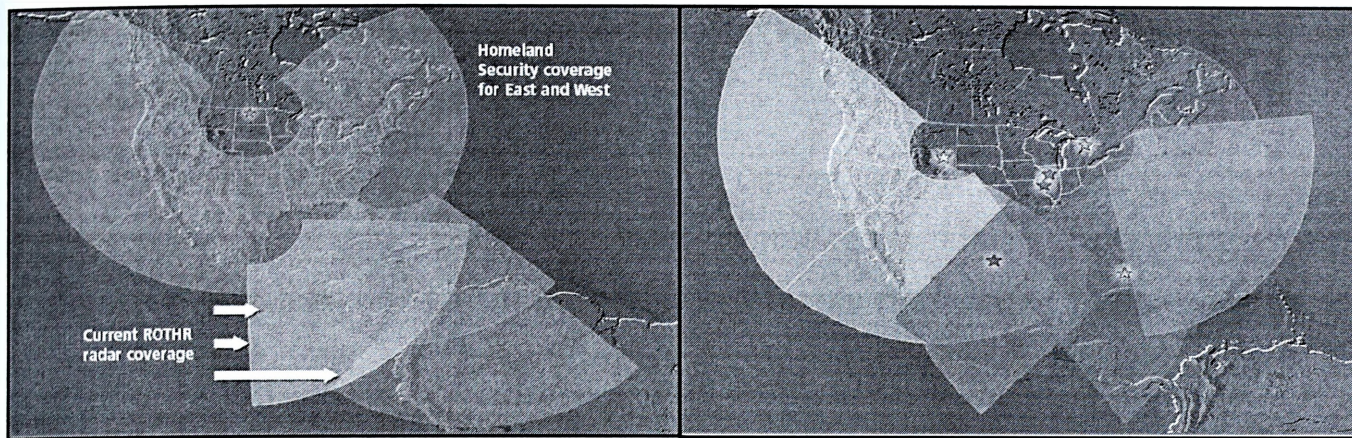


***Rys. 1.7. System anten nadawczych***



***Rys. 1.8. System anten odbiorczych***

Radary pozahoryzontalne ROTH,R, wchodzące w skład systemu obrony narodowej Stanów Zjednoczonych mają możliwość wykrywania samolotów lecących na wszystkich wysokościach, statków i okrętów o długości ponad 30 m oraz taktycznych rakiet balistycznych w każdych warunkach atmosferycznych w dzień w nocy na głębokość do ok. 3800 km od wybrzeży USA. Wykorzystywane są obecnie do walki z przemytem narkotyków z krajów Ameryki Łacińskiej oraz zwalczania terroryzmu powietrznego. W skład każdego radaru wchodzi system anten nadawczych oraz system anten odbiorczych. Pracą radarów kieruje centrum konsolidacji i kontroli, które przekazuje informacje do systemu obrony narodowej USA.



**Rys. 1.9. Rozmieszczenie radarów pozahoryzontalnych w systemie obronnym USA**

Istniejący system radarów ROTHHR będzie modyfikowany by zwiększyć jego zasięg do ok. 6000 km oraz możliwości wykrywania małych obiektów powietrznych i śledzenia okrętów. Ponadto zamierza się zwiększyć sektor rozpoznania radarów z 64 do 100 stopni oraz dokładność lokalizowania wykrytych obiektów.

Innym przykładem radarów pozahoryzontalnych są radary brytyjskiej firmy MARCONI typu:

- SKY WAVE - dużego zasięgu, pracujący na fali jonosferycznej w zakresie 5-28 MHz, charakteryzujący się zasięgiem rozpoznania od 1000 do 3500 km w sektorze  $90^{\circ}$  oraz dokładnością określania miejsca położenia rozpoznawanych obiektów do 5 km. Stacja nadawcza tego radiolokatora jest oddalona od stacji odbiorczej o 150 km, a szerokość pola antenowego wynosi od 1,5 do 3 km.
- S-123 - małego zasięgu, pracujący na fali powierzchniowej w zakresie 6-12 MHz, charakteryzujący się zasięgiem rozpoznania do 250 km obiektów powietrznych wykonujących lot na małych wysokościach i do 500 km obiektów na dużych wysokościach z dokładnością do 1 km w sektorze równym  $90^{\circ}$ . Pole antenowe o szerokości 600 m rozwijane jest wzdłuż wybrzeża morskiego (na drodze antena - obiekt powietrzny nie może być przeszkod terenowych).
- S-124 - małego zasięgu, pracujący na fali powierzchniowej w zakresie 4-7 MHz, charakteryzujący się zasięgiem rozpoznania obiektów powietrznych na wszystkich wysokościach do 150 km i okrętów do 370 km z dokładnością do 110 m w odległości i  $3/4^{\circ}$  w azymucie w sektorze równym  $120^{\circ}$ . Pole antenowe o szerokości 900

m rozwijane jest wzdłuż wybrzeża morskiego (na drodze antena - obiekt powietrzny nie może być przeszkod terenowych).

Rosyjską stacją pozahoryzontalną fal powierzchniowych wysokiej częstotliwości jest stacja o nazwie „IRIDA”, służąca do nadzorowania stref przylegających do wybrzeża morskiego. „IRIDA” ma oddzielne zespoły nadawania i odbioru (oddalone od siebie o 500-1500 m). Zespół nadajnika ma maksymalną impulsową moc wyjściową 64 KW w zakresie częstotliwości 7-15 MHz i pokrywa w poziomie sektor  $90^{\circ}$ . „IRIDA” może wykrywać obiekty nawodne z odległości 280÷300 km. Minimalny zasięg wynosi 15÷20 km. Stacja ta może również z dość dużej odległości wykrywać i śledzić nisko lecące cele (samoloty, śmigłowce). Może też śledzić jednocześnie około 100 różnych celów z dokładnością namiaru w odległości w granicach 3-4 km oraz w azymucie  $3-5^{\circ}$ .

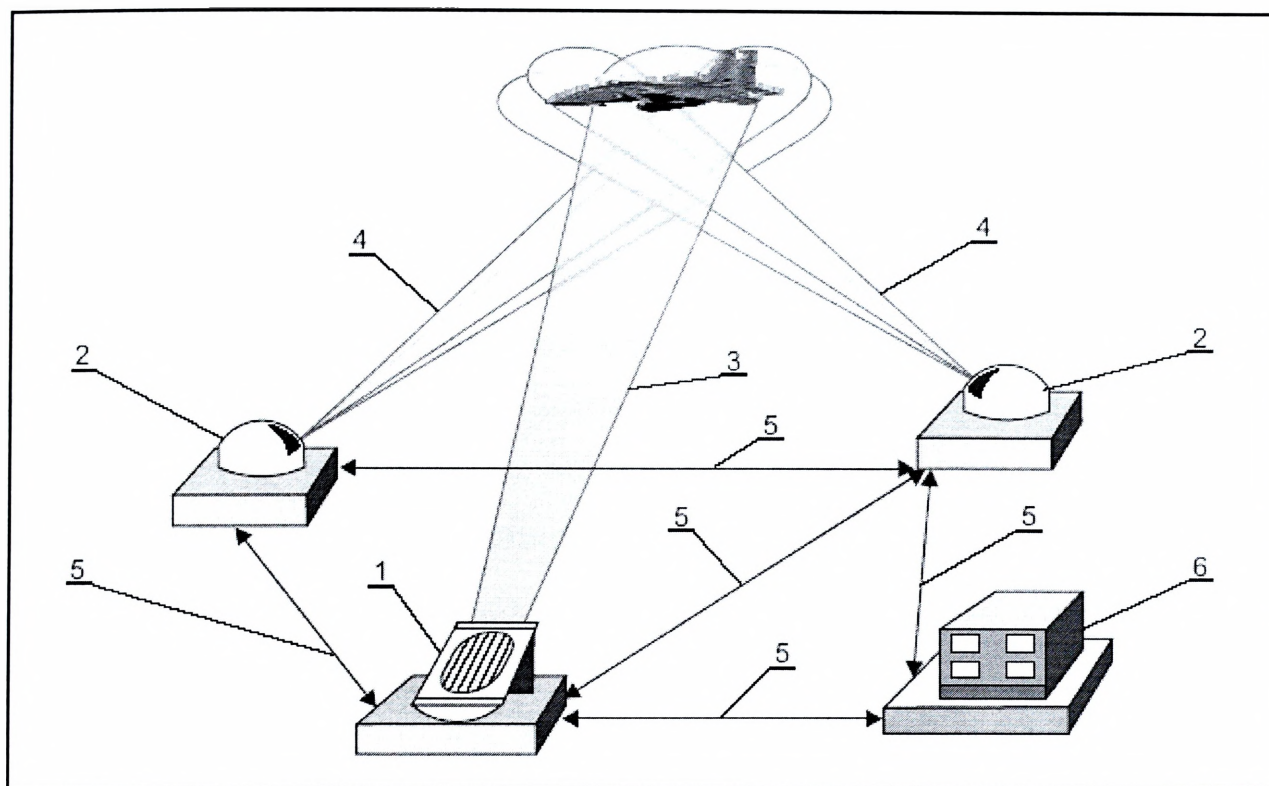
### ***Radiolokacja bi i multistatyczna***

Radiolokator jest urządzeniem, które wypromieniowuje falę elektromagnetyczną i odbiera sygnały echa odbite od obiektów znajdujących się w opromieniowanej przestrzeni. Dzięki kierunkowej charakterystyce anteny oraz opóźnieniu czasowemu impulsu echa względem impulsu sondującego RLS, jest możliwe określenie współrzędnych przestrzennych obiektów znajdujących się w opromieniowanej przestrzeni względem radiolokatora.

Ponieważ sygnał odbity (echa) rozchodzi się we wszystkich kierunkach, to jest możliwe określenie współrzędnych obiektu i w tym przypadku, kiedy nadajnik znajduje się w dużej odległości od odbiornika. Zjawisko to zostało wykorzystane w tzw. radiolokatorach bi- i multistatycznych, zwanych także radiolokatorami wielopozycyjnymi. Cechą odróżniającą radiolokator bistatyczny (multistatyczny) od radiolokatorów zwanych monostatycznymi jest wykorzystanie do nadawania i odbioru oddzielnych, oddalonych od siebie elementów.

W wyniku opromieniowania obiektu powietrznego i odbicia fal elektromagnetycznych w przestrzeni znajdują się rozproszone fale elektromagnetyczne (oprócz miejsc zasłoniętych przez cel). Radiolokacja multistatyczna, w porównaniu z monostatyczną, wykorzystuje nie tylko informacje pochodzące z niewielkiego wycinka tej przestrzeni, zawierającego rozproszone fale elektromagnetyczne, lecz informacje z kilku radiolokatorów rozmieszczonych przestrzennie, a to pozwala na zwiększenie

możliwości informacyjnych oraz zwiększenie odporności systemu na zakłócenia. W związku z tym nadajnik i odbiornik (przynajmniej dwa) muszą być rozmieszczone w terenie na różnych pozycjach (nie wyklucza się większej liczby elementów nadawczych i odbiorczych).



- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Pozycja z nadajnikiem            | 4. Charakterystyki anten odbiorczych |
| 2. Pozycje odbiorcze                | 5. Linie łączności                   |
| 3. Charakterystyka anteny nadajnika | 6. Centrum dowódczo-odbiorcze        |

**Rys. 1.10. Rozmieszczenie elementów w wielopozycyjnym systemie radiolokacyjnym**

Dokładne określenie miejsca położenia obiektu w przestrzeni powietrznej wymaga odpowiedniego zsynchronizowania nadajnika i odbiorników oraz dokładnego określenia ich pozycji w terenie (możliwość użycia GPS, szybkość i dokładność). Ograniczeniem w wykorzystywaniu wielopozycyjnych SRL jest możliwość wykrywania obiektów powietrznych w określonej przestrzeni, gdzie strumień energii emitowanej przez nadajnik pokrywa się ze strefą widzialności odbiornika.

Dokładność określania współrzędnych obiektów w radiolokatorach wielopozycyjnych, w dużym stopniu zależy od ich konfiguracji przestrzennej. Im bardziej równomierne jest rozłożenie elementów systemu tym bardziej ujednolicona jest dokładność w całym obszarze wykrywania. Dokładność i rozróżnialność radiolokatorów multistatycznych nie różni się od dokładności i rozróżnialności systemów monosta-

tycznych. Poza tym istnieją większe możliwości modulowania pracy nadajników za pomocą fali ciągłej. Przy modulowaniu nadajnika w sposób impulsowy mogą być wykorzystane wysokie częstotliwości powtarzania impulsów, które w radarach tradycyjnych powodowałyby niejednoznaczności określania współrzędnych obiektów.

Ważną zaletą radarów wielopozycyjnych jest ich duża odporność na zakłócenia. W tym zakresie systemy multistatyczne mają wyraźną przewagę nad monostatycznymi. Największe możliwości wykrycia obiektów powietrznych w systemie bistatycznym, uzyskuje się wtedy, gdy kąt bistatyczny równy jest  $180^\circ$  (obiekt znajduje się w prostej łączącej nadajnik i odbiornik). W tym przypadku SPO obiektu względem radiolokatora wzrasta i jest w przybliżeniu równa stosunkowi kwadratów SPO obiektu i długości fali pomnożonemu przez liczbę 12. Wówczas SPO jest dla radiolokacyjnego systemu bistatycznego większa, niż przy wykorzystaniu tradycyjnej RLS. Właściwość tego wykrywania jest zachowana nawet przy zmniejszeniu kąta do  $120^\circ$ .

Wiadomo, że po opromieniowaniu celu w całej przestrzeni wytwarza się pole rozproszone. Stacja jednopozycyjna wykorzystuje informację o obiektach pochodzących z jednego wycinka przestrzeni odpowiadającego wielkości charakterystyki aparatury anteny odbiorczej. W systemach wielopozycyjnych wykorzystywana jest informacja z kilku części rozproszonego pola, co pozwala zwiększyć możliwości informacyjne, uodpornić system na zakłócenia. Kompleks złożony z kilku stacji nadawczych i odbiorczych połączonych w jeden radar multistatyczny nazywany jest często siecią radiolokacyjną i posiada szereg zalet:

- odbiorniki sieci radiolokacyjnej są niewidoczne dla samolotów WRE, które oznaczając położenie nadajników i starając się je ominąć, kierują się w rzeczywistości na odbiorniki dostarczając systemowi OP przeciwnika dodatkowych informacji;
- przy wielu współpracujących nadajnikach i odbiornikach uszkodzenie któregoś z nich nie powoduje przerw w pracy tego systemu. Ponadto, systemy te są znacznie odporniejsze na zakłócenia
- rozlokowane urządzenia odbiorcze widzą echa odbitego sygnału od obiektu z różną intensywnością, które po „zsumowaniu” pozwalają określić położenie obiektu;
- radary multistatyczne są o wiele trudniejsze do zniszczenia. Odbiorniki

pracują na tyle dyskretnie, że ich liczba oraz pozycje są praktycznie nieznane przeciwnikowi, natomiast bardziej podatne na zniszczenie nadajniki można zdublować, zmieniając przy tym okresy pracy co utrudni ich lokalizację i namierzanie.

Poza oczywistymi zaletami radary multistatyczne mają niestety także wady. Wykrycie jednego celu tymi urządzeniami jest stosunkowo proste, jednak wykrywanie wielu celów jednocześnie jest dużo trudniejsze. Ponadto nadajniki sieci radiolokacyjnej muszą pracować na bardzo stabilnej częstotliwości i powinna istnieć między nimi doskonała synchronizacja zarówno w czasie jak i w fazie nadawanych przez nie sygnałów sondujących, oraz musi istnieć niezawodna organizacja anten nadawczych i odbiorczych tzw. organizacja w przestrzeni. Wszystko to wymaga zastosowania najnowocześniejszych systemów komputerowych oraz zorganizowania doskonałej sieci łączności, zdolnej do wymiany informacji w czasie rzeczywistym.

Radiolokatory bistatyczne były stosowane do badania powierzchni planet np. powierzchni Księżyca. W Stanach Zjednoczonych od kilkunastu lat jest eksploatowany system multistatyczny "Spasur". Składa się on z sieci stacji nadawczych i odbiorczych, rozmieszczanych względem siebie w odległościach 400 km i więcej. System jest przeznaczony do wykrywania, identyfikacji i katalogowania obiektów kosmicznych. Obiekty znajdujące się w strefie wykrywania są identyfikowane na podstawie pomiarów triangulacyjnych i korelacyjnych dokonywanych w punktach odbiorczych. System ten jest niezwykle efektywny: 99,9% wszystkich obiektów znajdujących się na orbicie było wykrywanych przy pierwszym przejściu przez strefę działania systemu.

**Radary „ciche”** (tzw. radary LPI – Low Probability of Intercept – o niskim prawdopodobieństwie przechwycenia jego promieniowania) tworzą nową jakość w radiolokacji poprzez: niewielką moc szczytową, losowe przestrajanie w szerokim zakresie częstotliwości, kodowanie sygnału wraz z dużym współczynnikiem kompresji, zmianą szerokości i okresów powtarzania nadawanych impulsów oraz bardzo szybkie pseudolosowe zmiany położenia wiązki w przestrzeni przy zachowaniu bardzo niskiego poziomu listków bocznych.

Z uwagi na to, że stacje te dokonują dodatkowo obróbki danych - śledzą cele w czasie przeszukiwania przestrzeni - nazywane są stacjami wielofunkcyjnymi. Zewnętrzną charakterystyczną cechą budowy takich stacji jest antena ścianowa.

Niska moc impulsowa dla tego typu stacji, zmienne parametry sygnału i elastyczność wyboru algorytmów przeszukiwania przestrzeni pozwalają zaliczyć tą stację do klasy trudno wykrywalnych, co utrudnia jej zakłócenie, identyfikację i zniszczenie rakietami przeciwradiolokacyjnymi. Konstrukcja stacji na jednym podwoziu, spełniającym wymagania terenowe, zapewniłaby dużą mobilność i krótki czas przejścia z pozycji transportowej do pozycji pracy.

W założeniach konstrukcyjnych do budowy stacji „cichych” przewiduje się:

- anteny ścianowe umożliwiające pseudolosowe i bardzo szybkie zmiany położenia wiązki w przestrzeni (poprzez elektroniczne sterowanie ich położeniem);
- anteny zapewniające niski poziom listków bocznych;
- nadajniki przystosowane zarówno do zmiany częstotliwości nośnej sygnałów sondujących oraz sposobów ich kodowania jak i do pracy z dużym współczynnikiem wypełnienia (mała wartość mocy szczytowej i względnie duża moc średniej);
- układy obróbki sygnałów i danych pracujące w czasie rzeczywistym, równym okresowi opromieniowania następnego celu, który może być zmienny.

Obecnie tego typu stacje, opracowywane przez różne firmy na świecie. Stacje te pracują z kodowanym sygnałem sondującym w paśmie C (długość fali 5,5 cm) i zapewniają mały błąd średniokwadratowy pomiaru odległości. Szacuje się ich zasięg wykrywania na około 100 km. Przykładem realizacji koncepcji budowy stacji „cichej” jest stacja SCOUT, wyprodukowana przez firmę Thomson CSF. Również i nasz przemysł krajowy prowadzi prace badawcze nad tego typu stacją, a owocem tych prac jest prototypowa stacja BRDA.

#### Podstawowa charakterystyka

Pasma częstotliwości	- C
Zasięg wykrywania	- 120 km

Pułap wykrywania - 12 km

Rozróżnialność w odl. - 150 m

w wysok. - 600 m

Moc promieniowania w impulsie ok. 10 KW



**Rys. 1.11. Stacja BRDA**

**Radiolokacja pasywna** wykorzystuje obce źródła emisji elektromagnetycznej. W konstruowaniu tego typu radarów prowadzi się badania nad kompleksowym wykorzystaniem: odbiorników szerokopasmowych; anten ultra szerokopasmowych; technik szybkiej korelacji wielu szeroko zakresowych sygnałów; szybkiego, wielo i szeroko zakresowego formowania wiązki – niezbędnych do funkcjonowania tego typu systemu. Przewiduje się pracę na bazie sygnałów emitowanych przez nadajniki (przewidywane maksymalne zasięgi): systemu GPS (przewiduje się maksymalną odległość 20000 km pomiędzy źródłem promieniowania o odbiornikiem), telewizyjne (ok. 260 km), radiowych FM (ok. 100 km), telewizji satelitarnej (ok. 100 km), w zakresie częstotliwości od 50 do 800 MHz i ok. 12 GHz.



**Rys. 1.12. Pasywny system bistatyczny**

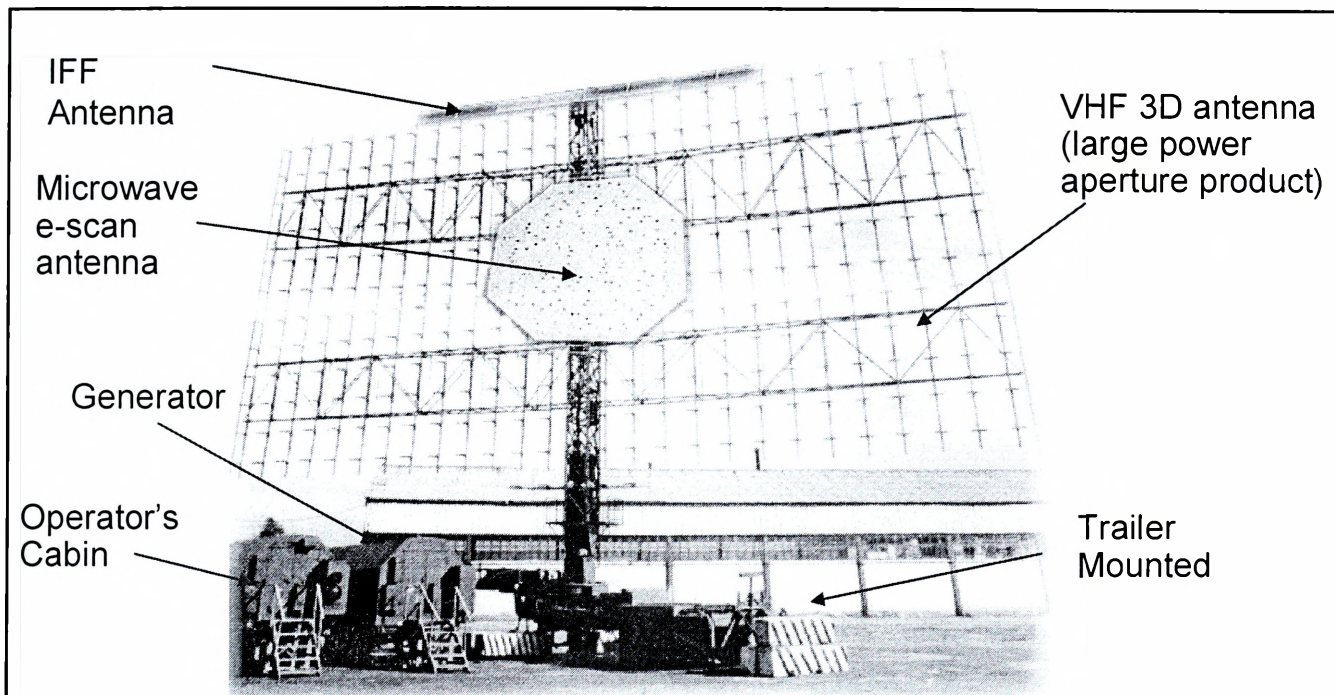
Zalety systemu w stosunku do klasycznych radarów:

- rozszerzona możliwość wykrywania obiektów „niewidzialnych” poprzez wykorzystanie wielopozycyjności nadajników i wykorzystania niskich zakresów częstotliwości;
- odporność na zakłócenia poprzez wieloczęstotliwościowość (diversity);
- zwiększony współczynnik odświeżania zapewniający polepszenie śledzenia;
- rzeczywista praca w każdych warunkach atmosferycznych (unikanie obniżenia zasięgu wykrywania do 40% w warunkach opadów atmosferycznych niektórych radarów);
- ochrona poprzez pasywną pracę przed pociskami przeciwradiolokacyjnymi;
- utrudnienie planowania misji lotniczych przeciwnika przez brak danych o środkach wykrywania systemu OP;
- znikome koszty w porównaniu do klasycznego radaru.

**Radary zakresu milimetrowego** są również obszarem objętym ścisłymi badaniami. Wśród radarów klasycznych naziemnych, te zakresu cm stwarzają największe możliwości wykrywania celów nisko lecących lecz nie zapewniają natychmiastowego rozpoznania celu. Nadzieje takie stwarza radar zakresu mm, który za poprzez porównanie cech rozpoznawczych celu z tymi w bazie danych pozwoli na szybkie i bezbłędne rozpoznanie obiektu. Porównanie dotyczy m.in. widma częstotliwości

dopplerowskiej oraz wymiarów i kształtów charakterystycznych elementów powierzchni.

**Radary dwuczęstotliwościowe** (dual-band) są odmianą klasycznych radarów, stanowią one połączenie radaru zakresu niskich (np. 400MHz) i wysokich (np. 3GHz) częstotliwości. Część funkcjonalna pracująca na niższej częstotliwości zapewnia dobre właściwości wykrywania małych, nisko lecących celów powietrznych wykonanych w technologii stealth (o mocno obniżonej skutecznej powierzchni odbicia) na dużych odległościach, natomiast druga część funkcjonalna pracująca na wyższej częstotliwości pozwala na przejęcie (przy ciągłości śledzenia) obiektu na mniejszej odległości i udokładnienia jego parametrów lotu.



**Rys. 1.13. Koncepcja radaru dwuczęstotliwościowego**

W praktyce oznacza to również podwójne przekrycie co zwiększa prawdopodobieństwo wykrycia celu. Koszty budowy i serwisu tego typu radaru są mniejsze niż w przypadku wykonania dwóch różnych typów, efekt dublowania jest również osiągnięty. Działanie takiego radaru jest zawsze efektywniejsze niż współdziałanie dwóch radarów różnych zakresów, odporność na zakłócenia jest też lepsza. Rozwoju wymagają tu technologie budowy anten, odbiorników, obróbki cyfrowej sygnału i przemiany częstotliwości obrabianych sygnałów.

## 1.2. Systemy rozpoznania elektronicznego sił powietrznych i kierunki ich rozwoju

Współczesne, a należy zakładać, że także perspektywiczne środki napadu powietrznego oraz systemy dowodzenia siłami powietrznymi wykorzystują i prawdopodobnie będą nadal wykorzystywały coraz to szerszy wachlarz środków elektronicznych, o coraz większych możliwościach, by zabezpieczać i realizować swoje zadania. Środki łączności radiowej dowodzenia siłami powietrznymi, tak w powietrzu, jak i na ziemi, pokładowe środki rozpoznania i przeciwdziałania elektronicznego wykorzystują coraz szerszy zakres widma fal elektromagnetycznych oraz coraz nowsze rodzaje emisji. W zakresie emisji łączności radiowej takim wyzwaniem stojącym przed systemami rozpoznania elektronicznego są emisje szerokopasmowe ze skokową zmianą częstotliwości FH oraz emisje poniżej poziomu szumów.

We współczesnych systemach rozpoznania elektronicznego nie ma jeszcze urządzeń, które spełniłyby wszystkie ww. wymagania, choć wiele już w tym kierunku zrobiono.

Biorąc powyższe pod uwagę, należy sądzić, że dalszy rozwój środków rozpoznania elektronicznego powinien być ukierunkowany na:

- opanowanie całego zakresu częstotliwości wykorzystywanego widma elektromagnetycznego.
- zautomatyzowanie wszystkich procesów rozpoznania elektronicznego i archiwizacji informacji. Automatyzacja dotyczy stałego wyszukiwania emisji i rejestrowania ich parametrów, ciągłego pomiaru miejsca rozmieszczenia źródła promieniowania energii elektromagnetycznej oraz przechwytywania pracujących emisji. Automatyzacja prowadzi bowiem do skracania czasu uzyskiwania informacji o wszystkich pracujących środkach elektronicznych, ograniczając subiektywność człowieka w pomiarach.
- rozpoznawanie wszystkich rodzajów emisji stosowanych w urządzeniach elektronicznych. W przestrzeni elektromagnetycznej pojawia się coraz więcej nowych emisji trudno rozpoznawalnych.

Wartość urządzeń rozpoznawczych będzie zależeć od możliwości przechwytywania wszystkich rodzajów emisji. Rozwój powinien zmierzać w kierunku urządzeń

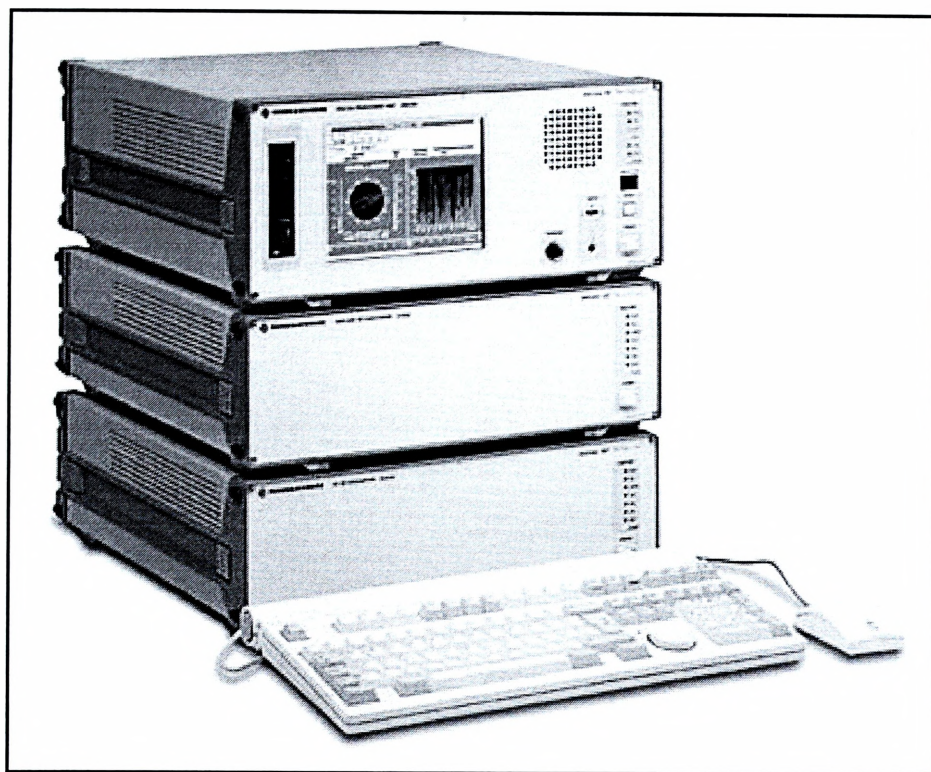
uniwersalnych, które mogą wszystko przechwytywać i wydzielać poszczególne emisje w zależności od ich charakteru.

- uzyskanie wysokiej dokładności mierzonych parametrów.
- zwiększenie przestrzeni rozpoznania, stosownie do potrzeb.
- zwiększenie dostępności do zdobytych informacji poprzez ich włączenie w ogólnodostępną sieć baz danych.

Współcześnie w naziemnych systemach rozpoznania elektronicznego sił powietrznych wyróżnia się głównie urządzenia rozpoznania radiowego (nasłuchu i namierzania radiowego) oraz urządzenia rozpoznania pokładowych (zamontowanych na pokładach załogowych i bezzałogowych obiektów powietrznych) systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych.

Większość współczesnych urządzeń rozpoznania radiowego sił powietrznych może prowadzić rozpoznanie relacji łączności radiowej w paśmie od 100 KHz do 1 GHz, to jest w zakresie fal HF, VHF i UHF. Prototypowe systemy tego rodzaju rozpoznania przodujących firm produkujących sprzęt elektroniczny, takich jak CUBIC, THALES czy ROHDE&SCHWARZ mają znacznie większe możliwości. Mogą prowadzić rozpoznanie w zakresie fal od 10 KHz do 3GHz. Mogą też rozpoznawać telefonię komórkową, w tym najnowszej generacji UMTS, łączność satelitarną oraz Internet. Firma ROHDE&SCHWARZ od lat specjalizuje się w produkcji systemów rozpoznania radiowego. Jej odbiorniki i namierniki radiowe są w wyposażeniu jednostek rozpoznania wielu państw, w tym i Polski.

Prototypowym urządzeniem oferowanym przez tą firmę jest namiernik radiowy R&S DDF0xM HF/VHF/UHF z cyfrową obróbką sygnałów (filtrowania i demodulacji). Dzięki temu jest możliwa do osiągnięcia wysoka szybkość skanowania dla najbardziej popularnych systemów (metod) transmisji radiowych oraz transmisji wykorzystującej skokową zmianę częstotliwości (FH). Namiernik ten ma możliwość określenia azymutu i odległości do namierzanej radiostacji (SSL – singel stadion lokator).



**Rys. 1.14. Namiernik R&S DDF0xM**

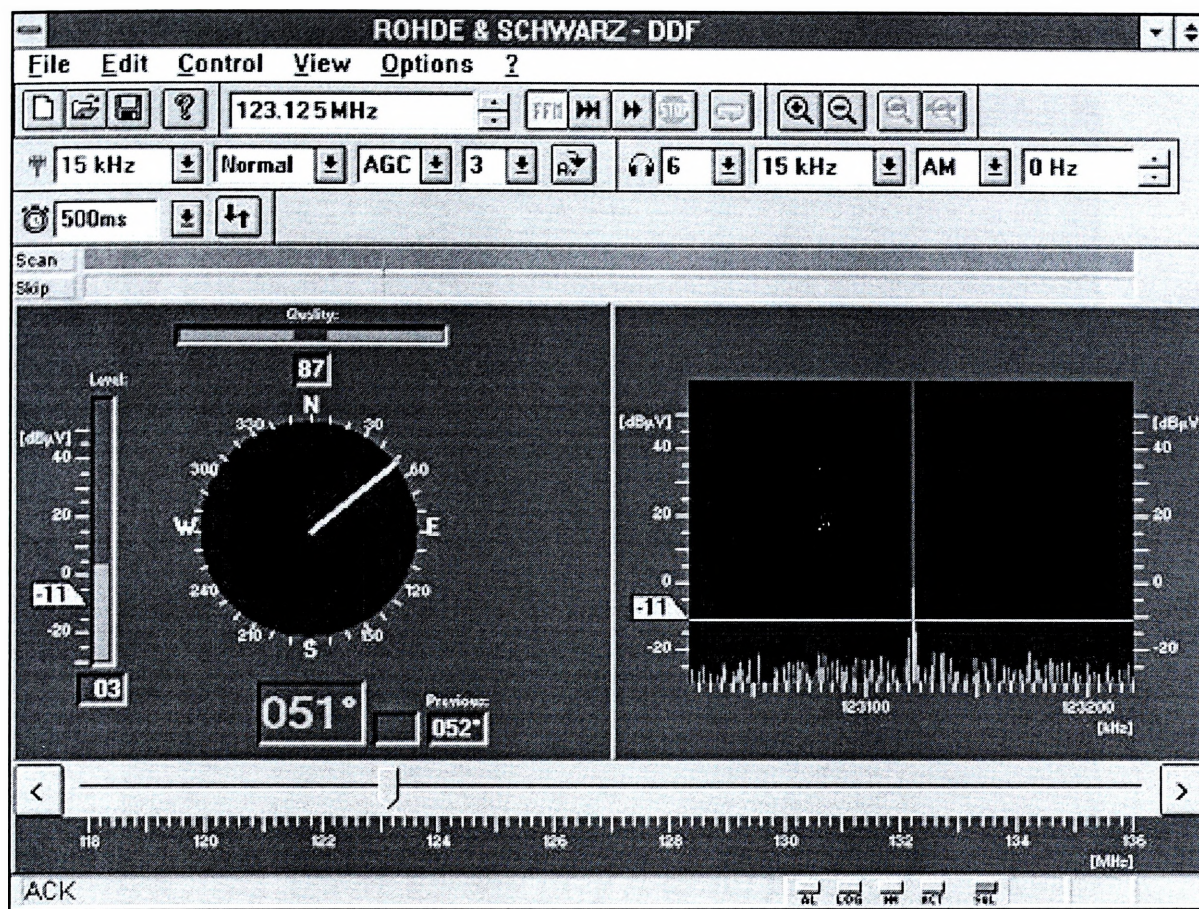
R&S DDF 0xM występuje w trzech wersjach

1. HF: R&S DDF01M (0.3Mhz-30Mhz)
2. VHF/UHF: R&S DDF05M (20Mhz-1300/3000Mhz)
3. HF/VHF/UHF: R&S DDF06M (0.3Mhz-1300/3000Mhz)

Każda wersja składa się z jednostki konwertera cyfrowego (HF lub VHF/UHF) oraz komputera. Dodatkowo są wymagane jeden lub kilka systemów antenowych.

Jednostka konwertera cyfrowego R&S EH010 pracuje w zakresie częstotliwości od 0.1Mhz do 30Mhz, VHF/UHF konwerter R&S ET050 posiada zakres częstotliwości od 20Mhz do 1300Mhz. Kolejna wersja konwertera R&S ET070 (1.3Ghz-3Ghz) jest sprzęgnięta z konwerterem ET050 rozszerza zakres do 3Ghz. Komputer R&S EBD 060 posiada dwa IF wejścia, które pozwalają na podłączenie dwóch konwerterów (RS EH010 i R&S ET050) jednocześnie.

W celu dokonania namiaru sygnał napięcia z pola antenowego jest podawany do konwertera cyfrowego następnie wartość napięcia jest zmieniana w sygnał cyfrowy. Wyniki są szacowane (przeliczone) przez algorytm matematyczny i wyświetlane na ekranie monitora.



**Rys. 1.15. Widok ekranu przy rodzaju pracy „stała częstotliwość”**

Każdy namiernik cyfrowy jest wyposażony z w oprogramowanie (R&SDDFMMI), które tworzy interfejs użytkownika pod systemem Windows NT. Kształt interfejsu jest generowany w trybie okienek dla łatwego ustawienia parametrów za pomocą myszki lub pop-up menu. W programie są dostępne następujące funkcje:

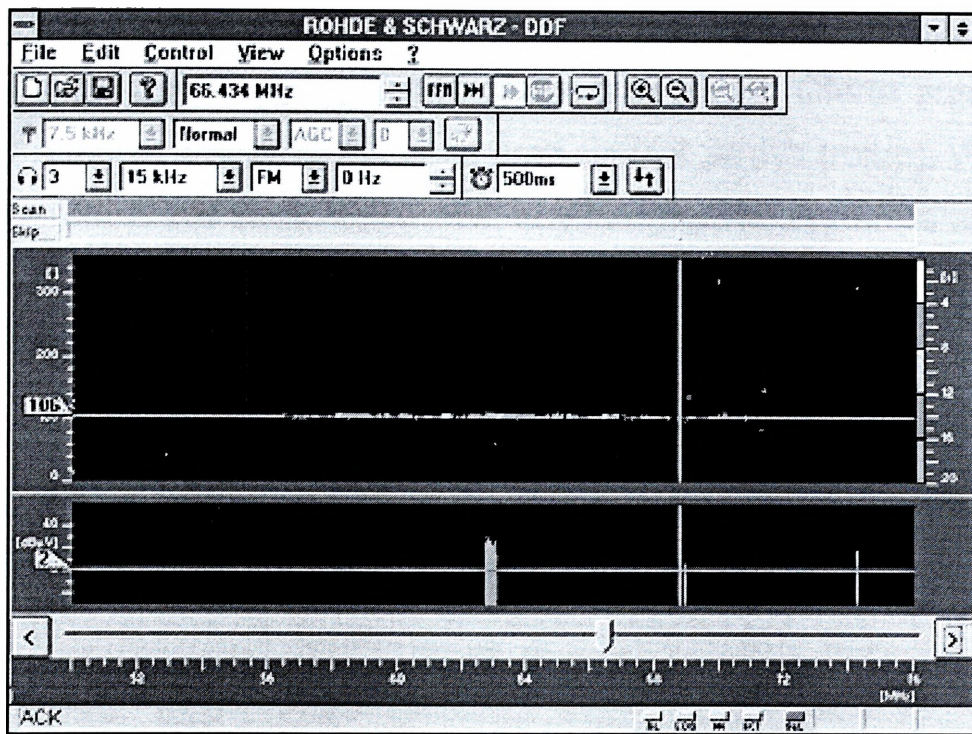
W rodzaju pracy „stała częstotliwość”:

- diagram kompasu (dodatkowo elipsa jeśli jest używana analiza Watson-Watt);
- kąt elewacji sygnału;
- poziom sygnału w funkcji częstotliwości w zakresie +/- 100 KHz (HF +/- 12.5 KHz);
- kierunek w funkcji czasu ( histogram i wodospad).

W rodzaju pracy „skanowanie”

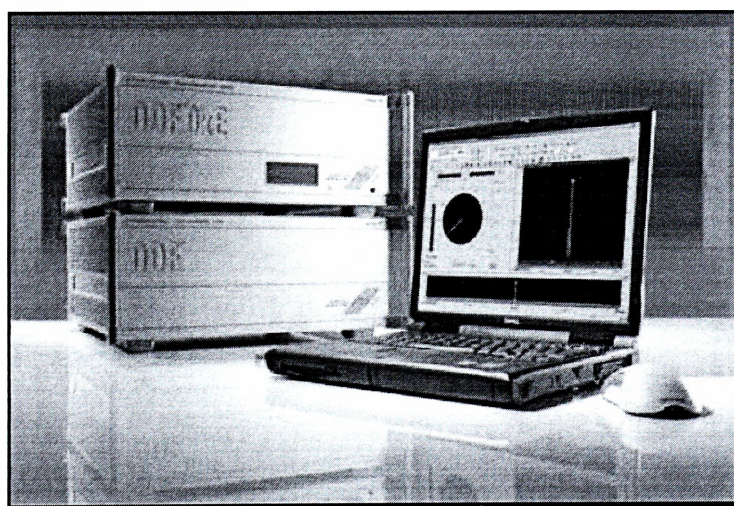
- amplituda i kierunek w funkcji częstotliwości;
- kierunki namiaru;

- częstotliwość w funkcji czasu (wodospad).



**Rys. 1.16. Widok ekranu przy rodzaju pracy "skanowanie"**

Urządzenie posiada dodatkowe funkcje ułatwiające określenie namiaru takie jak : powiększenie, funkcja powtarzania oraz nagrywania, ponadto bibliotekę ze zdefiniowanymi zakresami częstotliwości oraz opcje zdalnego sterowania namiernika, kierowania odbiornikiem namiernika, a także funkcję menadżera znajdowania pojedynczej stacji.

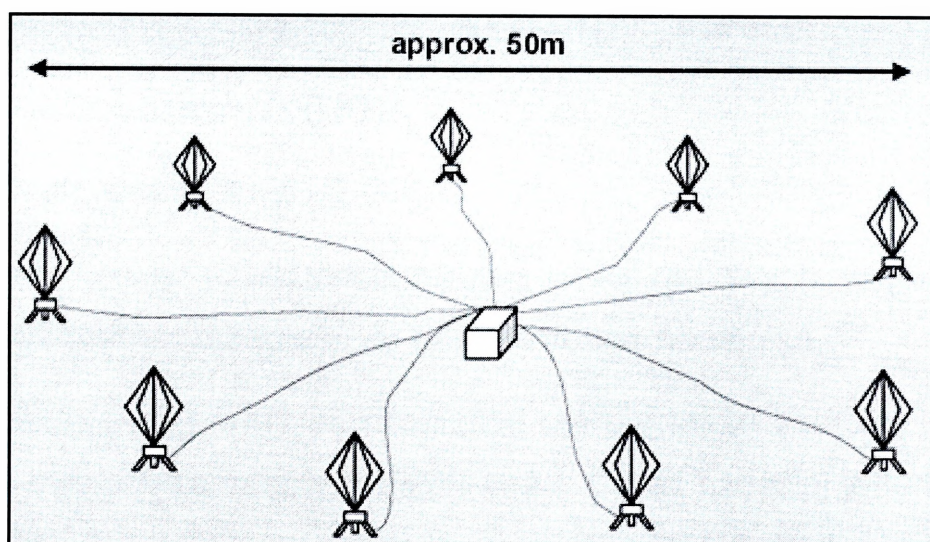


**Rys. 1.17. Najnowsza wersja namiernika R&S DDF0xE**

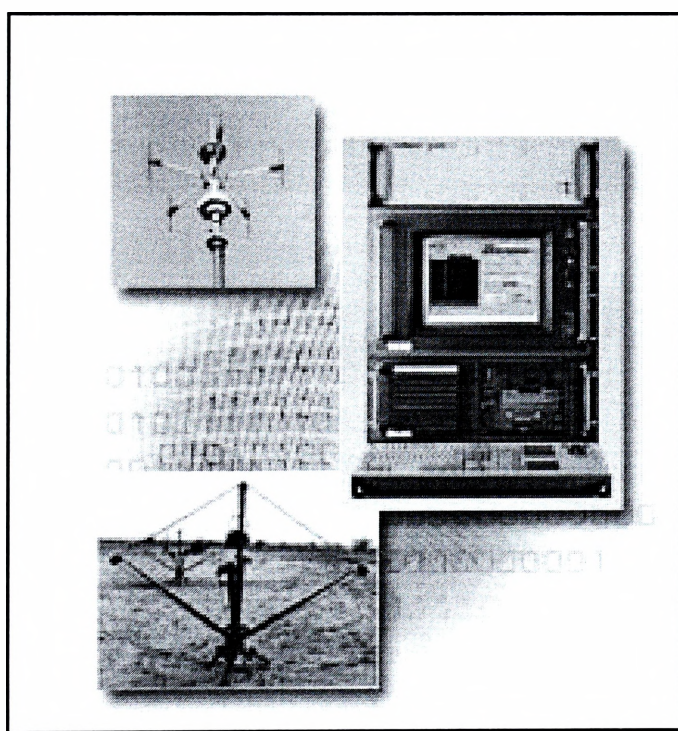
Komputer R&S EBD 060 jest opcjonalnie wyposażony kolorowy wyświetlacz LCD z rozdzielczością 640x480 pixeli. Komputer i wyświetlacz są zbudowane w technice niskiej radiacji co pozwala uniknąć promieniowania i zjawiska niekompatybilności elektromagnetycznej. Jest to szczególnie ważne dla systemów zbudowa-

nych na pojazdach oraz w bunkrach zwłaszcza, gdy pole antenowe znajduje się blisko wyposażenia radionamiernika.

Dla radionamiernika są dostępne różne typy anten. Oferta anten składa się z anteny typu Adcock, skrzyżowana pętla oraz circular arrays (romb). Wszystkie systemy antenowe oferują funkcję kodowania, aby informować system o algorytmie (korelacyjny albo Watson-Watt) w jaki namiernik powinien być ustawiony.



**Rys. 1.18. System antenowy**



**Rys. 1.19. Zestaw namiernika TRC 6100**

Namierniki o prawie identycznych możliwościach oferuje również firma THALES. Są to namierniki TRC 6100 występujące w dwóch wersjach KF i UKF. Namierniki te charakteryzują się następującymi parametrami:

Wersja KF:

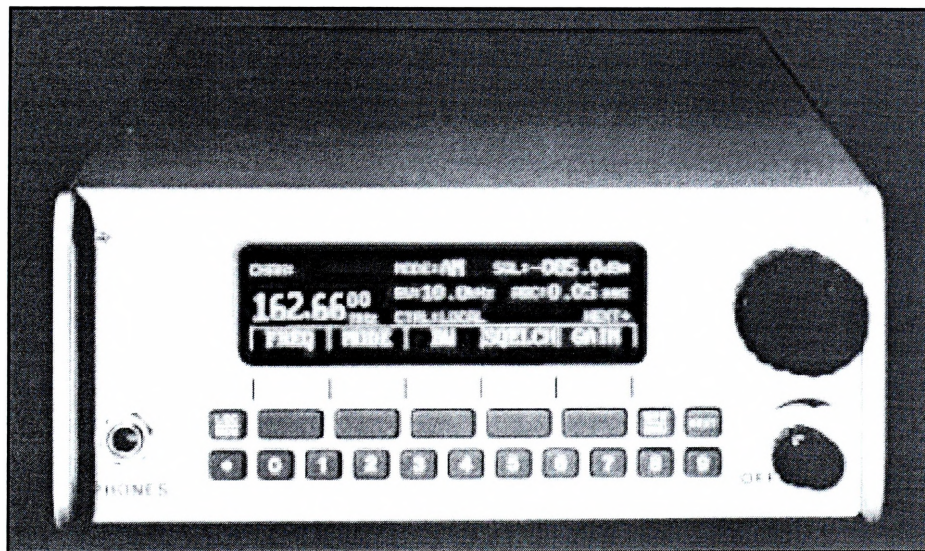
- zakresach częstotliwości - 0.5 - 30 MHz;
- szerokość pasma - 300Hz/20 KHz;
- prędkość skanowania - 40 MHz/s.

Wersja UKF:

- zakresach częstotliwości - 20 - 3000 MHz;
- szerokość pasma - 300 KHz;
- prędkość skanowania - 2 GHz/s.

Mogą one namierzać wszystkie rodzaje emisji radiowych, włącznie z emisjami FH oraz określać azymut odległość do namierzanego nadajnika.

Wymienione wyżej firmy elektroniczne oferują także szeroką gamę odbiorników radiowych różnych zakresów częstotliwości. Coraz częściej jeden odbiornik może pracować w bardzo szerokim zakresie częstotliwości HF, VHF i UHF. Przykładem takiego rozwiązania jest odbiornik CDR 3580 amerykańskiej firmy CUBIC.

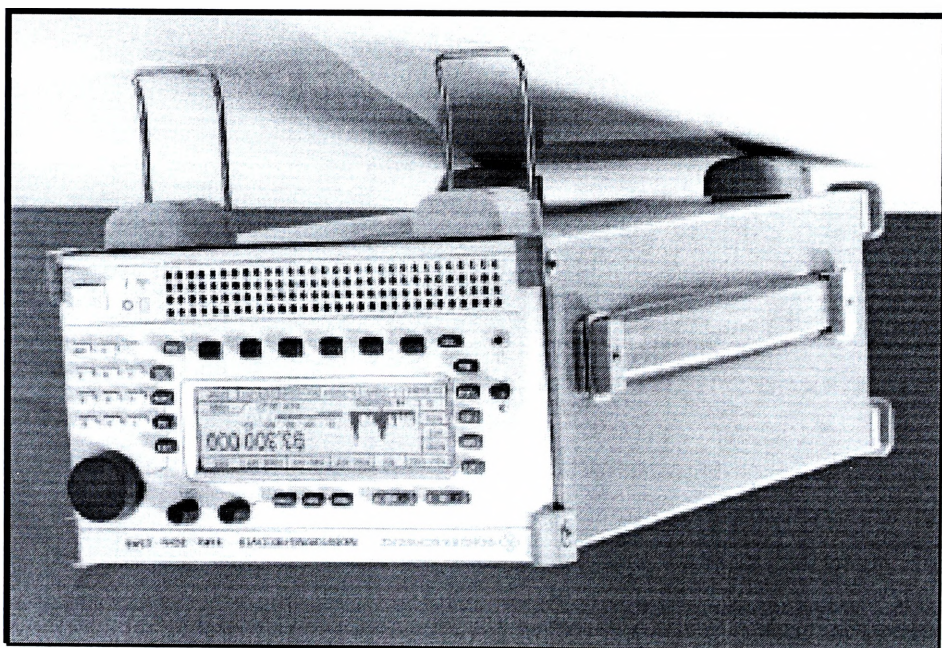


**Rys. 1.20. Odbiornik radiowy CDR 3580**

Pracuje on w zakresie od 20 do 1200 MHz. Jego pozostałe parametry techniczne to:

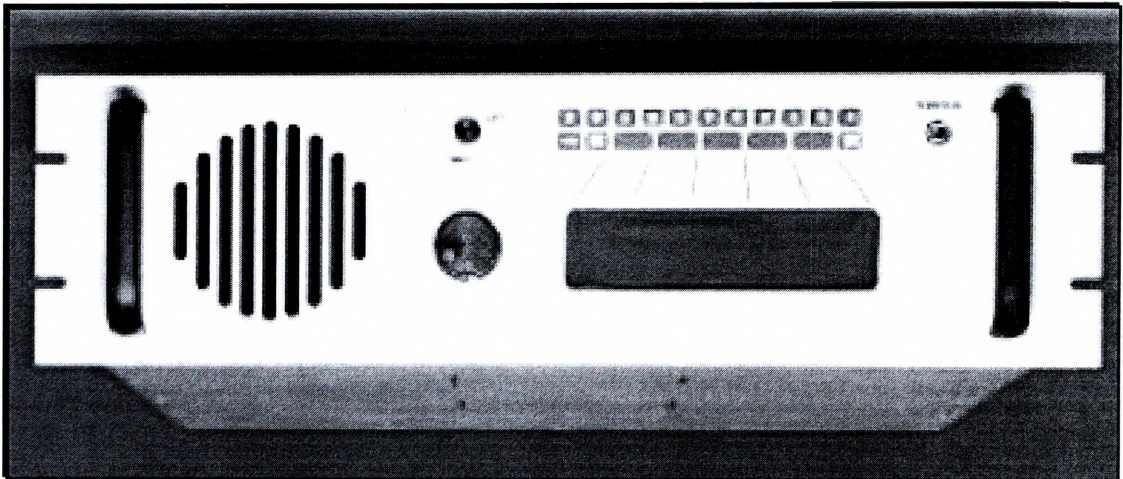
- dokładność dostrojenia – 10 Hz;
- odbierane emisje radiowe - LSB, USB, CW, AM, FM;
- programowanie: 250 kanałów zapisanych w pamięci;

- prędkość przeszukiwania kanałów: do 100 kanałów na sekundę.



**Rys. 1.21. Odbiornik R&S ESMB**

Podobne urządzenie, ale o większym zakresie częstotliwości (9 KHz – 3 GHz) oferuje firma Rohde&SCHWARZ. Jest to odbiornik monitorujący R&S ESMB, który może współpracować z komputerem i programem służącym do analizy rozpoznawania widma częstotliwości.

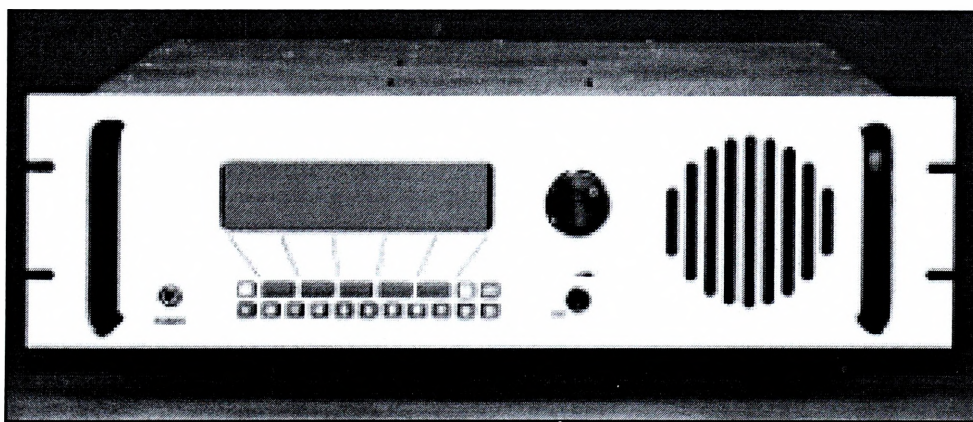


**Rys. 1.22. Odbiornik radiowy LRC 2400**

Kolejny odbiornik tej firmy z cyfrową obróbką sygnału - LRC 2400 charakteryzuje się następującymi parametrami technicznymi:

- Zakres częstotliwości: 10 kHz-30 MHz;
- Dokładność dostrojenia: 1 Hz;
- Stabłość wewnętrznej częstotliwości odniesienia:  $\pm 1$  ppm/°C;

- Odbierane emisje radiowe: LSB, USB, ISB, CW, AM, FM, PM, FSK;
- Programowanie: 250 kanałów zapisanych w pamięci;
- Skanowanie: do 250 kanałów;
- Prędkość przeszukiwania kanałów: do 100 kanałów na sekundę;
- Regulacja progów: 112 dBm – 0 dBm;
- Impedancja wejściowa: 50  $\Omega$ ;
- Czulość przy SINAD 10 dB:
  - AM – min. –105 dBm;
  - FM – min. –98 dBm;
  - CW – min. –122 dBm;
  - SSB – min. –113 dBm;
- Częstotliwości pośrednie:
  - I – 40.456 MHz;
  - II – 456 kHz;
  - III – 24 kHz;
- Szerokość pasma przepuszczania: 100 Hz – 16 kHz;
- Zasilanie 90-260 V AC, 47-440 Hz, 50 W;
- Wymiary: 48,2/13,3/53,67 cm;
- Waga: około 7 kg.



**Rys 1.23. Odbiornik radiowy LRC 3400**

Odbiornik LCR 3400 tej samej firmy jest urządzeniem wielofunkcyjnym pracującym w zakresie częstotliwości od 20 do 3200 MHz. Sterowanie odbiornikiem odbywa się poprzez 19 przyciskową klawiaturę oraz pokrętkę regulacyjną. LCR-3400 posiada panel fluorescencyjnego wyświetlacza, który udostępnia informacje dotyczące: numeru kanału, częstotliwości, wzmocnienia, zakresu częstotliwości, trybu sterowania. Sterowanie odbiornikiem może odbywać się zarówno poprzez klawiaturę, jak również zdalnie poprzez szynę interfejsu RS-232 lub RS-422.

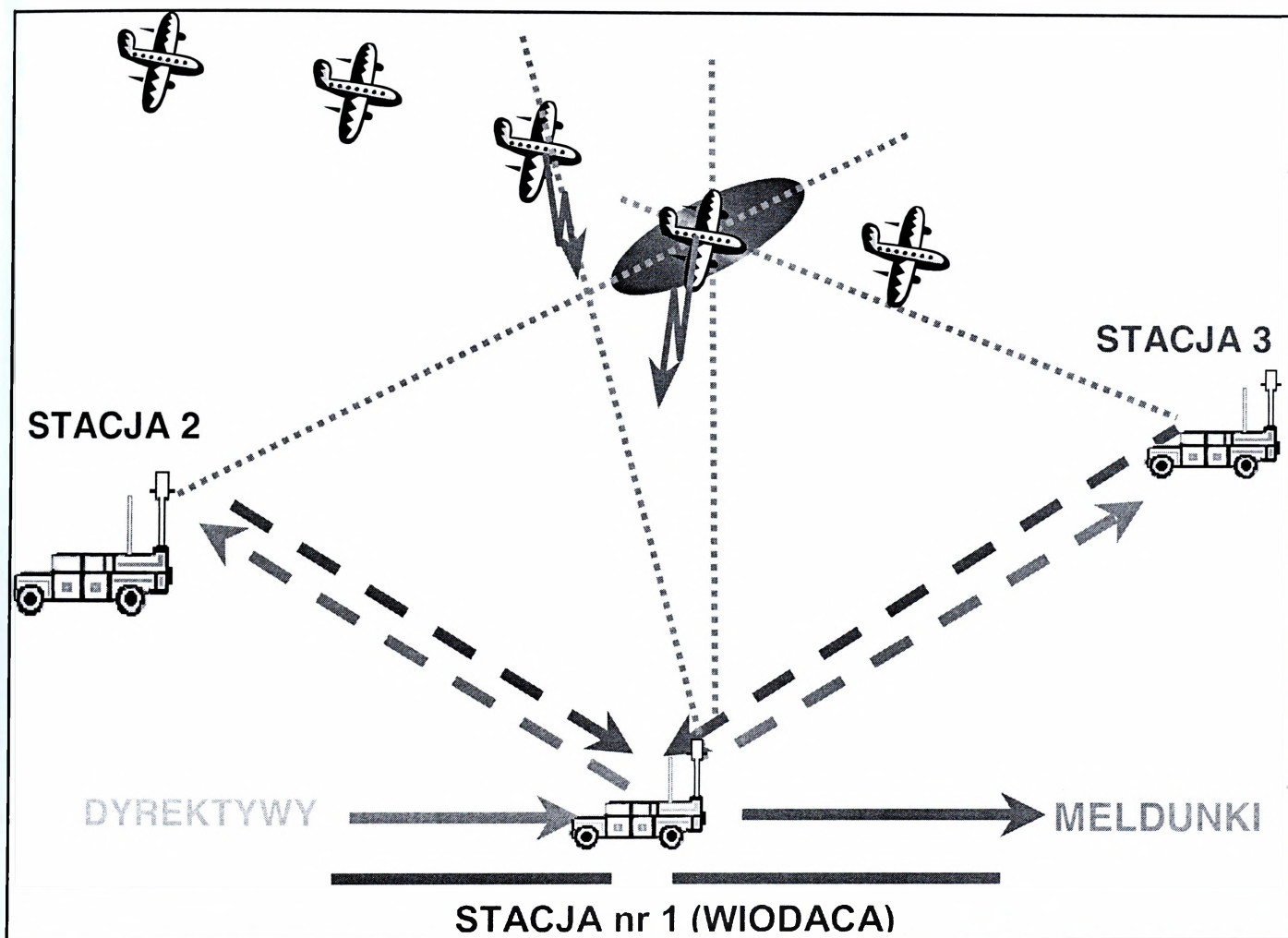
Szczegółowe dane techniczne:

- Zakres częstotliwości: 20 MHz-3 GHz;
- Dokładność dostrojenia: 10 Hz;
- Stabilność wewnętrznej częstotliwości odniesienia:  $\pm 0,1$  ppm/°C;
- Odbierane emisje radiowe: LSB, USB, SSB, CW, AM, FM, PM;
- Programowanie: 250 kanałów zapisanych w pamięci;
- Skanowanie: do 250 kanałów;
- Prędkość przeszukiwania kanałów: do 100 kanałów na sekundę;
- Regulacja progu: co 1 dB;
- Impedancja wejściowa: 50  $\Omega$ ;
- Czulość przy SINAD 10 dB:
  - AM – min. -91 dBm;
  - FM – min. -94 dBm;
  - SSB – min. -111 dBm;
  - PM – min. -102 dBm;
- Częstotliwości pośrednie:
  - I – 1621,4 MHz;
  - II – 21,4 MHz;
  - III – 1,4 MHz;
- Zasilanie: 90-260 V AC, 47-440 Hz, 86 W;
- Wymiary: 48,3/13,3/54,91 cm;

- Waga: około 7,2 kg.

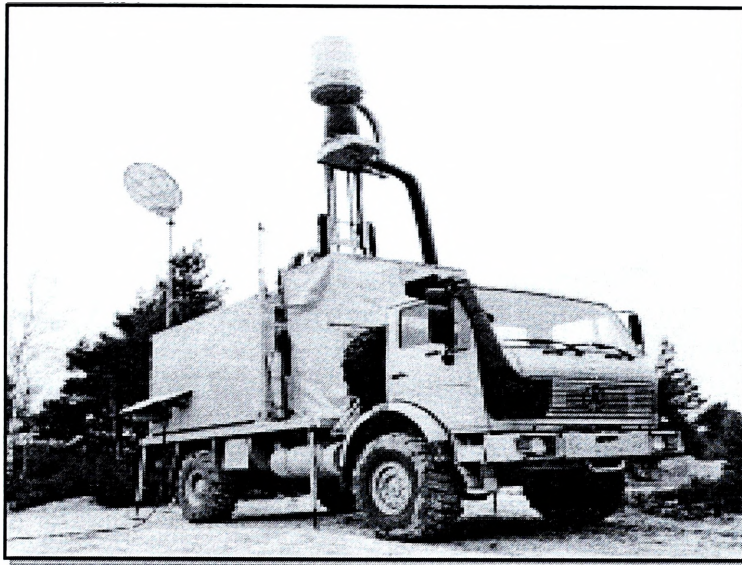
Informacje przekazywane w sieciach radiowych dowodzenia lotnictwem są coraz częściej kodowane. Jedynie w relacjach ziemia-samolot-ziemia są one przekazywane otwartym tekstem. Dlatego z urządzeniami odbiorczymi muszą być sprzężone dekodery. Jednym z proponowanych rozwiązań w tym zakresie jest dekodery sprzętowy TRC 641 wraz z dekodery programowy LG 105 firmy THALES.

Dekoder sprzętowy TRC 641 pracuje w zakresie częstotliwości od 300 Hz do 3 GHz. W czasie realnym analizuje i dokonuje pomiaru parametrów odbieranych sygnałów oraz rozpoznaje kod i dekoduje sygnały analogowe i cyfrowe. Współpracuje z programem LC 105, a uzyskane wyniki zobrazowywane są na ekranie monitora.



**Rys. 1.24. Idea funkcjonowania systemu stacji GUNICA**

W zakresie rozpoznania pracy pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych najnowszym rozwiązaniem będzie za kilka lat opracowywana w polskich zakładach elektronicznych stacja GUNICA. Jest to urządzenie, które w swej istocie zbliżone jest do osławionej TAMARY produkcji czeskiej.



**Rys. 1.25. Stacja GUNICA (wizja)**

Stacja rozpoznania GUNICA ma być przeznaczona dla pododdziałów rozpoznania elektronicznego Sił Powietrznych RP. Stacja służy do zautomatyzowanego rozpoznawania pokładowych stacji i systemów radiolokacyjnych SP oraz innych urządzeń generujących sygnały nie-komunikacyjne. Zgodnie z wymaganiami, jakie zostały określone przez dowództwo SP RP, stacja powinna pracować w sposób zautomatyzowany, realizując zadania bojowe samodzielnie lub w zestawie 2-3 stacji (praca systemowa). Stacja powinna zapewniać:

- wykrywanie sygnałów generowanych przez: urządzenia i systemy radiolokacyjne SP oraz platformy naziemne/morskie, transpondery SIF/IFF, interogatory TACAN/RSBN, DME oraz źródła zakłóceń w zakresie częstotliwości od 0,5 do 18 GHz z możliwością rozszerzenia do 40 GHz;
- pomiar parametrów wykrytych sygnałów oraz przetwarzanie danych pomiarowych;
- identyfikację typu emisji, przechwytywanie informacji (SIF/IFF) oraz rozpoznawanie radarowych źródeł emisji;
- określanie namiarów na źródło elektroniczne (ZE);
- lokalizację źródła elektronicznego - w przypadku synchronicznej pracy systemowej zestawu stacji na podstawie namiarów ZE i/lub różnic odległości do ZE pomierzonych przez te stacje;
- archiwizację zgromadzonych danych rozpoznawczych oraz rejestrację zbiorów danych pomiarowych w celu analizy i rozpoznania sygnałów.

Rozwiązania techniczne stacji GUNICA powinny zapewniać jej pracę na stacjonarnych lub manewrowych posterunkach i umożliwić uzyskanie następujących parametrów taktycznych:

a) w zakresie wykrywania sygnałów:

- wykrywanie sygnałów generowanych w paśmie  $0,5 \div 18$  GHz z możliwością rozszerzenia do 40 GHz przez: urządzenia i systemy radiolokacyjne SP oraz platformy naziemne/morskie, a ponadto transpondery SIF/IFF, interrogatory TACAN/RSBN, DME oraz generatory zakłóceń;
- wykrycia sygnałów od celów lecących na wysokości 100 m. z odległości nie mniejszej niż 55 km;
- wykres pokrycia powinien zapewniać wykrywanie ZE znajdujących się ponad horyzontem radiolokacyjnym, na wysokościach do 30 km, przy stożku martwym nie większym niż  $45^\circ$  a zasięgiem instrumentalnym wykrywania ZE o mocy w impulsie  $>10$  kW, nie powinien być mniejszy od 450 km w zależności od podzakresu.

b) w zakresie rozpoznawania sygnałów i ZE:

- rozpoznawanie wykrytych sygnałów radarów lotniczych, naziemnych i morskich oraz urządzeń radioelektronicznych SP;
- rozpoznawanie typów i rodzajów pracy ZE oraz określanie typów SP na podstawie struktury i parametrów odbieranych sygnałów (emisji);
- rozpoznawanie typu i określanie podstawowych parametrów wykrytych zakłóceń.

c) w zakresie śledzenia obiektów:

- rozwiązania techniczne stacji GUNICA oraz zasada współpracy z innymi stacjami tego typu powinny umożliwiać jednoczesne śledzenie do 20 obiektów z kołowym błędem rms nie większym niż 5% odległości do śledzonego obiektu;
- stacja powinna zapewnić jednoczesne rozpoznanie 32 obiektów powietrznych o których informacja jest dostarczana z systemu radiolokacyjnego.

W zakresie gromadzenia danych o sygnałach radiolokacyjnych rozwiązania techniczne stacji GUNICA powinny zapewniać gromadzenie danych rozpoznawczych oraz rejestrację zbiorów danych pomiarowych w celu analizy i rozpoznania sygnałów (na życzenie operatora).

W zakresie parametrów eksploatacyjnych rozwiązania techniczne stacji GUNICA powinny zapewniać:

- pracę z sieci przemysłowej oraz z własnych agregatów;
- mobilność (umieszczona na nadwoziu kołowym);
- zwinięcie i rozwinięcie na stanowisku w czasie nie dłuższym od 10 minut, a czas awaryjnego opuszczenia stanowiska (na odległość 100m.) powinien być nie dłuższy od 5 minut;
- automatyczne przywiązanie do terenu z błędem nie większym od 100 m.

Rozwiązania techniczne stacji GUNICA powinny zapewniać współpracę z systemem DUNAJ lub podsystemem kierowania zestawem stacji GUNICA (PKZS - GUNICA) stanowiącym obiekt systemu kierowania rozpoznaniem.

### **1.3. Systemy rozpoznania optoelektronicznego sił powietrznych i kierunki ich rozwoju**

Perspektywiczne, naziemne systemy rozpoznania optoelektronicznego to przede wszystkim urządzenia wykorzystujące promieniowanie laserów. Historia techniki lokacji z użyciem promieniowania laserowego jest tylko o niecały rok młodszą od daty uruchomienia w 1960 r., pierwszego lasera. Jej pierwszym owocem był dalmierz laserowy zbudowany w 1961 r. Do pomiaru odległości, wykorzystano znaną wcześniej klasyczną metodę pomiaru zwaną 'metodą czasową', polegającą na pomiarze czasu propagacji impulsu światła od nadajnika do odbiornika i z powrotem. Metoda ta bardzo często w literaturze nazywana jest również „metodą radarową”, bazującą na stałości prędkości propagacji fali elektromagnetycznej. Od wielu lat, technika lokacji obiektów wykorzystywała i nadal wykorzystuje radary mikrofalowe oraz pasywne systemy optyczne - kamery telewizyjne i termowizyjne. Pasywne systemy optyczne nie dostarczają informacji o odległości do obiektu i jego prędkości, a precyzyjne pomiary współrzędnych przestrzennych i prędkości obiektów za pomo-

ca radarów mikrofalowych są mimo wszystko ograniczone. Radar laserowy (lidar) pozwala rozszerzyć możliwości klasycznego radaru mikrofalowego. Łączy on w sobie zalety radaru konwencjonalnego i zobrazowania wizyjnego. Za pomocą radaru laserowego można uzyskać dokładniejsze pomiary odległości, prędkości i kierunku ruchu obiektu, a ponadto uzyskać jego obraz. Możliwość jednoczesnego otrzymania wymienionych powyżej parametrów jest bardzo istotną zaletą radaru laserowego, tym bardziej, że wyniki uzyskuje się w czasie rzeczywistym wykorzystując współczesne, szybkie techniki obróbki danych. Wymienione w skrócie zalety radaru laserowego zdecydowały o jego zastosowaniu w technice wojskowej do wykrywania i wskazywania, określania odległości do obiektu i jego prędkości, śledzenia, rozpoznania, a w końcowym etapie do identyfikacji celu. Laser udokładnił zdolności pomiarowe radarów optycznych w stosunku do klasycznych radarów mikrofalowych.

Radar laserowy jest urządzeniem, które mimo iż wykorzystuje promieniowanie z obszaru optycznego widma fal promieniowania elektromagnetycznego, jest podobne do konwencjonalnych urządzeń tego typu - radarów mikrofalowych. Występujące natomiast między nimi różnice są jednak istotne. Podobnie jak w nomenklaturze radarów konwencjonalnych, radary laserowe można pogrupować w zależności od: rodzaju wykonywanego pomiaru, techniki detekcji, techniki modulacji i demodulacji, typu lasera lub użytej długości fali, wykonywanego zadania, lub typu zbierania i obróbki danych. Urządzenia te można ponadto sklasyfikować jako monostatyczne, bistatyczne lub wielostatyczne w zależności od tego czy radar laserowy używa tej samej optyki do nadawania i odbioru sygnału echa czy też stosuje oddzielne układy optyczne, usytuowane w różnych miejscach. Niektóre z tych klasyfikacji radarów laserowych przedstawiono w tabeli 1.1, a wybrane parametry w tabeli 1.2.

Można powiedzieć, że intensywny rozwój środków przeciwdziałania i zakłócania systemów radiotechnicznych zmierza do opracowywania nowych sposobów lokacji<sup>1</sup> wykorzystujących np. środki lub systemy lokacyjne pracujące w optycznym przedziale długości fal elektromagnetycznych, czyli radary laserowe. Dla radarów laserowych przewiduje się te same, typowo wojskowe zastosowania co i dla radaru konwencjonalnego, a mianowicie: kontroli rejonu; zbierania danych o obiektach ze śledzeniem obiektów włącznie; nawigacji. Radar mikrofalowy wykonuje dostatecznie

---

<sup>1</sup> Lokacja - wykrywanie i wyznaczanie położenia lub prędkości ruchu obiektów w przestrzeni, stosowane w nawigacji i technice wojskowej. Wg słownika języka polskiego - WN PWN Warszawa 1992.

dużą ilość zadań, pracując w każdych warunkach meteorologicznych. Radar laserowy natomiast, skupia się na zadaniach, których konwencjonalny radar nie jest w stanie wykonać. Te zadania, to w/w, a ponadto dostarcza informacji z dużo większej odległości i z dużo większą precyzją oraz z bardzo dokładną aktualizacją danych nawigacyjnych. Ponadto dostarcza zobrazenia obiektów z dużą rozdzielczością. Najbardziej udanym zastosowaniem wojskowych radarów laserowych była pomoc w nawigacji, szczególnie w zakresie pomiarów szybkości. Szybkościomierze laserowe mogą zapewnić bardzo dokładne aktualizowanie prędkości obiektu.

Tabela 1.1

### *Typy radarów laserowych*

<b>Długość fali</b>	<b>Wykonywane funkcje</b>
10,59 $\mu$ s	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ śledzenie obiektów;</li> <li>▪ wskazywanie poruszających się obiektów;</li> <li>▪ prędkościomierz;</li> <li>▪ detekowanie frontów podmuchu wiatrów - frontów burzowych;</li> <li>▪ rozpoznawanie i identyfikacja obiektów;</li> <li>▪ obrazowanie.</li> </ul>
3,04 $\mu$ s	
2,09 $\mu$ s	
1,54 $\mu$ s	
1,06 $\mu$ s	
0,8-0,9 $\mu$ s	
0,63 $\mu$ s	
0,53 $\mu$ s	

Tabela 1.2

### *Parametry*

<b>Parametry</b>	<b>Taktyczny</b>	<b>Strategiczny</b>
Zasięg maksymalny	3-5 km	1000 km
Dokładność pomiaru:		
• zasięgu;	< 25 cm	1 cm
• prędkości;	< 5 cm/sek.	< 0,1 cm/sek.
• kąta.	< 50 $\mu$ rad	< 10 $\mu$ rad

W ostatnich latach największe osiągnięcia, uzyskano w dziedzinie konstrukcji radarów laserowych dalekiego zasięgu i zobrazeniu o dużej rozdzielczości. Ostatnio firma MIT/LL, opracowała radar z laserem o możliwości podwajania częstotliwości, który w ostatnich seriach eksperymentów również wykazał precyzyjne śledzenie rakiet i satelitów. Przyszłe prace nad radarami laserowymi prawdopodobnie będą

obejmowały potrzeby dotyczące nowych i wyłaniających się zastosowań wojskowych przez rozwijanie nowych źródeł nadajników oraz nowe rozwiązania w celu zmniejszenia kosztów, rozmiarów i wagi stosowanych radarów laserowych.

#### 1.4. Wnioski

Obecne i przyszłe zagrożenia powietrzne determinują rozwój systemów rozpoznania sił powietrznych. Oprócz klasycznych, trudno wykrywalnych środków napa-  
du powietrznego pojawiają się nowe zagrożenia z powietrza, takie jak: skrzydlate pociski raketowe, taktyczne raketowe pociski balistyczne, bezzałogowe statki powietrzne (samoloty i śmigłowce), czy obiekty typu RENEGATE. Niezbędny jest ciągły rozwój systemów rozpoznania, aby możliwe było wykrywanie wszystkich tych obiektów w całym zakresie prędkości i wysokości lotu.

Funkcjonujące obecnie naziemne systemy rozpoznania sił powietrznych są ciągle udoskonalane i modernizowane oraz wprowadzane są nowe urządzenia, które wyznaczają nowe standardy oraz kierunki rozwoju tych systemów.

Przeprowadzone badania wskazują, że w naziemnych systemach rozpoznania radiolokacyjnego w dalszym ciągu będą funkcjonować w przyszłości radary klasyczne o nowych dużo większych możliwościach oraz radary pozahoryzontalne. Należy przypuszczać, że zostaną też wdrożone radary Bi i multistatyczne, radary mikrofalowe, radary o obniżonej mocy, czyli tzw. „radary ciche” oraz pasywne.

W systemach rozpoznania wyposażonych w radary klasyczne sukcesywnie będzie się dążyć do zwiększania możliwości wykrycia celów wykonanych w technologii *stealth*, rakiet balistycznych, raketowych pocisków skrzydlatych oraz samolotów i śmigłowców bezzałogowych. Będzie się dążyć do zwiększania dokładności wskazywania współrzędnych oraz zasięgu działania.

Konieczność wykrywania bardzo szybkich celów na małych wysokościach oraz raketowych pocisków balistycznych na maksymalnych odległościach spowodowała rozwój prac badawczych nad radarami pozahoryzontalnymi. W radarach tych wykorzystywać się będzie właściwość rozchodzenia się fal radiowych zakresu dekametrowego (od 100 do 10 m), której podstawową zaletą jest zdolność do rozchodzenia się poza linią widoczności horyzontalnej.

W perspektywie roku 2025 należy przewidywać, że w systemie rozpoznania radiolokacyjnego zostaną też wdrożone radiolokatory bi i multistatyczne. Ich cechą

charakterystyczną będzie wykorzystanie do nadawania i odbioru sygnałów oddzielnych, oddalonych od siebie elementów rozmieszczonych w wielopoziomym systemie radiolokacyjnym.

Nową jakość w systemach rozpoznania radiolokacyjnego tworzą i będą tworzyć radary „ciche” o niskiej mocy emisji i niskim prawdopodobieństwie przechwylenia jego promieniowania elektromagnetycznego. Niska moc impulsowa tego rodzaju stacji, zmienne parametry sygnału i elastyczność wyboru algorytmów przeszukiwania przestrzeni, pozwalają zaliczyć te stacje do trudnowykrywalnych. Obniża to prawdopodobieństwo ich identyfikacji, zakłócenia i zniszczenia.

Coraz szersze zastosowanie znajdzie też w systemach rozpoznania radiolokacyjnego radiolokacja pasywna, zakresu milimetrowego i dwuczęstotliwościowa, uzupełniając i zwiększając możliwości innych radarów. Dalszy rozwój systemów rozpoznania elektronicznego będzie ukierunkowany na:

- objęcie rozpoznaniem całego zakresu częstotliwości widma elektromagnetycznego;
- zautomatyzowanie procesów rozpoznania;
- rozpoznanie wszystkich rodzajów emisji stosowanych w urządzeniach elektronicznych.

W perspektywie roku 2025 naziemne systemy rozpoznania elektronicznego bazować będą na urządzeniach wykorzystujących promieniowanie laserowe. Dla radarów tego typu przewiduje się w przyszłości zadania kontroli rejonu, zbieranie danych o obiektach ze śledzeniem ich ruchu oraz zadania nawigacyjne. Systemy te zapewnią dostarczanie informacji z dużo większej odległości i z dużo większą precyzją oraz z bardzo dokładną aktualizacją danych nawigacyjnych.

## Rozdział 2

# POWIETRZNE SYSTEMY ROZPOZNANIA SIŁ POWIETRZNYCH I KIERUNKI ICH ROZWOJU DO 2025 ROKU

Ilościowa i jakościowa ekspansja broni precyzyjnego rażenia, globalny zasięg operacji militarnych oraz szybkie tempo działań zdeterminują zmiany w organizacji i prowadzeniu walki zbrojnej przyszłości. Do sprawnego dowodzenia i osiągnięcia celów operacji nieodzownym stanie się posiadanie znacznie bardziej efektywniejszego systemu zdobywania, transmisji i obiegu informacji rozpoznawczej. Wzrost znaczenia rozpoznania i stawianie mu coraz większych wymagań będzie z kolei wymuszało ciągły rozwój środków obserwacji i rozpoznania, w tym również środków systemu rozpoznania powietrznego sił powietrznych.

Treści niniejszego rozdziału zawierają wyniki badań dotyczące powietrznych systemów rozpoznania sił powietrznych i kierunków ich rozwoju do 2025 roku.

### **2.1. Założenia ogólne rozwoju powietrznych systemów rozpoznania sił powietrznych do 2025 roku**

Powstające obecnie koncepcje operacyjnego wykorzystania sił zbrojnych na perspektywicznym polu walki bazują na założeniu, że osiągnięcie celów przyszłych operacji będzie zależało od posiadania przewagi (dominacji) informacyjnej. Najistotniejszą rolę w osiąganiu przewagi informacyjnej przypisuje się przy tym przestrzeni powietrzno-kosmicznej i środkom rozpoznawczym operującym w tej przestrzeni. Środowisko to ze względu na swoje właściwości wynikające z braku naturalnych przeszkód (przestrzeń powietrzna) oraz polityczno administracyjnych granic (przestrzeń kosmiczna) będzie oferowało idealne warunki do realizacji zadań rozpoznawczych.

Zakładając, że podobnie jak obecnie tak i w przewidywalnej przyszłości, jeden rodzaj sił zbrojnych będzie odpowiedzialny za jedną geofizyczną sferę walki zbrojnej (siły powietrzne – przestrzeń powietrzna, siły morskie – akweny wodne, siły lądowe – obszary lądowe) można założyć, że to właśnie siły powietrzne staną się najważniejszym instrumentem osiągnięcia przewagi informacyjnej. Siły powietrzne już dziś, w porównaniu z innymi rodzajami SZ, posiadają na swoim wyposażeniu największą

liczbę statków powietrznych do prowadzenia obserwacji i rozpoznania powietrznego. Cechą charakterystyczną tych środków jest szereg specyficznych właściwości oraz nieporównywalne z innymi rodzajami rozpoznania możliwości manewrowe, przestrzenne oraz czasowe. W niedalekiej przyszłości SP staną się również odpowiedzialne za wykorzystanie przestrzeni kosmicznej i realizację zadań rozpoznawczych w tej przestrzeni. Wskazują na to zapoczątkowane w końcu lat 90. zmiany struktury organizacyjnej sił zbrojnych w tym i sił powietrznych większości liczących się militarnie państw.

W świetle przeprowadzonych studiów materiałów źródłowych można stwierdzić, że najbardziej wyraziście wymagania w stosunku do systemu rozpoznania powietrznego sił powietrznych zostały sformułowane w amerykańskim dokumencie *Joint Vision 2020* i *Air Force Vision 2020* wskazujące kierunki transformacji amerykańskich sił zbrojnych, w tym sił powietrznych do 2020 roku<sup>2</sup>. Zgodnie z założeniami zawartymi w tych dokumentach siły powietrzne powinny być zdolne do wykrycia, lokalizacji, a w przypadku obiektów mobilnych także stałego śledzenia oraz oceny skutków uderzenia każdego obiektu przeciwnika o znaczeniu militarnym w ciągu kilkunastu minut. Siły powietrzne powinny zapewnić realizację tego cyklu we wskazanym czasie niezależnie od terenu, położenia geograficznego obiektu (rejonu) pory dnia i panujących warunków atmosferycznych. Podobne wymagania w stosunku do sił powietrznych artykułuje się również w innych, liczących się państwach europejskich takich jak Wielka Brytania, Francja, Niemcy oraz Rosja. Sformułowanie takich wymagań wskazuje na potrzebę posiadania sprawnego systemu obserwacji i rozpoznania powietrznego (powietrzno-kosmicznego) składającego się z szerokiego spektrum środków (nosicieli i urządzeń rozpoznawczych) obserwacji i rozpoznania oraz systemów dystrybucji danych.

---

<sup>2</sup> Dokument *Joint Vision 2020* powstał na bazie treści zawartych w dokumencie *Joint Vision 2010*, który został opublikowany w czerwcu 1996 roku przez kolegium szefów sztabu amerykańskich sił zbrojnych. Jego zasadniczym celem było nadanie ram i opracowania szablonu działania ułatwiającego adaptację i wdrożenie do sił zbrojnych technologii sieciowych i związanej z nią idei wojny sieciocentrycznej. Idea ta, dzięki możliwości znacznie szybszego, wielokierunkowego przesyłu informacji stała się centralnym punktem nowej strategii amerykańskich SZ. Założenia zawarte w dokumencie na skutek szybkiego postępu technologicznego w dziedzinie telekomunikacji i informatyki szybko jednak straciły na aktualności i nie odpowiadać istniejącej rzeczywistości. Rozwinięcie założeń przyjętych w *Joint Vision 2010* i uwzględniających nowe możliwości technologiczne, a także nowe uwarunkowania polityczno-militarne znalazło swoje odzwierciedlenie w opublikowanej połowie 1997 roku koncepcji przyszłych operacji *Concept for Future Operations*, a następnie w obowiązującym do dnia dzisiejszego dokumencie *Joint Vision 2020*.

Z pewnością najistotniejszym determinantem rozwoju systemu rozpoznania powietrznego sił powietrznych do 2025 roku będzie charakter zagrożeń dla bezpieczeństwa międzynarodowego i wynikające z tych zagrożeń spektrum obiektów, których wykrycie, lokalizacja i identyfikacja będzie niezbędna dla prowadzenia walki zbrojnej. Nie mniej ważny wpływ na kształtowanie kierunków rozwoju systemu rozpoznania powietrznego we wspomnianej perspektywie czasowej będzie miało wdrożenie do praktyki funkcjonowania sił zbrojnych technologii sieciowych.

Zgodnie z formułowanymi prognozami, w przewidywalnej przyszłości prawdopodobieństwo wybuchu konfliktu o charakterze globalnym będzie mało prawdopodobne, chociaż nie można wykluczać pojawienia się takiej ewentualności w odleglejszej perspektywie czasowej. Głównym zagrożeniem dla stabilności międzynarodowej pozostaną zagrożenia kryzysowe w formie kryzysów polityczno-militarnych i poza militarnych, które mogą mieć podłoże polityczne, społeczne, ekonomiczne lub też etniczne. Nie ulega wątpliwości, że ważną przyczyną wojen i konfliktów może być także ekstremizm religijny, a także terroryzm<sup>3</sup>.

Przyszłe wojny i konflikty będą miały najczęściej charakter konfliktów lokalnych lub regionalnych, mogących jednak wybuchnąć w dowolnym miejscu na ziemi. Mogą one eskalować z sytuacji kryzysowej do konfliktu lokalnego o małej intensywności, konfliktu lokalnego z użyciem wszystkich dostępnych stronom sił i środków (w tym także z użyciem broni masowego rażenia) oraz konfliktu regionalnego z dwoma i więcej zaangażowanymi państwami regionu.

Należy się spodziewać, że wszędzie tam, gdzie będą wymagać tego względy humanitarne, gdzie będzie zagrożone bezpieczeństwo międzynarodowe lub zostaną naruszone narodowe interesy najbogatszych państw zostanie podjęta decyzja o użyciu sił zbrojnych w formie interwencji zbrojnej.

Można założyć, że właśnie interwencje zbrojne mogą być w przewidywalnej przyszłości najczęściej stosowaną formą użycia sił zbrojnych w polityce zagranicznej. Interwencje zbrojne będą mogły mieć przy tym zarówno charakter operacji sojuszniczych (np. NATO) lub koalicyjnych (np. Unia Europejska lub koalicja Ad-hoc) podobnie jak podczas ostatnich interwencji zbrojnych w Afganistanie czy Iraku.

---

<sup>3</sup> Por. Koncepcja strategiczna Sojuszu przyjęta przez szefów państw i rządów uczestniczących w spotkaniu rady północnoatlantyckiej w Waszyngtonie w dniach 23 i 24 kwietnia 1999 roku.

Analiza zagrożeń bezpieczeństwa międzynarodowego wskazuje na rozszerzające się spektrum potencjalnych przeciwników. W teoretycznych opracowaniach akademickich<sup>4</sup> definiuje się najczęściej kilka podstawowych kategorii potencjalnych przeciwników sił interwencyjnych w operacjach militarnych XXI wieku. Obok państw i ich sił zbrojnych dysponujących kompleksowymi systemami uzbrojenia i odpowiednim zapleczem logistycznym stroną konfliktu będą mogły być zorganizowane organizacje przestępcze, organizacje lub grupy terrorystyczne o globalnym zasięgu, siły partyzanckie i nieregularne. Organizacje te nie będą dysponowały klasycznymi siłami powietrznymi, zwłaszcza lotnictwem. Ich potencjał mogą natomiast stanowić lekkie, przenośne przeciwlotnicze zestawy raketowe małokalibrowe zestawy artyleryjskie i broń strzelecka. Przeciwnik często też będzie działał w małych formacjach lub grupach bojowych, w rozproszeniu z wykorzystaniem maskujących właściwości trudnych warunków atmosferycznych, terenowych (w tym miejsc zurbanizowanych).

Powyższa analiza wskazuje również na szerokie spektrum obiektów mogących stanowić potencjalny przedmiot obserwacji i rozpoznania z powietrza. Będą to obiekty o różnym charakterze, sygnaturze cieplnej i elektronicznej i o różnych właściwościach odbijania fali elektromagnetycznej. Pierwszą kategorię obiektów będą stanowiły obiekty stałe o ustalonych współrzędnych takie jak: bazy lotnicze i ich infrastruktura, porty, składy i magazyny uzbrojenia oraz materiałów pędnych, centra telekomunikacyjne, węzły drogowe i mosty, elementy systemu dowodzenia, zakłady przemysłowe, laboratoria, poligony doświadczalne, a także obiekty o charakterze cywilnym takie jak radiowo-telewizyjne stacje przekaźnikowe, elektrownie, wodociągi itd. Drugą kategorię obiektów mogą stanowić obiekty mobilne o zróżnicowanej charakterystyce militarnej, trudne do wykrycia i oceny. Pierwszą grupę w tej kategorii obiektów stanowić mogą obiekty o jednoznacznej charakterystyce militarnej takie jak czołgi, wozy bojowe, artyleria, statki powietrzne na lotniskach i lądowiskach, wyrzutnie raketowe, umocnione i nieumocnione stanowiska obrony przeciwlotniczej i ciężkiego uzbrojenia, mobilne stanowiska dowodzenia oraz transporty kolejowe, drogowe i wodne. Drugą grupę stanowić mogą natomiast obiekty o nie jednoznacznej charakterystyce militarnej takie jak zamaskowane i rozproszone siły przeciwnika i systemy uzbrojenia stwarzające jedynie chwilowe (czasowo ograniczone) okazje do ich wy-

---

<sup>4</sup> R. Wróblewski, *Operacje reagowania kryzysowego*, AON Warszawa 2002.

krycia, obiekty pozorne i stanowiska dowodzenia w terenie zurbanizowanym, a nawet kolumny transportowe i kolumny uchodźców, a także pojedyncze pojazdy.

Ostatnią kategorię obiektów stanowić mogą natomiast źródła emisji elektromagnetycznej takie jak systemy kontroli przestrzeni powietrznej, identyfikacji, śledzenia i kontroli ognia, a także naziemne elementy systemów nawigacyjnych oraz systemów transmisji danych itd. Z punktu widzenia systemu rozpoznania powietrznego sił powietrznych będą to, zatem obiekty wymagające jedynie jednorazowego wykrycia, obiekty wymagające okresowej obserwacji (z określoną częstotliwością), a także obiekty wymagające ciągłej obserwacji. Ponadto, że względu na ich charakter, możliwość maskowania, a także właściwości promieniowania cieplnego i elektromagnetycznego wymagać będą one wykorzystywania specyficznych urządzeń rozpoznawczych.

Wykrywanie i zwalczanie tych obiektów wymagać będzie jednak nie tylko wdrożenia nowych urządzeń rozpoznawczych opartych na zaawansowanej technologii, ale również opracowania nowych sposobów prowadzenia operacji, a w konsekwencji opracowania nowych koncepcji operacyjnych. W tym kontekście istotnym determinantem rozwoju systemu rozpoznania powietrznego sił powietrznych na perspektywnym polu walki będzie z pewnością wdrożenie do praktyki działań sił zbrojnych koncepcji wojny sieciocentrycznej (*Network Centric Warfare - NCW*)<sup>5</sup>. Jej wdrożenie wpłynie bowiem na głęboką reorganizację systemu rozpoznania powietrznego (powietrzno-kosmicznego) oraz systemu dystrybucji informacji rozpoznawczej. Między innymi nastąpi odejście od zasady przydzielania środków rozpoznania i obserwacji powietrznej poszczególnym szczeblom dowodzenia i ich wykorzystywania w ściśle określonych, zamkniętych relacjach.

Dzięki NCW powstanie jednolity zintegrowany system rozpoznawczy, którego bazą będzie system szybkiej wymiany informacji oparty na globalnej sieci informacyjnej. Do sieci zostaną włączone wszystkie środki realizujące zadania rozpoznania

---

<sup>5</sup> Termin *Network Centric Warfare* został wprowadzony do użycia w 1998 roku jako określenie charakteryzujące nowy sposób myślenia dotyczącego prowadzenia operacji militarnych w epoce informacyjnej. Obecnie jest on definiowane jako opierająca się na przewadze informacyjnej koncepcja prowadzenia operacji, według której wzrost siły bojowej jest generowany poprzez połączenie w sieć informacyjną sensorów, decydentów i systemów walki w celu osiągnięcia wspólnej świadomości, zwiększenia szybkości dowodzenia oraz tempa operacji, zwiększenia skuteczności uzbrojenia, wzrostu odporności na uderzenia przeciwnika oraz zwiększenia stopnia synchronizacji działań. Por. D. Alberts, J. Garstka, F. Stein, *Network Centric Warfare. Developing and Leveraging Information Superiority*, Druga edycja, CCRP Publication Series, s. 88, oraz R. Szpakowicz, *Wojna w Iraku a koncepcja wojny sieciocentrycznej*, "Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej" 2003, nr 11, s. 8

i obserwacji w przestrzeni kosmicznej i powietrznej, a także inne źródła informacji. Ich pozioma (w przestrzeni powietrznej) integracja i włączenie do jednolitego systemu dowodzenia zapewni nieprzerwany dopływ danych rozpoznawczych. Na ich podstawie w zależności od potrzeb będzie możliwe stworzenie obrazu sytuacji w skali strategicznej, operacyjnej i taktycznej, a następnie jego doprowadzenie do zapotrzebowującego (niezależnie od rodzaju sił zbrojnych i służby) w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Sieciocentryczna infrastruktura wymiany informacji spowoduje, zatem zacieranie się granic pomiędzy oddzielnie funkcjonującymi do tej pory poziomami strategicznego, operacyjnego i taktycznego rozpoznania powietrznego (powietrzno-kosmicznego), różnic pomiędzy poszczególnymi rodzajami sił zbrojnych oraz operującymi na tych poziomach i w tych rodzajach SZ środków rozpoznania i obserwacji powietrznej.

Koncepcja NCW spowoduje również zanik obecnie istniejących ograniczeń w zakresie wykorzystania środków uderzeniowych, a wynikających z ograniczonych możliwości rozpoznawczych pokładowych urządzeń samolotów bojowych. W dotychczasowym podejściu każda załoga samolotu uderzeniowego musi, bowiem samodzielnie poszukiwać obiektu uderzenia, dokonywać jego identyfikacji, a następnie wykonać atak. Wydłużenie zasięgu pokładowych urządzeń rozpoznawczych możliwe jest jedynie poprzez ścisłe współdziałanie samolotów uderzeniowych z samolotami rozpoznawczymi prowadzącymi rozpoznanie bezpośrednie. Często jednak i takie rozwiązanie, ze względu na stosunkowo długi czas niezbędny do wykrycia, identyfikacji oraz wskazywania celu jest przyczyną opóźnienia otwarcia ognia, a uzbrojenie nadal nie zawsze może być właściwie wykorzystane.

Posiadanie sieci wymiany informacji w czasie rzeczywistym pozwoli na stworzenie ciągłego pola (parasola) informacyjnego umożliwiającego dostęp do bieżącej informacji wszystkim znajdującym się w tym polu środkom ogniowym. W konsekwencji załogi samolotów uderzeniowych będą mogły startować nie mając jeszcze jednoznacznie określonego obiektu ataku. Obiekty te będą wykrywane i identyfikowane na bieżąco i natychmiast przekazywane załogom samolotów uderzeniowych. Możliwe będzie, zatem użycie środków uderzeniowych strategicznego przeznaczenia do realizacji zadań o charakterze taktycznym lub taktycznych środków ogniowych do porażenia obiektów o znaczeniu strategicznym w sytuacji, gdy środki te znajdą się w dogodnym położeniu w stosunku do tego obiektu.

Na podstawie dokonanych analiz kształtujących się tendencji w zakresie środków rozpoznania powietrznego (powietrzno-kosmicznego) SP można założyć, że wśród nosicieli urządzeń rozpoznawczych coraz większą rolę we wsparciu informacyjnym przyszłej walki zbrojnej odgrywać będą systemy bazowania kosmicznego. Znaczący skok technologiczny, jaki nastąpił w połowie lat 90. w dziedzinie optoelektroniki i komunikacji spowodował, że znacznie rozszerzyły się możliwości prowadzenia rozpoznania i obserwacji przy użyciu systemów satelitarnych. Jeszcze do niedawna ich głównym zadaniem była obserwacja oraz rozpoznanie obiektów stałych o znaczeniu strategicznym takich jak: bazy strategicznych i operacyjnych pocisków raketowych oraz lotnictwa strategicznego, obiekty kosmiczne przeznaczone do odpalania i przenoszenia ładunków bojowych i urządzeń rozpoznawczych, odwody strategiczne, bazy morskie, zgrupowania flot, ośrodki przemysłu zbrojeniowego, a także składy amunicji (głównie jądrowej) i sprzętu bojowego oraz ośrodki administracyjno-polityczne. Rozpoznanie prowadzone przez środki satelitarne realizowane było głównie w celu zabezpieczenia potrzeb informacyjnych organów władzy państwowej oraz strategicznych sił uderzeniowych i miały jedynie pośredni wpływ na prowadzenia walki zbrojnej w wymiarze taktycznym i operacyjnym. Jednak począwszy od operacji *Desert Storm* rośnie systematycznie znaczenie tych środków również w bezpośrednim wsparciu informacyjnym walczących na polu walki wojsk i to zarówno na poziomie operacyjnym jak i taktycznym. Na bazie kształtujących się tendencji można założyć, że kierunek ten będzie się pogłębiać także i w perspektywie czasowej następnych 20-25 lat.

Dostrzegając rosnącą rolę systemów satelitarnych we wsparciu informacyjnym w walki zbrojnej na perspektywicznym polu walki, w Stanach Zjednoczonych, Rosji, w państwach UE, a także w wielu innych, liczących się państwach podjęto szereg programów ukierunkowanych na unowocześnienie systemu rozpoznania kosmicznego. Orbitalne środki obserwacji i rozpoznania (narodowe i międzynarodowe) będą obejmowały kolejne generacje satelitów podsystemu rozpoznania optoelektronicznego (np. *KH-12*<sup>6</sup> i *KH-13*, *Helios I*), radarowego (np. *Lacrosse*, *Cosmo SKYMED*) oraz elektronicznego (np. *Ferryt*, *Vortex*, *Orion*). Wyposażone w szerokie spektrum urządzeń rozpoznawczych umożliwiają prowadzenie obserwacji i rozpoznania różnego rodzaju obiektów, w tym także zamaskowanych i ukrytych, w zakresie światła wi-

---

<sup>6</sup> Satelity typu KH-12 znane są również pod nazwami *Advanced Kennan* jako nawiązane do poprzedniej generacji satelitów rozpoznawczych typu KH-11 *Kennan* lub *Improved Cristal*.

działnego, podczerwieni oraz fal radiowych z rozdzielczością nawet rzędu 10-15 cm niezależnie od warunków atmosferycznych<sup>7</sup>. Zdobyte dane będą transmitowane w czasie rzeczywistym do naziemnego stanowiska dowodzenia. Część z satelitów wyposażona będzie również w urządzenia umożliwiające tworzenie cyfrowych map i modeli rozpoznawanego terenu na potrzeby programowania systemów nawigacyjnych lub tras lotu pocisków samosterujących.

Przewidywane na najbliższe lata zmiany w systemach satelitarnych będą miały przede wszystkim charakter jakościowy w odniesieniu do rozdzielczości, czułości oraz szybkości transmisji danych. Przewiduje się, że nowe systemy wyeliminują również istniejące obecnie niedoskonałości w zakresie ciągłości prowadzonej obserwacji. Mają one bowiem zapewnić jeżeli nie stałą obserwację pożądanego rejonu lub obiektu, to co najmniej znacznie zwiększoną częstotliwość odświeżania przesyłanych danych, tak aby uniemożliwić przeciwnikowi niezauważoną zmianę miejsca.

Biorąc pod uwagę plany rozwoju systemów obserwacji i rozpoznania SP w szeregu reprezentatywnych krajów można założyć, że najbardziej zaawansowanymi systemami obserwacji i rozpoznania bazowania kosmicznego będą w przewidywalnej przyszłości dysponowały SP USA. Już w 2000 roku amerykańskie siły powietrzne przystąpiły bowiem do nowego programu pod nazwą *Space Based Radar - SBR*. Celem programu SBR, bazującego na doświadczeniach zebranych podczas realizacji przerwanego wcześniej programu *Discoverer II*, jest wprowadzenie na orbity okołoziemski około 20-25 małych satelitów rozpoznawczych wyposażonych w kolejne generacje radiolokacyjnych stacji obserwacji bocznej<sup>8</sup>. Zgodnie z opracowanymi wymaganiami system ten po osiągnięciu zdolności operacyjnej do końca 2015 roku ma umożliwiać dostarczania danych rozpoznawczych nie tylko na potrzeby szczebli politycznych, dowództwom i sztabom wojsk operacyjnych, ale także bezpośrednio na pokład samolotów i wozów bojowych oraz pokłady okrętów bojowych. Funkcjonując na zasadach podobnych jak system nawigacji satelitarnej GPS, nowy system ma zapewnić wykrycie, a następnie ciągłe śledzenie zarówno stałych, jak i mobilnych obiektów rozmieszczonych w dowolnym miejscu na kuli ziemskiej, niezależnie od pory doby i warunków atmosferycznych.

---

<sup>7</sup> Por. G. Nowacki, *Kosmiczne systemy wsparcia informacyjnego Stanów Zjednoczonych i Federacji Rosyjskiej*, „Przegląd WLOP” 2003, nr 12, s. 54.

<sup>8</sup> J.Tirpak, *The Space Based Radar Plan*, „Air Force Journal”, sierpień 2002 vol. 85

Obecnie w ramach programu *Warfighter-1* trwa również proces wynoszenia na orbitę nowej generacji amerykańskich satelitów rozpoznawczych umożliwiających jednoczesne prowadzenie multi- i hiperspektralnego rozpoznania kosmicznego. Zastosowana technologia umożliwi dzięki jednoczesnemu skanowaniu pożądanego obiektu lub rejonu w 100-250 osobno rejestrowanych pasmach widma elektromagnetycznego wykrycie i zidentyfikowanie osób, obiektów naziemnych oraz pojazdów i wyposażenia, które ze względu na maskowanie i ukrycie nie mogłyby być rozpoznane przez inne satelity.

Równie głębokiej transformacji ulegnie w najbliższej przyszłości system rozpoznania i obserwacji powietrznej. Transformacja ta będzie obejmowała zarówno wdrożenie nowych jak i modernizację istniejących już załogowych i bezzałogowych systemów w celu dostosowania ich do potrzeb i uwarunkowań przyszłego sieciocentrycznego pola walki. Jego zasadniczym elementem w przewidywalnej perspektywie staną się wielofunkcyjne samoloty (śmigłowce) obserwacji pola walki i dowodzenia. Budowane w ramach programów narodowych amerykańskie samoloty E-10A, brytyjskie systemy ASTOR, francuski Horizon i włoski Cresto czy budowany obecnie w ramach programu NATO system AGS będą spełniały na perspektywicznym polu walki nie tylko rolę systemów rozpoznania obszarowego. Jednocześnie też będą one spełniały rolę latających, wysuniętych stanowisk dowodzenia szczebla operacyjnego i taktycznego oraz centralnego interfejsu systemu dystrybucji informacji w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Samoloty te będą stanowiły również swoisty łącznik pomiędzy odrębnymi obecnie systemami rozpoznania i obserwacji sił powietrznych i sił lądowych.

Niewątpliwie najbardziej rozwiniętą technologicznie konstrukcją tego rodzaju środków obserwacji i rozpoznania, która pojawi się na przyszłym polu walki będzie samolot E-10A (lub *MC2A - Multisensor Command and Control Aircraft*). Samolot ten w perspektywie czasowej 10-15 lat przejmie zadania realizowane przez samoloty tzw. triady elektronicznej stanowiących obecnie trzon systemu rozpoznania powietrznego amerykańskich sił powietrznych (*E-8 JSTARS, E-3 AWACS, RC-135 Rivet Joint*). System ten będzie także centralnym węzłem łączącym środki rozpoznania satelitarnego, bezzałogowe samoloty rozpoznawcze i inne systemy rozpoznania powietrznego.

tego, samoloty uderzeniowe, a także naziemne elementy systemu dowodzenia<sup>9</sup>. Do swych pełnych możliwości operacyjnych nowy system dochodził będzie jednak drogą stopniowego rozszerzania możliwości przenoszonej aparatury rozpoznawczej systemów pokładowych. Początkowo, (lata 2006-2008) dzięki zainstalowaniu na pokładzie samolotu nowoczesnego radaru obserwacji bocznej, stanowiącego kolejną generację tych urządzeń, zwiększona zostanie w stosunku do samolotów E-8 zdolność systemu do wykrywania i identyfikacji obiektów zamaskowanych i ukrytych pod naturalną roślinnością oraz wskazywania celów małowymiarowych, mobilnych i łatwych do zamaskowania. Następnie, tj w latach 2010-2015 przewiduje się rozszerzenie możliwości samolotu o funkcję wczesnego wykrywania i ostrzegania. Natomiast w końcowym etapie osiągania pełnych możliwości rozpoznawczych tj. w latach 2015-2020 samolot zostanie wyposażony w urządzenia do prowadzenia rozpoznania elektronicznego.

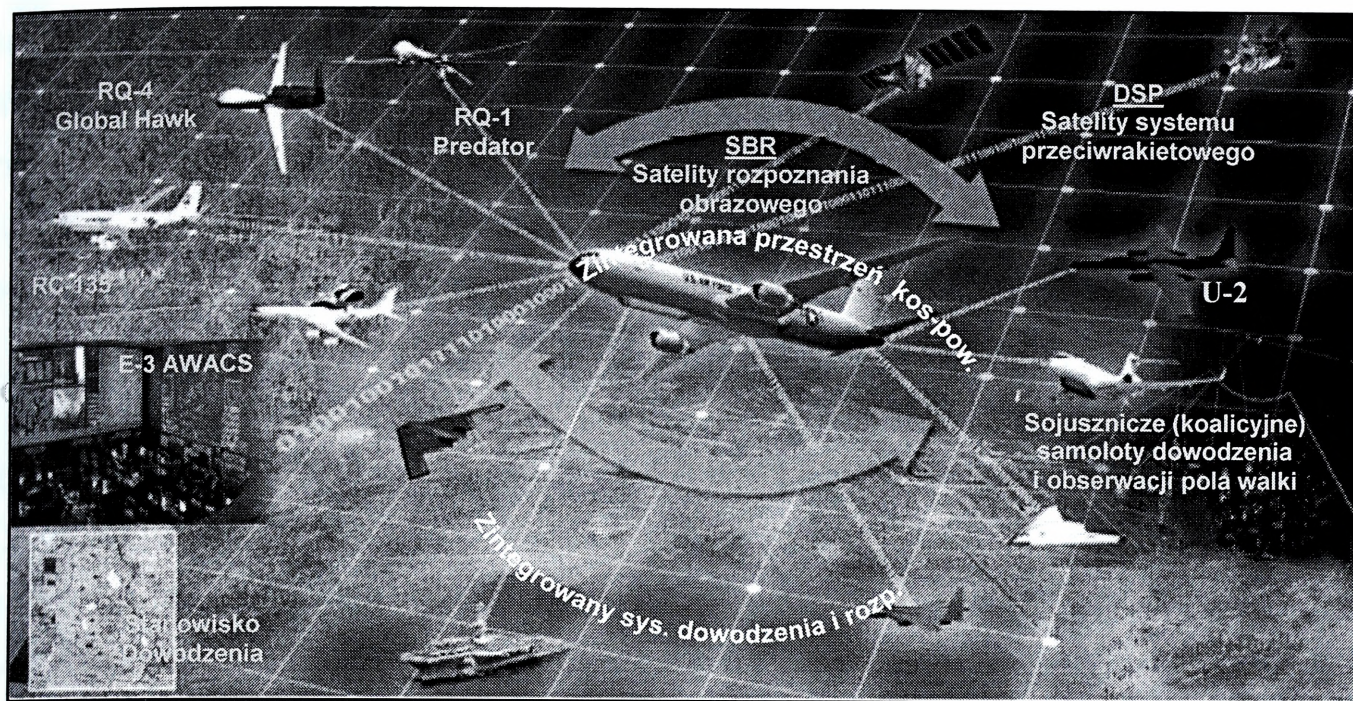
Obok pokładowych urządzeń rozpoznawczych zasadniczym elementem wyposażenia tego typu samolotów będzie również podsystem zarządzania polem walki, dowodzenia, kontroli i rozpoznania BMC4I (*Battle Management Command, Control, Communications, Computers, and Intelligence*) umożliwiający pełną integrację i ciągłą wymianę informacji zarówno w relacjach poziomych z innymi statkami powietrznymi, jaki i w pionie, z naziemnymi elementami dowodzenia<sup>10</sup>. Miejsce wielofunkcyjnych samolotów obserwacji pola walki i dowodzenia w systemie rozpoznania powietrzno na przykładzie samolotu A-10 przedstawia rysunek zamieszczony niżej.

Ponadto, zadaniem podsystemu BMC4I będzie również ujednoczenie różnorodnych formatów otrzymywanych danych pochodzących z wielu źródeł informacji (urządzeń rozpoznawczych) i ich zobrazowanie w formie jednolitego obrazu pola walki<sup>11</sup>. Na podstawie doświadczeń z użycia bezzałogowych samolotów rozpoznawczych w konfliktach zbrojnych ostatniej dekady można założyć, że najistotniejszym źródłem danych dla wielofunkcyjnych samolotów obserwacji pola walki i dowodzenia będą w wymiarze powietrznym bezzałogowe samoloty rozpoznawcze SP. W większości państw uznano je bowiem już teraz za najbardziej perspektywiczny środek rozpoznania powietrznego w warunkach sieciocentrycznego pola walki.

<sup>9</sup> Por. G.F. Perryman, *Shortening the decision cycle*, "Intelligence & Reconnaissance Journal" 2003, marzec/kwiecień, s. 33.

<sup>10</sup> *The all-seeing eye above*, Jane's International Defense Review 2002, s. 48.

<sup>11</sup> Por. K. Załęski, D. Kołasiński, *Światowe tendencje w rozpoznaniu – platforma rozpoznawcza C2A*, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, 8/2003, s. 53.



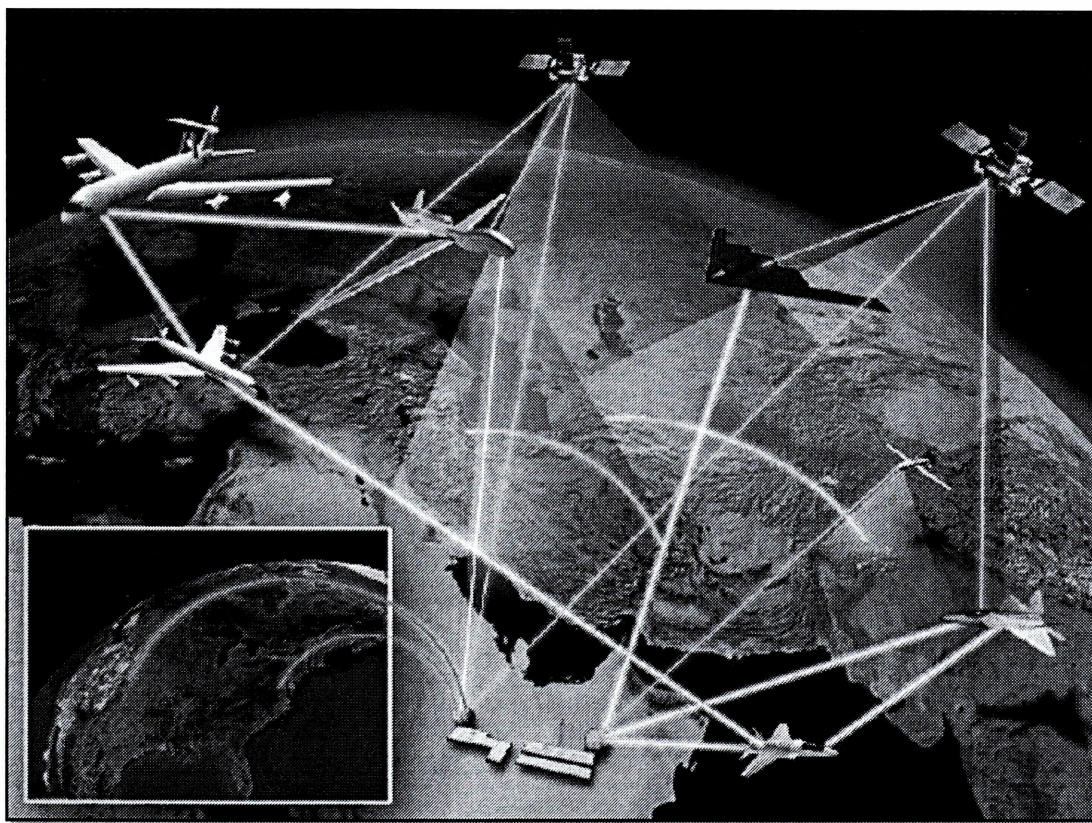
**Rys. 2. 1. Miejsce wielofunkcyjnych samolotów obserwacji pola walki i dowodzenia w systemie rozpoznania powietrzno na przykładzie samolotu E-10A<sup>12</sup>**

Przekonanie o wartości i znaczeniu tych środków w systemie obserwacji i rozpoznania znalazło odzwierciedlenie w sukcesywnym nasycaniu struktur organizacyjnych sił powietrznych bezzałogowymi samolotami rozpoznawczymi typu MALE (*Medium Altitude Endurance* - średnia wysokość i duża długość trwania lotu) np: RQ-1 Predator, EADS Eagle II przeznaczenia taktycznego oraz typu HALE (*High-Altitude, Long-Endurance* - duża wysokość i duża długość trwania lotu) np. RQ-4 Global Hawk przeznaczenia operacyjnego. Analiza zarysowanych tendencji rozwojowych wskazuje, że bezzałogowe samoloty rozpoznawcze pozostaną nadal priorytetowymi programami SP większości państw i w przewidywalnej perspektywie czasowej w zasadniczy sposób będą decydowały o możliwościach systemu rozpoznania powietrznego (powietrzno-kosmicznego). Wprowadzenie do wyposażenia sił powietrznych tych aparatów pozwoli bowiem na wyeliminowanie istniejących obecnie ograniczeń dotyczących przede wszystkim długości trwania lotu, a wynikających z możliwości fizjologicznych załogi oraz zagrożenia bezpieczeństwa załóg. Wyeliminowana zostanie również konieczność angażowania zespołów poszukiwawczo-ratowniczych w przypadku katastrofy lub zestrzelenia samolotu.

W świetle przeprowadzonych badań można stwierdzić, że zgodnie z zarysowanymi tendencjami wynikającymi z potrzeb sieciocentrycznego pola walki wszystkie

<sup>12</sup> ISR, „Defender on National Defense Technologies”, wydawnictwo firmy Raytheon, 2003, nr 1, s.5.

środki rozpoznania i obserwacji powietrzno-kosmicznej zostaną zintegrowane w jednym systemie. Ich horyzontalnie zintegrowanie w jednolity „system systemów” pozwoli na prowadzenie ciągłego, systemowego rozpoznania na globalną skalę (regionalną lub ograniczoną do pola walki), we wszystkich warunkach atmosferycznych oraz wielokierunkową wymianę informacji zgodnie z zasadą szybkiego pozyskiwania i dystrybucji informacji (*smart pull and push*). Tak zintegrowany system rozpoznania i obserwacji powietrzno-kosmicznej zostanie następnie włączony do systemu dowodzenia tworząc jednolity system C4ISR (*Command, Control, Communications, and Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance System*) oraz z systemem zarządzania walką BMC3 (*Battle Management Command, Control, and Communications*)<sup>13</sup>. W konsekwencji, potencjalny odbiorca danych niezależnie od rodzaju sił zbrojnych, szczebla dowodzenia i miejsca prowadzenia walki będzie miał dostęp do informacji pochodzących z wielu źródeł. Idea horyzontalnej integracji załogowych i bezzałogowych środków rozpoznania powietrzno-kosmicznego na perspektywnym polu walki przedstawia niżej zamieszczony rysunek.



**Rys. 2.2. Idea horyzontalnej integracji załogowych i bezzałogowych środków rozpoznania powietrzno-kosmicznego**

<sup>13</sup> P. Engelmann, *Introduction to Space Systems of the US Air Force*, wykład przeprowadzony 19.03.2002. na Akademii Dowodzenia Bundesewhry w ramach seminarium nt. *Militarne wykorzystanie przestrzeni kosmicznej*.

Reasumując, kształtujące się nowe środowisko strategiczno-militarne, charakteryzujące się ciągłym występowaniem zmiennych i niestabilnych sytuacji politycznych oraz nieokreślonych zagrożeń militarnych będzie stawiało przed systemem rozpoznania powietrznego SP zupełnie nowe wymagania.

Kształtujące się obecnie tendencje w systemie rozpoznania powietrznego SP wskazują na przemieszczanie się środka ciężkości z przestrzeni powietrznej w przestrzeń powietrzno-kosmiczną. Istotną tendencją jest również dążenie do zastępowania dotychczasowego rozpoznania stałą, 24 godzinną obserwacją na globalną skalę lub ograniczoną do pożądanego rejonu lub obiektu z przekazem zdobytych danych w czasie rzeczywistym<sup>14</sup>.

Postępująca komputeryzacja, w połączeniu z ciągłym doskonaleniem systemów łączności, radiolokacji i innych urządzeń radioelektronicznych, decyduje już dziś o nowych kierunkach rozwoju systemu rozpoznania. Takim kierunkiem jest na przykład dążenie do stworzenia w perspektywie 10-15 lat globalnego, otwartego systemu rozpoznawczo-uderzeniowego. Podsystem rozpoznania powietrznego (powietrzno-kosmicznego) stanowiący zasadniczy element tego systemu będzie składał się z systemów rozpoznania bazowania kosmicznego, a w wymiarze powietrznym z wielofunkcyjnych samolotów rozpoznania pola walki i dowodzenia oraz bezzałogowych samolotów rozpoznawczych. Załogowe samoloty rozpoznawcze (samoloty bojowe realizujące misje rozpoznawcze) będą stanowiły jedynie uzupełnienie tak zbudowanego systemu rozpoznania powietrznego SP.

Dzięki nowym systemom telekomunikacji cykl zdobywania danych o przeciwniku, terenie i następnie ich analiza, ocena położenia wojsk własnych oraz sytuacji bojowej, podjęcie decyzji i przekazanie ich wykonawcom odbywać się będzie na bieżąco lub tylko z nielicznymi opóźnieniami w stosunku do rzeczywistości.

---

<sup>14</sup> Brig Gen J. Morehouse, Director of Command & Control DCS, Air & Space Operations. *Time Critical Targeting, Headquarter U.S. Air Force.*

## 2.2. Powietrzne urządzenia radiolokacyjnych systemów rozpoznawczych i rozpoznawczo-uderzeniowych

Rozpoznanie powietrzne uważane jest za zasadniczy, a przy tym najbardziej operatywny, element ogólnego systemu rozpoznania i obserwacji na potrzeby wojsk. Jest ono realizowane na zapotrzebowanie wszystkich rodzajów sił zbrojnych, a jego podstawowym celem jest dostarczanie informacji o siłach i środkach przeciwnika (ugrupowanie), spodziewanym czasie i kierunkach planowanych przez niego działań (zamiary), jak również o terenie i warunkach meteorologicznych (warunki). Rozpoznanie powietrzne musi sprostać wielu wymaganiom.

Zasadniczym zadaniem rozpoznania powietrznego jest tworzenie i dystrybucja do zainteresowanych aktualnego i pełnego obrazu sytuacji operacyjno - taktycznej, zdobywanie aktualnych informacji o obiektach działań oraz ocena rezultatów działań bojowych na określonym obszarze (TDW).

Zdobywaną informację drogą rozpoznania powietrznego można podzielić na taką, która służy zainteresowanym ośrodkom dowodzenia do tworzenia obrazu konkretnej sytuacji taktycznej i na taką, która jest niezbędna w określonym miejscu i czasie do obrony lub wykonania zadania bojowego przez element systemu rażenia.

Zadaniem rozpoznania realizowanego przez siły powietrzne jest zaspokojenie potrzeb informacyjnych wszystkich rodzajów sił zbrojnych i kierownictwa politycznego Sojuszu w takich obszarach funkcjonalnych, jak:

- ostrzeżenia i wskazówki (*Indications and Warning*), poprzez dostarczanie informacji niezbędnej do oszacowania sił i środków, które mogą zagrozić bezpieczeństwu poszczególnym państwom Sojuszu. Na ich podstawie określa się zarówno zdolności ofensywne, jak i defensywne przeciwnika oraz inne czynniki, które mogą mieć wpływ na własne plany operacyjne;
- rozpoznawcze przygotowanie pola walki (*Intelligence Preparation of The Battlespace*), poprzez ciągłe (prowadzone w czasie pokoju i kontynuowane w czasie działań bojowych) dostarczanie informacji niezbędnych do identyfikowania i analizowania środków ciężkości przeciwnika (siły, mocne i słabe strony, zdolności, intencje oraz najistotniejsze braki w zabezpieczeniu);
- identyfikacja ugrupowania bojowego (*Identify Enemy Orders of Battle/Force Disposition*), w ramach którego środki rozpoznania i obserwacji powietrznej

dostarczają niezbędne informacje do prowadzenia analizy i oceny prawdopodobnego ugrupowania bojowego przeciwnika, wynikających z nich możliwości, ograniczeń i słabych punktów oraz określenia warunków atmosferycznych i terenowych w obszarze działania;

- monitorowanie rozwoju sytuacji (*Situation Development*), poprzez stałe zbieranie i dostarczanie istotnych informacji niezbędnych do określenia aktualnej sytuacji, potwierdzenia (zaprzeczenia) realizacji działań przeciwnika, przewidywanych wcześniej w ramach rozpoznawczego przygotowania pola walki. Stałe monitorowanie rozwoju sytuacji pozwala dowódcom na „dopasowanie” swoich planów działań do zmieniającego się pola walki, zidentyfikowanie (określenie) działań przeciwnika, jego ugrupowania bojowego, monitorowania aktywności, a poprzez to zminimalizowanie ryzyka zaskoczenia;

- monitorowanie aktywności przeciwnika (*Monitor Enemy Activity*), które polega na dostarczaniu informacji dotyczących możliwości zagrożenia, dla interesów Sojuszu lub doraźnych koalicji oraz - aby w ten sposób była możliwość przygotowania odpowiedniej reakcji - prezentowanie potencjalnych obszarów konfliktu, poprzez dostarczanie informacji niezbędnych do określenia celów politycznych (w okresie eskalacji kryzysu), a także aby ocenić jego reakcję (w okresie wojny);

- wsparcie mające na celu ochronę sił w ramach którego środki rozpoznania i obserwacji powietrznej wspomagają ogólny system rozpoznawczy poprzez wykrywanie, identyfikację i umiejscowienie środków rozpoznawczych przeciwnika, a także przeciwdziałają rozpoznaniu przeciwnika w zbieraniu informacji, sabotażowi, akcjom i działaniom terrorystycznym oraz uszczegółwiają i określają zdolności uderzeniowe przeciwnika;

- wsparcie w zakresie wyszukiwania celów (*Support Targeting Objectives*), w ramach którego rozpoznanie i obserwacja, będące integralnym elementem składowym procesu wyboru obiektów uderzenia, wykrywają, umiejscawiają i identyfikują potencjalne obiekty uderzeń, a także dostarczają niezbędnych informacji do oceny skutków uderzeń artyleryjsko - raketowych i lotniczych,

- ocena skutków działań (*Assessment*) - polega na dostarczaniu informacji dotyczących efektywności działań bojowych i wskazania potrzeb wykonania powtór-

nych uderzeń, a także informacji dotyczących oceny jakości i charakteru środków użytych przez przeciwnika do maskowania i pozoracji.

Rozpoznanie powietrzne realizowane jest przez odpowiednio wyposażone do tego celu samoloty, śmigłowce oraz bezzałogowe samoloty rozpoznawcze, posiadające komplementarne względem siebie charakterystyki sensorów i urządzeń transmisji danych rozpoznawczych.

Załogowe środki rozpoznania i obserwacji powietrznej (*Manned Air Reconnaissance and Surveillance Platforms*) są najbardziej mobilnym i efektywnym środkiem rozpoznania i obserwacji, zdolnym do szybkiej reakcji na zaistniałe potrzeby informacyjne. Ważną cechą tych środków jest elastyczność, pozwalająca im na dopasowanie się do często zmieniających się warunków, a także zweryfikowanie celu misji rozpoznawczej już w trakcie jej trwania. Obecnie wykorzystywane załogowe środki rozpoznania i obserwacji powietrznej mogą w tym samym czasie rozpoznawać lub obserwować dużą powierzchnię (dużą ilość obiektów), a także zwielokrotnić informację, poprzez wykorzystywanie szerokiego zakresu sensorów. Część załogowych środków rozpoznania i obserwacji powietrznej posiada także wspólne połączenia wymiany danych pomiędzy samolotem i stacjami naziemnymi, pozwalającymi im na wysyłanie zdobytych informacji w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do rzeczywistego. Bezzałogowe statki powietrzne (*Unmanned Aerial Vehicles*) posiadają, podobnie jak środki załogowe, szereg cech, zarówno pozytywnych, jak i negatywnych. Największą zaletą jest to, iż nie posiadają załogi na pokładzie, co w konsekwencji minimalizuje ryzyko start. Posiadając relatywnie niskie tło radarowe, minimalizują wizualne i akustyczne znaczniki, a przez to zmniejszają szansę wykrycia przez środki kontroli przestrzeni powietrznej przeciwnika. Bezzałogowe środki obserwacji i rozpoznania mogą być skonfigurowane z użyciem szerokiego zakresu sensorów i typów rozpoznania, włączając w to rozpoznanie łączności, poszukiwanie i ratownictwo, rozpoznanie w podczerwieni i elektroniczne, wielowidmowe obrazowanie, a także obrazowanie video w czasie rzeczywistym. Aktualnie wykorzystywane, w Siłach Zbrojnych Sojuszu, bezzałogowe środki rozpoznawcze mają wprawdzie głównie charakter taktyczny, ale przewiduje się rychłe wprowadzenie systemów operacyjno-strategicznych.

Znaczenie rozpoznania powietrznego i szczupłość środków rozpoznania i obserwacji powietrznej znajdujących się w dyspozycji w poszczególnych państwach NATO,

powoduje, że zaliczane są do tzw. *critical resources*. Oznacza to, że mogą one być wykorzystywane do działań generalnie wg planu dowódcy posiadającego uprawnienia OPCOM (dowodzenia operacyjnego).

Powietrzne systemy rozpoznania radiolokacyjnego dzielą się na trzy zasadnicze grupy. Po pierwsze są to radiolokacyjne systemy rozpoznawcze i rozpoznawczo-uderzeniowe z powietrznymi elementami zainstalowanymi na dużych samolotach wsparcia działań powietrznych. Druga grupa środków to radiolokacyjne systemy samolotów myśliwskich i uderzeniowych służące do indywidualnego wykrywania, identyfikowania i ewentualnego atakowania obiektów powietrznych i lądowych (morskich). Te systemy radarowe dysponują funkcją przesyłania dysponowanej informacji do wytypowanych odbiorców. Trzecią grupę tworzą systemy radiolokacyjne zainstalowane na pokładach bezzałogowych statków powietrznych (samolotów i śmigłowców), które wykonują zadania rozpoznawcze na korzyść sił powietrznych, lądowych i marynarki wojennej, w skali taktycznej i operacyjno-strategicznej.

Pod względem funkcjonalnym systemy rozpoznania radiolokacyjnego dzielą się na przeznaczone wyłącznie do obserwacji i rozpoznania oraz na systemy, które łączą zadania rozpoznania z dowodzeniem, naprowadzaniem i lub wskazywaniem celów w powietrzu albo na powierzchni.

Ze względu na jakość informacji z rozpoznania radiolokacyjnego i rodzaj środowiska objętego penetracją, systemy te można podzielić na systemy przeznaczone do rozpoznawania przestrzeni powietrznej, powierzchni lądu lub morza i systemy mieszane przystosowane do rozpoznawania zarówno środowiska powietrznego jak i powierzchniowego.

Wszystkie z wymienionych środków mogą dostarczać informacji rozpoznawczej do zintegrowanego systemu dowodzenia SZ na teatrze działań.

#### ***A. Środki radiolokacyjne przeznaczone do rozpoznania powietrznego i innych zadań (wczesnego ostrzegania, naprowadzania, dowodzenia i zarządzania aktywnymi środkami walki)***

W skład szeroko rozumianych działań rozpoznania (ISTAR) prowadzonych przez lotnictwo wchodzi dwa podstawowe: rozpoznanie powietrzne (*Air Reconnaissance*) i obserwacja powietrzna (*Air Surveillance*).

Analiza zapisów doktrynalnych zawartych w *AJP-3.3 Joint Air And Space Operations Doctrine* wykazuje, że **rozpoznanie powietrzne** jest w sojuszniczej doktrynie użycia sił powietrznych definiowane jako zdobywanie informacji o znaczeniu rozpoznawczym poprzez obserwację wzrokową lub zastosowanie technicznych środków rozpoznania z powietrza<sup>15</sup>. Celem rozpoznania powietrznego jest zdobywanie informacji o położeniu, stanie, ugrupowaniu, składzie, działaniach i ruchu potencjalnie wrogich sił oraz udział w ocenie rezultatów działań sił własnych (*Battle Damage Assessment – BDA*).

Prowadzenie operacji powietrznych nie byłoby możliwe bez systemu powietrznych środków wczesnego ostrzegania oraz kierowania działaniami lotnictwa SP i wojsk lądowych, opartego na dwóch wzajemnie uzupełniających się powietrznych podsystemach:

- **Airborne Warning and Control System - AWACS**, którego działania ukierunkowane są na zdobywanie uprzedzającej informacji o przeciwniku powietrznym na dużych odległościach, w całym przedziale wysokości, a także na prowadzeniu rozpoznania radiolokacyjnego i określaniu aktywności lotniczych środków OP przeciwnika;
- **Joint Surveillance and Target Attack Radar System - JSTARS**, który jest przeznaczony do wykrywania, lokalizacji oraz identyfikacji i śledzenia obiektów naziemnych (w ograniczonym zakresie samolotów i śmigłowców), a także kierowania bojowego lotnictwem i innymi środkami rażenia.

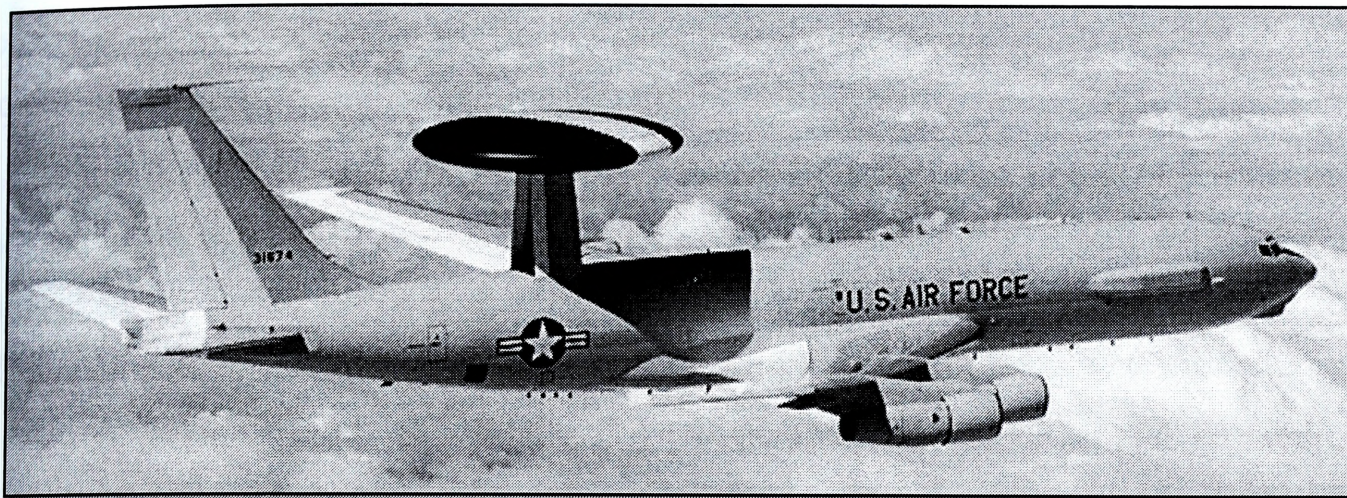
Samoloty systemu wczesnego wykrywania i naprowadzania (*AWACS*), określania obiektów uderzeń i rozpoznania (*JSTARS*), oraz powietrzne stanowiska dowodzenia i kierowania działaniami bojowymi na polu walki (*Airborne Battlefield Command and Control Centre – ABCCC*), poza rozpoznaniem powietrznych, planowane są do realizacji zadań dowodzenia i naprowadzania. Do zapewnienia tych funkcji wyposażane są w duże radary pokładowe o znacznych możliwościach w zakresie głębokości i dokładności rozpoznania. Doskonalenie tych systemów oraz bu-

---

<sup>15</sup> W świetle zapisów analizowanego dokumentu **obserwacja powietrzna** rozumiana jest jako systematyczna, wzrokowa lub przy użyciu technicznych środków rozpoznania, obserwacja powierzchni i/lub przestrzeni powietrznej prowadzona przede wszystkim w celu wykrywania zachodzących na niej zmian, identyfikacji i śledzenia wojsk, statków powietrznych i pocisków raketowych oraz prognozowania ich ruchu w przestrzeni pozostającej pod obserwacją.

*AJP-3.3 Joint Air And Space Operations Doctrine*, op. cit., pkt 410.1.b i c.

dowa nowych wyznacza kierunki rozwoju tych systemów w perspektywie najbliższych dwudziestu lat.



**Rys. 2.3. Samolot systemu wczesnego wykrywania i dowodzenia powietrznego AWACS**

Źródło: <http://www.combataircraft.com/special.asp>

Systemy AWACS i JSTARS ściśle współdziałają z samolotami RC-135, dostarczając im nieprzerwanie, niemal w czasie realnym, dane o środkach przeciwnika promieniujących energię elektromagnetyczną, w tym szczególnie dotyczące stacji radiolokacyjnych systemu OP i OPL oraz środków łączności. Na uwagę zasługuje fakt, iż w pasie taktycznym, pokładowy system rozpoznania radiolokacyjnego uzupełniany jest przez środki termowizyjne i fotograficzne, które pozwalają na dostarczanie danych o obiektach stacjonarnych nie promieniujących energii elektromagnetycznej<sup>16</sup>. W określonych sytuacjach (działania na ograniczoną głębokość ze średnich i dużych wysokości) mogą one także kierować własnymi siłami działającymi nad obszarem przeciwnika, w tym ostrzegać je o pojawiających się zagrożeniach z powietrza. Nieprzerwany obieg informacji, pomiędzy wymienionymi elementami ma zapewnić amerykański zintegrowany system dystrybucji informacji taktycznej JTIDS (*Joint Tactical Information Distribution System*), który jest systemem cyfrowym, wielodostępnym, zwielokrotnionym czasowo, utajnionym i odpornym na stosowane obecnie zakłócenia radiowe (impulsy są nadawane w szerokim paśmie, ze skokową zmianą częstotliwości nośnej).

<sup>16</sup> Uzupełnieniem wymienionych systemów powietrznych są naziemne środki rozpoznania i naprowadzania radiolokacyjnego, które z kolei dostarczają niezbędne informacje do oceny sytuacji powietrznej oraz kierują grupami samolotów w trakcie zbiórek.

W sieci dystrybucji informacji systemu JTIDS nie ma elementów węzłowych, a każdy użytkownik sieci może mieć dostęp do wszystkich pozostałych elementów. Zapewnia to niespotykaną odporność tego systemu na zniszczenia strukturalne, co oznacza, że zniszczenie lub uszkodzenie pojedynczego elementu nie będzie miało dużego wpływu na pracę pozostałych użytkowników sieci.

Samoloty systemu AWACS, w zależności od rozmachu połączonych działań powietrznych, a także złożoności sytuacji operacyjno - taktycznej, będą wspierać jednocześnie działania aktywnych środków walki zintegrowanej obrony powietrznej, działania lotnictwa biorącego udział w ofensywnej walce z potencjałem powietrznym i lądowym (morskim) przeciwnika, jak również pozostałe samoloty lotnictwa wsparcia (samoloty EW, tankowania powietrznego czy też Combat SAR). Zatem mogą być wykorzystane do dowodzenia lotnictwem myśliwskim, wykonującym zadania wymiatania (*Sweep*) lub towarzyszenia (*Escort*), przez bezpośrednie naprowadzanie na wykryte cele powietrzne (*Close Control*). Ponadto, również lotnictwo uderzeniowe będzie otrzymywać informacje o sytuacji powietrznej (np. o położeniu w stosunku do ustalonych punktów odniesienia w terenie – *Bull's Eye Points*). Jednak lotnictwo uderzeniowe posiada w dyspozycji wyspecjalizowany system radiolokacyjnego rozpoznania i naprowadzania na obiekty na powierzchni JSTARS.

Podczas planowania działań samolotów systemu wczesnego wykrywania i dowodzenia uwzględnia się m.in. następujące czynniki, mające wpływ na ich efektywność:

- wymagania w zakresie prowadzenia rozpoznania i obserwacji;
- potrzeby gromadzenia danych rozpoznawczych, geograficznych oraz uwarunkowań radiolokacyjnych terenu, ograniczeń politycznych;
- ważność zadań realizowanych przez aktywne środki walki;
- położenia stref własnych aktywnych środków walki OP.

**E-3 AWACS** (*Airborne Warning And Control System*) jest uniwersalnym, odpornym na zakłócenia, powietrznym stanowiskiem rozpoznania radiolokacyjnego oraz dowodzenia. Jest obecny w służbie od 24 Marca 1977 r., kiedy to E-3A przyjęto do 552 skrzydła TAC w bazie Linker w Oklahomie. Obecnie na wyposażeniu NATO i kilku państw sprzymierzonych z USA.

Samoloty E-3 są także wykorzystywane przez DEA (Agencja Zwalczania Narkotyków) do kontroli samolotów przewożących narkotyki z Kolumbii.

Konstrukcja: E-3 oparta jest na pasażerskim Boeingu 707 (nowa wersja na Boeingu 767). Samoloty posiadają możliwość uzupełniania paliwa w locie. Załoga E-3A liczy 17 osób: 13 operatorów AWACS i 4 obsługi samolotu (dwóch pilotów, nawigator, mechanik). E-3B/C mają osiemnastu operatorów AWACS. Cechą identyfikacyjną samolotu AWACS jest okrągła osłona anteny radaru Westinghouse AN/APY-1/AN/APY-2 (z poprzecznym układem nadawczo-odbiorczym) o średnicy 9,14 m i 1,83 wysokości, zamontowana na stelażu, 3,35 m nad kadłubem. W osłonie mieści się także antena IFF/TADIL-C. Podczas lotu operacyjnego antena (wraz z osłoną) obraca się z prędkością 6 obrotów na minutę, podczas przelotu 1/4 obrotów na minutę. Radar pracuje w paśmie E/F w trybie impulsowym lub/i impulsowo-dopplerowskim<sup>17</sup>.

Strefy dyżurowania samolotów AWACS wyznacza się nad własnym terytorium, z reguły w odległości od 100 do 250 km od FLOT, a ich położenie każdorazowo określone jest w rozkazie o kontroli powietrznej (ACO). Uwzględniając parametry radaru, pozwala to na wykrywanie obiektów powietrznych przeciwnika, wykonujących lot na bardzo małej wysokości, na odległości około 400 km w głąb ugrupowania bojowego przeciwnika, a samoloty wykonujące lot na dużych i średnich wysokościach, wykrywane są w odległości do 550 km.

**System JSTARS** jest przeznaczony do wsparcia działań lotnictwa uderzeniowego, realizującego zadania na korzyść wojsk lądowych (CAS oraz AI). System ten uważany jest za uzupełnienie systemu AWACS, gdyż jest on w stanie wykrywać również samoloty, które podobnie jak śmigłowce wykonują loty na małej wysokości i z niewielką prędkością. Ponadto umożliwia on radiolokacyjne wykrywanie, klasyfikację i śledzenie wojsk pancernych (zmechanizowanych) na całą głębokość operacyjnego ugrupowania wojsk przeciwnika oraz bieżące określanie położenia ruchomych i stacjonarnych obiektów, z dokładnością umożliwiającą ich szybkie niszczenie za pomocą konwencjonalnych środków rażenia klasy „powietrze – ziemia” („ziemia –

<sup>17</sup> Zasięg samolotu bez tankowania: 6931 km, promień taktyczny: 1853 km, prędkość maksymalna: 877 km/h (473kts), pułap maksymalny: 12770 m, prędkość wznoszenia: 13,4 m/s, prędkość startowa: 239 km/h (129kts), długość rozbiegu: 1981 m. Podstawą awioniki jest system: AN/APY-2 z pulsacyjno - dopplerowskim radarem rozpoznania powietrznego o zasięgu 320 - 750 km (zależnie od wysokości). Radar może pracować w różnych trybach: pulsacyjnym, pasywnym i z zakłócaniem elektronicznym. Samoloty E-3A zostały wyposażone w szybki komputer CC-2 (starsze wersje CC-1). Posiadają dziewięć konsol ekranów sytuacyjnych. Szybką łączność kodowaną.

ziemia”), bez względu na warunki atmosferyczne i porę doby (system rozpoznawczo-uderzeniowy).



**Rys. 2.4. Samolot E-8C systemu Joint STARS  
(Joint Surveillance Target Attack Radar System)**

Źródło: <http://www.combataircraft.com/special.asp>

System JSTARS posiada możliwości wykrywania, klasyfikacji i śledzenia sił i środków przeciwnika na całą głębokość operacyjno-taktycznego ugrupowania wojsk przeciwnika, w pasie jednego - dwóch korpusów oraz nadzorowania działań własnych wojsk w rozpoznawanym terenie. Ustalone koordynaty ruchomych i nieruchomych celów są przekazywane wojskom własnym, w celu prowadzenia skutecznego ognia, którego wykonawcą może być: lotnictwo, artyleria klasyczna i raketowa, wojska pancerne i inne środki ogniowe. System ten koordynuje prowadzenie ognia w jednym czasie przez różne środki, z różnych kierunków w zależności od sytuacji na polu walki. Zasadniczym sposobem działań samolotów systemu JSTARS jest dyżurowanie w strefie (*High Value Airborne Asset Orbit*) rozmieszczonej w głębi własnego ugrupowania bojowego.

W zależności od sytuacji operacyjno-taktycznej, potrzeb informacyjnych, a także radiolokacyjnych właściwości terenu strefę dyżurowania samolotów systemu JSTARS rozmieszcza się w odległości około 100 km od linii styczności bojowej wojsk, w której wykonywane są loty na wysokości od 10000 do 12000 m. Położenie strefy dyżurowania samolotów E-8A podawane jest w rozkazie o kontroli przestrzeni powietrznej. Samoloty systemu JSTARS osłaniane są przez samoloty myśliwskie

realizujące zadania w ogólnym systemie obrony powietrznej. Jednak w złożonej sytuacji powietrznej do osłony samolotów JSTARS mogą zostać wydzielone dodatkowe samoloty myśliwskie osłony bezpośredniej.

Czas patrolowania samolotu JSTARS wynosi od 8 do 11 godzin (bez tankowania) lub 20 godzin z jednorazowym tankowaniem w powietrzu. Jeden samolot E-8A współpracuje z 15 naziemnymi stacjami systemu w celu prowadzenia rozpoznania i obserwacji określonego obszaru lub obiektów na potrzeby poszczególnych szczebli dowodzenia wojsk lądowych lub też w celu wypracowania danych niezbędnych do realizacji zadań ogniowych przez lotnictwo uderzeniowe i naziemne środki artyleryjsko-rakietowe.

Nosicielem zasadniczej części systemu JSTARS jest gruntownie zmodyfikowany i zmodernizowany samolot Boeing B 707-320C. Charakterystyczną cechą tej maszyny jest umieszczona pod przednią częścią kadłuba ośmiometrowej długości owiewka anteny wieloczynnościowego radaru obserwacji bocznej Norden. Antena ta jest sterowana elektronicznie w azymucie, zaś kąt elewacji nastawiany jest mechanicznie. Radar ten może pracować jako urządzenie z syntetyczną projekcją obrazu (tzw. tryb pracy SAR). Wykrywa obiekty w promieniu do 257 km. Podczas trwającego 8 godzin lotu jeden samolot JSTARS jest w stanie przeszukać obszar o powierzchni ponad 1 mln km<sup>2</sup>. Innym trybem pracy radaru jest MTI (*Moving Target Indicator - wskazywanie celów ruchomych*). Wówczas, działając jako impulsowy radar dopplerowski, dostarcza on informacji o celach ruchomych znajdujących się w jego zasięgu. Radar wykrywa, lokalizuje, identyfikuje i śledzi wolno poruszające się cele (czołgi, wyrzutnie pocisków balistycznych, samobieżne zestawy artyleryjskie, itp.), a dzięki nowoczesnemu układowi przetwarzania danych jest on w stanie rozróżnić pojazdy kołowe i gąsienicowe. Dodatkowo kryterium prędkości maksymalnej umożliwia wyeliminowanie z obrazu pojazdów poruszających się zbyt szybko, czyli samochodów osobowych.

W celu uzyskania dokładnego wizerunku żądanego wycinka terenu obraz radarowy może być powiększony. W przypadku konieczności zlokalizowania pojedynczego pojazdu na niewielkim obszarze stosowany jest tryb pracy zwany SSM (*Sector Search Mode - przeszukiwanie sektora*). Dodatkowym urządzeniem współpracującym z radarem jest FTI (*Fixed Target Indicator - wskaźnik celów nieruchomych*), dzięki któremu możliwe jest zlokalizowanie obiektów strategicznych, takich

jak mosty, porty, budynki, lotniska lub zaparkowane pojazdy przeciwnika. Nałożenie na siebie obrazów uzyskanych z radaru i FTI umożliwia stworzenie zdjęć lub map wybranych rejonów działań. Dodatkowo, dzięki dołączeniu danych otrzymanych z MTI, który dysponuje możliwością odtworzenia zapisu, można dokonać analizy posunięć przeciwnika w czasie oraz wstępnie ocenić skutki ataku własnych jednostek.

Nadzór nad poprawnością działania wszystkich urządzeń obserwacyjnych (radarowych) sprawuje układ dowodzenia operacyjnego. Umożliwia on dostęp do całości zgromadzonych danych bezpośrednio na pokładzie samolotu. Podukład oparty jest na komputerach typu VAX oraz konsolach (stacjach roboczych) wyposażonych w procesory DEC Alpha. Architektura systemu pozwala na przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym. Obrazy z czujników wyświetlane są na kolorowych monitorach wysokiej rozdzielczości stanowiących integralną część każdej konsoli. Stacje robocze zdolne są do wykonywania 500 - 600 mln operacji na sekundę i posiadają niezależny dostęp do danych.

Przekazywanie informacji z pokładu JSTARS do własnych oddziałów odbywa się za pośrednictwem kodowanych łączy cyfrowych i komunikacji głosowej. Dane otrzymane za pośrednictwem radarów samolotów przesyłane są poprzez lokalne sieci posterunków radarowych, do kodowanego, odpornego na zakłócenia łączy dozoru i zarządzania danymi, które transmituje je do nieograniczonej liczby mobilnych stacji naziemnych. Przy pomocy tego samego łączy możliwe jest również przesyłanie danych pomiędzy różnymi mobilnymi stacjami naziemnymi oraz z tych stacji do JSTARS w celu uaktualniania informacji.

Interoperacyjność systemu łączności TADIL-J/Link 16 zamontowanego na pokładzie JSTARS z innymi tego typu systemami zapewniają dwa terminale Wspólnego Systemu Rozdzielania Informacji Taktycznych, które umożliwiają np. dostęp do informacji o sytuacji w przestrzeni powietrznej uzyskanych przez samoloty AWACS. Komunikację dalekosiężną - z jednostkami znajdującymi się poza bezpośrednim zasięgiem urządzeń JSTARS - zapewnia kodowane łączy satelitarne UHF i SHF, za pośrednictwem którego można przekazywać i odbierać dane cyfrowe i informacje głosowe. System komunikacji głosowej zawiera 12 kodowanych radiostacji UHF, które mogą działać niezależnie w trybach przeciwwakłóceń lub stałoczęstotliwościowych. Dodatkowo w skład systemu wchodzi także 3 kodowane radiostacje VHF, które można podłączyć do Jednokanałowego Naziemno - Powietrznego

Systemu Radiowego SINCGARS (*Single Channel Ground And Airborne Radio System*) oraz dwie kodowane radiostacje HF i system komunikacji zewnętrznej. Wszystkie zgromadzone dane i informacje mogą być bezpośrednio przekazywane do wszystkich komponentów wchodzących w skład własnych sił zbrojnych: satelitów, samolotów i śmigłowców bojowych, patrolowych, zwiadowczych i ratunkowych, okrętów, naziemnych stacji radarowych, oraz centrów dowodzenia i sektorów obrony powietrznej i centrów dowodzenia operacji połączonych.

Załoga JSTARS składa się z 2 pilotów, inżyniera pokładowego, nawigatora sprawującego jednocześnie funkcję operatora systemów samoobrony oraz 17 operatorów konsol systemu radarowego. W przypadku misji, których czas trwania przekracza 11 godzin, załoga zostaje powiększona do 34 osób, co umożliwia pracę dwuzmianową<sup>18</sup>.

Francuski system wczesnego ostrzegania **Horizon** tworzy element powietrzny, który został zainstalowany na śmigłowcu *Eurocopter AS532UL Cougar* oraz naziemne stanowisko operatorskie<sup>19</sup>. System radarowy Horizon został opracowany z przeznaczeniem do wykrywania, określania położenia i śledzenia wolno poruszających się obiektów takich jak samochody, pojazdy opancerzone i śmigłowce, na odległościach do 150 km od elementu powietrznego. Dodatkowo może on dostarczać informacje celownicze dla artylerii, własnych śmigłowców bojowych oraz samolotów wsparcia (CAS), prowadząc równocześnie obserwację całego obszaru zainteresowania operacyjnego. Ilość jednocześnie obserwowanych celów sięga 4000. Śmigłowiec z radarem operuje w pobliżu FLOT, poza zasięgiem środków przeciwlotniczych przeciwnika. Wykorzystywany jest na szczeblu operacyjno-taktycznym (dywizja, brygada).

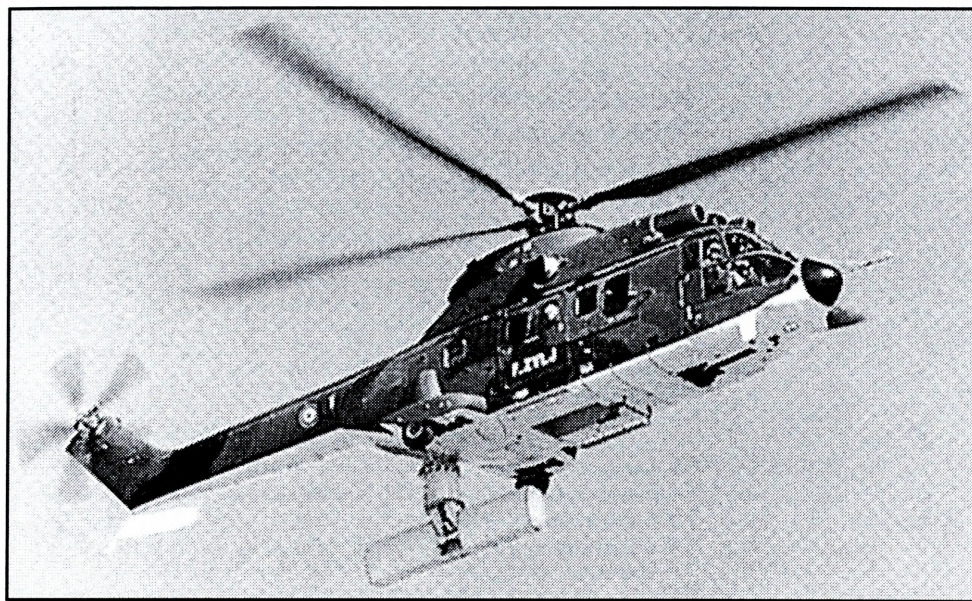
Radary Horizon są przystosowane do obserwacji wybranego sektora, niezależnie od trasy lotu czy manewrów śmigłowca. Mogą pracować wiązką ciągłą lub impulsowo. W ciągu dziesięciu sekund dokonują skanowania obszaru o powierzchni 20

---

<sup>18</sup> Pierwszy seryjny samolot E-8C JSTARS został oficjalnie przyjęty na wyposażenie 93 Skrzydła Kontroli Powietrznej stacjonującego w bazie lotniczej Robins w Georgii w dniu 11 czerwca 1996 r. Wkrótce potem, w październiku tego roku, maszyna ta oraz z egzemplarz E-8C używany w próbach fabrycznych znów pojawiły się na niebie nad byłą Jugosławią. Operując z baz w Niemczech odbyły one 36 lotów trwających łącznie ponad 470 godzin. Do zadań samolotów JSTARS należało wykrywanie wszelkiej działalności wojskowej zwaśnionych stron.

<sup>19</sup> Opracowano na podstawie materiału K. Krzysztofowicza zamieszczonego w Internet na stronie: <http://www.pg.gda.pl/~kkrzysztof/horizon.htm>

tys. km kwadratowych. Dane uzyskane przez radar są przesyłane do stanowiska naziemnego, w czasie rzeczywistym, za pomocą linii transmisji danych Agatha.

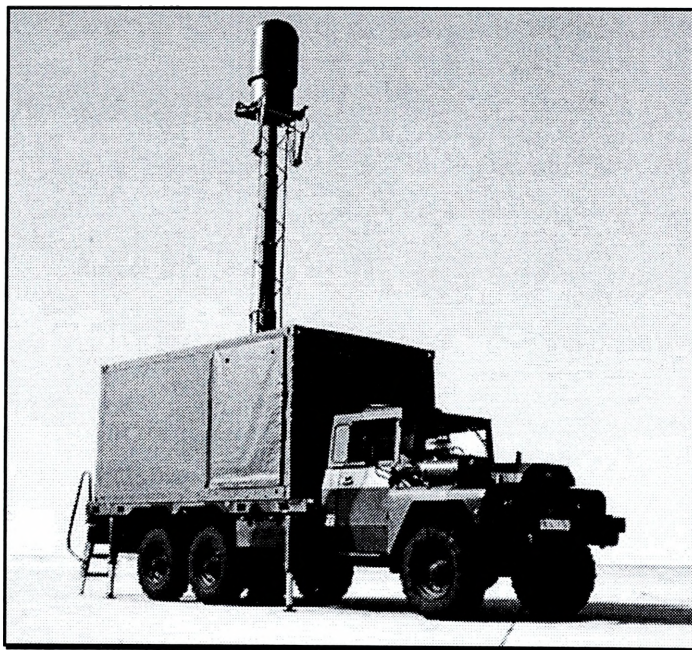


**Rys. 2.5. Element powietrzny systemu AS 532 HORIZON**

Śmigłowce mogą operować w odległości do 120 km od naziemnego stanowiska dowodzenia. Stanowisko naziemne, opracowane przez *Dassault Electronique* umieszczone jest na siedmionowym samochodzie transportowym. Znajdują się w nim dwie jednakowe konsole operatorów, którzy prowadzą obserwację wyznaczonego obszaru i dokonują analizy danych. Dodatkowe identyczne stanowisko operatora zainstalowane jest na śmigłowcu, co czyni system bardziej niezależnym. W celu zwiększenia precyzji lokalizacji celów obszar jest obserwowany przez dwa śmigłowce. Położenie celu obliczane jest z danych uzyskanych w wyniku przecięcia się wiązek pochodzących z obu radarów.

Na francuskich śmigłowcach zainstalowano środki łączności pozwalające na kontaktowanie się z różnymi systemami dowodzenia. Dodatkowo radar oraz linia transmisji danych zabezpieczone są przed środkami zakłócania radioelektronicznego. Także śmigłowce wyposażone są w standardowe środki samoobrony. W warunkach bojowych system ma współpracować z zainstalowanymi na samolotach *Mirage F1-CR* radarami obrazowymi *Raphael*<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Systemem *Horizon* zainteresowało się NATO. Jego przedstawiciele byli obecni na specjalnej prezentacji, w czasie której symulowano działania inwazyjne na wybrzeżu Francji. Dane z radaru przekazywane do stanowiska naziemnego pozwoliły na błyskawiczne zorientowanie się w rozwoju sytuacji, obserwację ruchów przeciwnika i przewidywanie miejsc, w których pojawią się jego pojazdy. Przeprowadzono również prezentację uzyskanych danych w formie przyspieszonej na tle obrazów pochodzących z satelity SPOT, co pozwala na zorientowanie się w tendencjach rozwojowych sytuacji na zapleczu przeciwnika.



**Rys. 2.6. Stacja naziemna AS 532 HORIZON**

Źródło: <http://www.google.pl/search?q=Horizon+system&hl=pl&lr=&start=10&sa=N>

Systemy radarowe używane w siłach lotnictwa morskiego reprezentuje **radio-  
lokator AN/APS -137 P/F**. Jest to nowy model rodziny impulsowo-dopplerowskich radarów wielofunkcyjnych produkowanych przez firmę Texas Instruments dla samolotów patrolowych i myśliwców marynarki. Konstrukcja urządzenia jest modułowa, co ułatwia szybką wymianę poszczególnych podzespołów w razie ich uszkodzenia lub modyfikacji (dzięki temu, w celu unowocześnienia radaru wystarczy zamontować odpowiedni moduł zamiast zakupu nowego urządzenia) oraz znacznie ułatwia montaż na samolocie. Taka konstrukcja radaru ma zapewnić jego nowoczesność przez wiele lat. Możliwości radaru AN/APS-137 P/F są następujące:

- wykrywanie małych celów; funkcja ta umożliwia wykrywanie obiektów o bardzo małym echu radarowym (np. peryskop okrętu podwodnego, miny wodne, boje itp.), poniżej wartości SPO  $1 \text{ m}^2$  na odległościach do 85 km w przedniej półsfery, w trudnych warunkach atmosferycznych. Funkcja ta wykorzystywana jest w przypadku lotów na zwalczanie okrętów podwodnych oraz w trakcie operacji poszukiwawczo-ratowniczych (SAR - *Search And Rescue*);
- obserwacja dalekiego zasięgu umożliwiająca wykrywanie obiektów już z odległości 200 km. Funkcja ta wykorzystywana jest w przypadku prowadzenia walki morskiej lub dozoru obszaru morskiego. System radarowy ma również wbudowaną funkcję skanowania, która umożliwia rozpoznawanie rodzaju celów. Otrzymany w tym wypadku dwuwymiarowy obraz echa pozwala na lepsze zaprogramowanie

głowic bojowych pocisków wystrzeliwanych w kierunku przeciwnika. Radar równocześnie może śledzić i namierzać aż 32 cele;

- nawigacja - radar pracuje jako pomoc nawigacyjna dużego zasięgu (do 160 km) oraz pozwala na uzyskiwanie dokładnej mapy radarowej obszaru przybrzeżnego, co ułatwia określenie własnego położenia;
- radar meteorologiczny - funkcja ta umożliwia określenie pogody panującej na planowanej trasie przelotu lub w wybranym rejonie dozoru;
- wykrywanie i zwalczanie celów powietrznych - funkcja umożliwia wykrycie celów lecących na małej i dużej wysokości rzędu 0.005...25 km oraz jednoczesne śledzenie i atakowanie 3 celów z selekcją celu najgroźniejszego.

Sektor obserwacji radaru w konfiguracji samolotu patrolowego wynosi  $360^\circ$  w azymucie (zastosowanie anteny ruchomej o pełnym sektorze obrotu) i  $\pm 40^\circ$  w kącie elewacji. W konfiguracji samolotu myśliwskiego, sektor obserwacji wynosi odpowiednio  $\pm 60^\circ$  w azymucie i  $\pm 40^\circ$  w elewacji (antena umieszczona w przedniej części samolotu i ustawiona w kierunku lotu). Aby uodpornić radar na zakłócenia radioelektroniczne ze strony przeciwnika, wbudowano w niego szereg modułów mających zabezpieczać go przed zagłuszeniem. Współczesne radary pokładowe spełniają wiele funkcji, których realizacja, przy wykorzystaniu klasycznego celownika radiolokacyjnego byłaby niemożliwa. Zapewnienie wszystkich funkcji realizowanych przez współczesne radary wielofunkcyjne wymagałoby zabudowania na płatowcu szeregu urządzeń i systemów współpracujących ze sobą, co pociągałoby znaczny wzrost masy samolotu i duży stopień skomplikowania. Wielofunkcyjność współczesnych radarów impulsowo-dopplerowskich klasyfikuje je jako podstawowy element awioniki współczesnego samolotu bojowego.

## **B. Przyszłość powietrznych radiolokacyjnych systemów rozpoznania NATO**

Europejski system AGS Core stanowić będzie podstawę przyszłego systemu obrony przeciwrakietowej (*Theatre and Territorial Missile Defence*) oraz jednolicie zdefiniowanego systemu kontroli przestrzeni powietrznej (*Air Command and Control System - ACCS*) – pozyskiwanie danych rozpoznawczych o obiektach powietrznych opiera o powietrzne urządzenia radiolokacyjne instalowane na samolotach i bezzałogowych statkach powietrznych<sup>21</sup>. Jego wprowadzenie do użytku wyznacza przyszłe, nowe standardy w zakresie rozpoznania radiolokacyjnego.

Najbardziej zaawansowanymi elementami radiolokacyjnego rozpoznania w tym systemie są systemy radarowe zabudowane na 4-8 samolotach Airbus A321 oraz 4-7 strategicznych samolotach bezzałogowych (HALE UAV) Northrop Grumman/EADS EuroHawk, czyli zeuropeizowanej odmiany amerykańskiego RQ-4A Global Hawka.

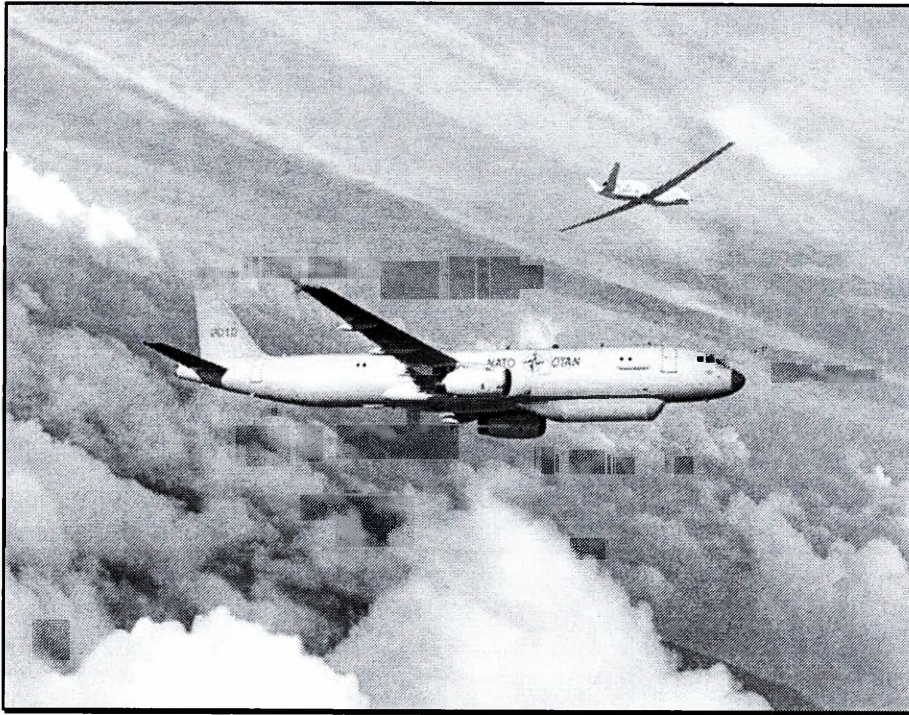


**Rys. 2.7. Antena nowego systemu radarowego na samolocie Airbus A321 umieszczona na specjalnej konstrukcji nad tylną częścią kadłuba**

Oba typy statków powietrznych mają być specjalnie zmodyfikowane i przystosowane do roli nośnika powstającego w Europie i w USA nowego modułowego rada-

<sup>21</sup> Zgodnie z planami Sojuszu NATO AGS Core System powinien osiągnąć wstępną gotowość operacyjną (z 2 platformami opartymi na A321 i 2 na Global Hawku) w grudniu 2010, zaś dostawy sprzętu latającego powinny zakończyć się pod maj lub czerwcu 2013. W tym też czasie system powinien osiągnąć pełną gotowość bojową. Jego uzupełnieniem w systemie narodowym mogą być platformy powietrzne: udoskonalone Bryzy i odrzutowce F-16, wyposażone w radar AN/APG-68 z modułem SAR.

ru Transatlantic Cooperative AGS Radar (TCAR)<sup>22</sup>. Radar z syntetyczną projekcją obrazu będzie mógł wykrywać i śledzić obiekty naziemne do odległości 250 km, powietrzne 350 km na każdej wysokości.



**Rys. 2.8 Samolot Airbus A321 z anteną na wzór JSTARS**

<http://www.globalsecurity.org/military/world/europe/a321-ags.htm>

Środki rozpoznania radiolokacyjnego będą też przenoszone przez szerokie spektrum wyspecjalizowanych załogowych i bezzałogowych rozpoznawczych statków powietrznych oraz statki powietrzne o innym niż rozpoznawcze zasadniczym przeznaczeniu bojowym. Mogą nimi być:

- wyspecjalizowane samoloty i śmigłowce radiolokacyjnej obserwacji przestrzeni powietrznej;
- wyspecjalizowane samoloty i śmigłowce radiolokacyjnego rozpoznania lądowego i morskiego środowiska walki;
- rozpoznawcze wersje samolotów uderzeniowych;
- samoloty uderzeniowe przenoszące zasobniki rozpoznawcze;
- bezzałogowe samoloty i śmigłowce rozpoznawcze.

<sup>22</sup> G. Hołdanowicz. NATO AGS A.D. 2004 = TIPS. Raport 05/2004. Opublikowane w: <http://www.altair.com.pl/files/r0504asg.htm>

Wybrane dane taktyczno-techniczne samolotów załogowych i bezzałogowych, które mogą być użyte do rozpoznania radiolokacyjnego przedstawiono w tabelach 2.1 i 2.2.

Tabela 2.1

**Możliwości rozpoznawcze wybranych samolotów bezzałogowych**

Typ aparatu	Możliwe sposoby rozpoznania	Zdolność przesyłu informacji	Możliwości czasowo-przestrzenne	Informacje dodatkowe
RQ-4A Global Hawk	elektrooptyczne w podczerwieni radiolokacyjne	data link SATCOM	T <sub>lotu</sub> do 24 h H <sub>lotu</sub> pow. 18000m	- do 1900 zdjęć o rozdziel. 0,3m - SAR – rozpoznanie w pasie rozdzielczość 1m / w pasie 0,3m - NIIRS – 5,5 do 6 - MTI – pow. 6,5 km/h, w odległ. 20 do 200 km
RQ-1MAE Predator	elektrooptyczne w podczerwieni radiolokacyjne	data link SATCOM live video	T <sub>lotu</sub> do 24h H <sub>lotu</sub> do 7800m	brak danych

Źródło: opracowanie na podstawie ATP-47(A) Handbook for Air Reconnaissance Tasking and Reporting; [www.fas.org/irp/program/collect](http://www.fas.org/irp/program/collect).

Tabela 2.2

**Samoloty lotnictwa sił powietrznych przystosowane do prowadzenia rozpoznania powietrznego**

Typ samolotu	Aparatura rozpoznawcza	Możliwe sposoby rozpoznania	Zdolność przesyłu informacji	Informacje dodatkowe
TR-1/U-2	ASARS	radiolokacyjne	data link SATCOM	radar SAR z funkcjami MTI i FTI
F-14D F/A-18E/F	SHARP	optoelektroniczne w podczerwieni radiolokacyjne	data link	NIIRS 6-7 dla rozp. e/optycz. NIIRS 5-6 dla rozp. w podcz. NIIRS 3-4 dla rozp. radiolok.
Mirage F1CR	Raphael TH Super Cyclope	fotograficzne w podczerwieni radiolokacyjne	data link	radar SAR z funkcjami MTI i FTI
Mirage IV P	CT 52 Super Cyclope	fotograficzne w podczerwieni radiolokacyjne	data link	radar SAR zamiast integralnych aparatów fotograficznych

Źródło: opracowanie na podstawie ATP-47(A) Handbook for Air Reconnaissance Tasking and Reporting; [www.fas.org/irp/program/collect](http://www.fas.org/irp/program/collect).

W świetle przeprowadzonej analizy rozwiązań stosowanych w lotnictwie sił powietrznych państw NATO podział powyższy jest do pewnego stopnia umowny,

dyż szereg samolotów przenosi szeroką gamę technicznych środków rozpoznania umożliwiających jednocześnie wykonywanie różnorodnych zadań rozpoznawczych.

Rozpoznanie radiolokacyjne prowadzone przez lotnictwo powinno zapewniać możliwość realizacji zadań rozpoznawczych z bezpiecznych odległości w stosunku do rozpoznawanych obiektów oraz od ich obrony przeciwlotniczej. Studia materiałów źródłowych wskazują jednak, że rozdzielczość obrazu uzyskiwanego dzięki rozpoznaniu radiolokacyjnemu jest niższa niż danych z rozpoznania fotograficznego, elektrooptycznego czy prowadzonego w podczerwieni, co może ograniczyć możliwość wykorzystania uzyskiwanej w ten sposób informacji rozpoznawczej<sup>23</sup>. Wykorzystywanie stacji radiolokacyjnych z aparaturą posiadającą funkcję syntetycznego zobrażenia (*Synthetic Aperture Radar – SAR*) pozwala na prowadzenie rozpoznania powietrznego obserwowanego terenu (obiektu) niemal w każdych warunkach atmosferycznych. Istotną zaletą wykorzystania stacji radiolokacyjnych jest, co potwierdzają doświadczenia ostatnich operacji powietrznych to, że rozpoznanie radiolokacyjne może być prowadzone na obszarze kilkuset tysięcy kilometrów kwadratowych w trakcie jednego lotu rozpoznawczego, ale wiąże się to z dokładnością uzyskiwanej informacji. Przy obecnie dostępnej technologii, rozpoznanie radiolokacyjne pozwala przede wszystkim uzyskiwać ogólne informacje o ruchach wojsk dzięki stosowaniu wskaźników (identyfikatorów) celów ruchomych (*Moving Target Indicators – MTI*).

### **C. Środki radiolokacyjne w lotnictwie myśliwskim i uderzeniowym**

Przyszłość rozpoznania obiektów powietrznych to radiolokatory pokładowe nowej generacji, które uniezależnią samoloty myśliwskie od zewnętrznych powietrznych radarów typu AWACS. Radiolokator pokładowy **AN/APG-77** samolotu F-22 *Raptor* jest zapowiedzią rozwoju tego rodzaju technologii. Będzie miał on zasięg wykrywania obiektów o skutecznej powierzchni odbicia (SPO) 1 m<sup>2</sup> (pocisk raketowy klasy *cruise* lub myśliwiec zbudowany w technologii *stealth*) równy 125-215 km<sup>24</sup>. Kierunkiem preferowanym w założeniach konstrukcyjnych jest osiągnięcie dużego za-

<sup>23</sup> Tamże, pkt 0116.

<sup>24</sup> Dzięki zastosowaniu aktywnej, skanowanej elektronicznie anteny (*active electronically scanned array – AESA*) zasięg ten może zostać przekroczony o co najmniej 15%. Okazuje się, że radiolokator projektowany dla F-22 uzyskuje zasięg ponad 200 km nawet w trybie zmniejszenia prawdopodobieństwa wykrycia nosiciela (*low-probability-of-intercept, LPI*). Tryb ten oznacza ograniczenie poziomu emisji elektromagnetycznej, co ma zasadnicze znaczenie dla samolotów budowanych zgodnie z zasadami *stealth*. T. Hypki: *Ostatnie amerykańskie myśliwce*, „Skrzydła Polska” 5/2000, s. 30.

sięgu wykrywania obiektów powietrznych, przy jednoczesnym dążeniu do dyskretnej emisji sygnału penetrującego.

Aktywne, skanowane elektronicznie anteny typu AESA przyszłościowych radarów pokładowych będą zdolne wysyłać stosunkowo słaby sygnał w paśmie 2 GHz ze skokową zmianę jego częstotliwości i kierunku, co pozwoli na skryte rozpoznanie przestrzeni powietrznej, a jednocześnie utrudni wykrycie pracy radaru. Umożliwi to jej konstrukcja, składająca się z około 2 tysięcy aktywnych modułów nadawczo-odbiorczych. Komputerowe sterowanie pozwala na dowolną zmianę natężenia wysyłanego przez każdy z nich sygnału, a w efekcie uzyskiwanie sumarycznego impulsu o żądanym kierunku i natężeniu<sup>25</sup>.

Przy maksymalnym zasięgu radiolokator F-22 może wykryć obiekt o SPO 1 m<sup>2</sup> z prawdopodobieństwem równym 86% przy jednorazowej emisji sygnału. Po wykryciu możliwe jest przeprowadzenie klasycznej procedury identyfikacji celu przy pomocy systemu IFF lub – co jest zasadniczą nowością – poprzez przełączenie radiolokatora w tryb bardzo wysokiej rozdzielczości (*ultra high resolution - UHR*). Obraz obiektu obserwowanego w tym trybie z odległości 180 km ma rozdzielczość ok. 30 cm. Oznacza to, że typowy samolot tworzy na ekranie radiolokatora matrycę co najmniej 100 pikseli, wystarczającą do jego wiarygodnej identyfikacji. Odbywa się ona automatycznie, bo w pamięci komputera pokładowego znajdują się obrazy wszystkich znanych samolotów – własnych i potencjalnych przeciwników (katalog uzupełnia się na wspólnych ćwiczeniach, pokazach i przy innych mniej oficjalnych okazjach). Kilka kolejno zarejestrowanych obrazów pozwala na określenie położenie obserwowanego obiektu w przestrzeni (kierunek lotu, kąt natarcia) i porównanie z odpowiednimi obrazami z katalogu danych<sup>26</sup>.

Doskonale własności anteny AESA pozwalają na jej zastosowanie do rozpoznania radioelektronicznego. Może ona przechwytywać z bardzo dużej odległości sygnały radiolokatorów myśliwców przeciwnika lub emisje kierowane do stacji naziemnych lub samolotów AWACS. Ponieważ F-22 mogą stosunkowo bezpiecznie

---

<sup>25</sup> Zasięg i rozdzielczość takiej anteny zależy od jej średnicy i liczby zastosowanych modułów aktywnych. F-16 z anteną AESA miałby (dla SPO = 1 m<sup>2</sup>) zasięg równy ok. 125 km, projektowany właśnie JSF (*Joint Strike Fighter*) – ok. 160 km, a F-15 nawet 250-260 km. Radiolokatory tych samolotów dla uzyskania takich parametrów musiałyby jednak działać w normalny sposób, bez zastosowania trybu LPI.

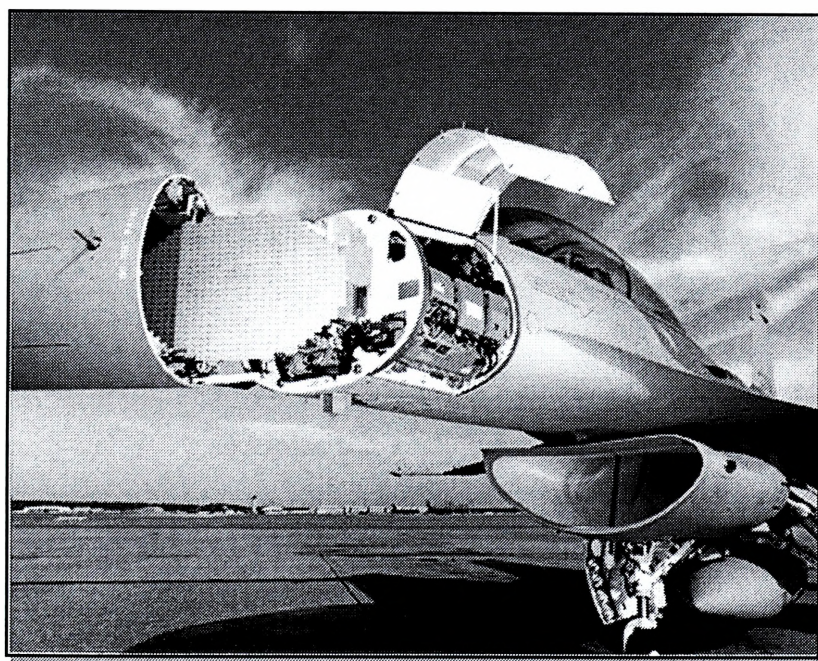
Tamże, s. 31.

<sup>26</sup> T. Hypki: *Ostatnie amerykańskie myśliwce*, „Skrzydłata Polska” 5/2000, s.31.

zbliżyć się do obserwowanych samolotów, prowadzone przez nie rozpoznanie może być bardziej skuteczne niż to realizowane przez wyspecjalizowane samoloty rozpoznawcze (np. *RC-135 Rivet Joint*) czy satelity. Gdy zajdzie taka konieczność, antena AESA może być wykorzystana także do skutecznego zakłócania urządzeń radioelektronicznych przeciwnika.

Stacja radiolokacyjna AN/APG-77 jest jedynym na świecie radarem samolotu myśliwskiego, pracującym na tzw. zakresie „szepczącym” (poniżej poziomu szumów naturalnych) i jest odporna nie tylko na zakłócania, ale nawet i na tradycyjne metody wykrycia jej pracy. Nie pominięto też nowoczesnych systemów wymiany informacji i ich zobrazowania. F-22 zaliczany jest umownie do samolotów piątej generacji, gdyż jego następcą będzie przypuszczalnie bojowy środek bezpilotowy (sterowany przez „pilota” na naziemnym lub latającym stanowisku, działający w rzeczywistości wirtualnej), jako że cokolwiek można jeszcze poprawić z możliwości tego samolotu, za każdym razem pilot na pokładzie będzie wyraźnie stanowił najslabsze ogniwo systemu.

Wielofunkcyjne stacje radiolokacyjne zdolne do pracy zarówno w funkcji powietrze-powietrze jak i powietrze-powierzchnia reprezentuje radiolokator AN/APG-68. Jest to rozwinięcie wielofunkcyjnego radaru impulsowo-dopplerowskiego AN/APG-66 z przeznaczeniem dla nowszych wersji samolotów F-16 oraz dla samolotów F-18.

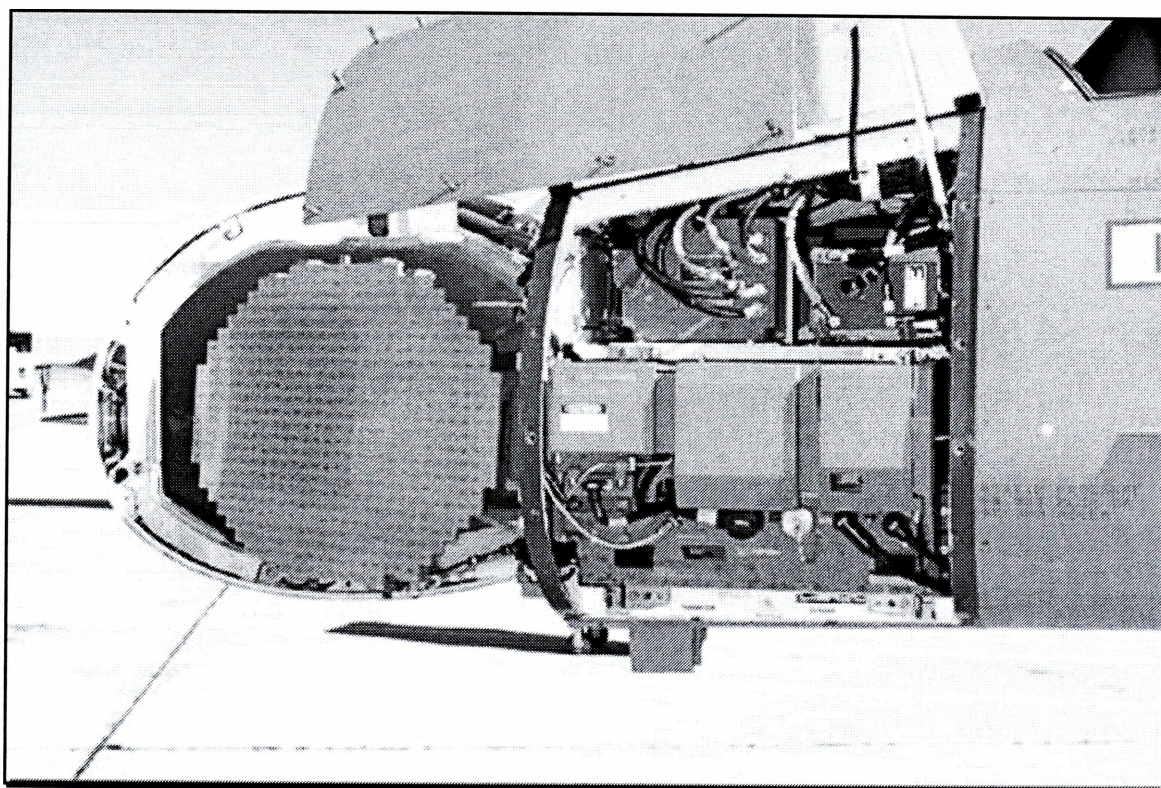


**Rys. 2.9. Radar AN/APG-68 na samolocie F-16**

**Źródło:** [www.airforce-technology.com/projects/f16](http://www.airforce-technology.com/projects/f16) z dn. 03.05.2003 r.

Radar AN/APG-68 pracuje w zakresie fal I/J. Posiada moduł „świadomości sytuacji” (SA – *Situation Awareness*), ostrzegający pilota przed zagrożeniem. W warunkach idealnych maksymalny zasięg wykrywania dużych celów (SPO powyżej 7 m<sup>2</sup>) na dużej wysokości wynosi 270 km. Dla celów mniejszych (SPO powyżej 3 m<sup>2</sup>) zmniejsza się on do ok. 170 km.

Radar umożliwia wykrywanie i śledzenie celów na tle ziemi; dla celów dużych zasięg wykrywania wynosi 220 km i 130 km dla celów małych oraz pojazdów poruszających się na tle ziemi. Stacja może rozpocząć śledzenie celu w odległości równej ok. 60% odległości wykrycia. Możliwe jest jednoczesne śledzenie do 10 celów. Radar posiada ponad 20 rodzajów pracy.



**Rys. 2.10. Antena radaru AN/APG-68(V)9 na samolocie F-16C Block 50+/52+**

*Źródło: [www.fazotron-military.com/products/miq21](http://www.fazotron-military.com/products/miq21) z dn. 23.02.2000 r.*

Podstawowa modyfikacją było połączenie w jeden blok wszystkich układów obróbki cyfrowej oraz udoskonalenie technologiczne poszczególnych elementów cyfrowych. Dołączono ponadto możliwość pracy z dużą częstotliwością powtarzania impulsów. Pozwoliło to na uzyskanie znacznych zasięgów wykrywania w przedniej półsfery. Radar współpracuje także z systemem LANTIRN przygotowując niezbędne dane do użycia kierowanych pocisków i nawigacji<sup>27</sup>.

<sup>27</sup> ang. *Low-Altitude Navigation and Targeting Infra-Red for Night* – podwieszany zasobnik nawi-

Skanowanie odbywa się mechanicznie. Do walki powietrznej wykorzystuje się tryby RWS (*Range While Scan*), TWS (*Track While Scan* do 10 celów), oraz ACM (*Air Combat Mode*). Ten ostatni jest wykorzystywany na małych odległościach, a w jego skład wchodzi m. in. podtryby Boresight, VS (*Vertical Scan*) czy Slew. Radar posiada funkcję RAM (*Raid Assessment Mode*), czyli oddzielania odbić blisko lecących samolotów z dużej odległości. Do atakowania celów naziemnych (nawodnych) używa się trybów: GM (*Ground Map*), GMT (*Ground Moving Targets*), oraz Sea (atakowanie celów nawodnych). Warto wspomnieć o aparaturze do syntetycznego zwiększania rozdzielczości obrazu (SAR), o możliwości zatrzymania obrazu i precyzyjnego wybrania celu (*funkcja Freeze*), oraz o możliwości wykrycia pojazdów poruszających się z nawet niewielką prędkością dzięki wyostrzaniu wiązki dopplerowskiej (*DBSM - Doppler Beam Sharpening Mode*). Radar jest także wykorzystywany do celowania działkiem M61A1. Maksymalny zasięg wykrycia samolotu o dużych wymiarach (np. bombowca strategicznego) – 160 km. Maksymalny zasięg wykrycia samolotu o małych wymiarach (np. myśliwca) – 100 km.

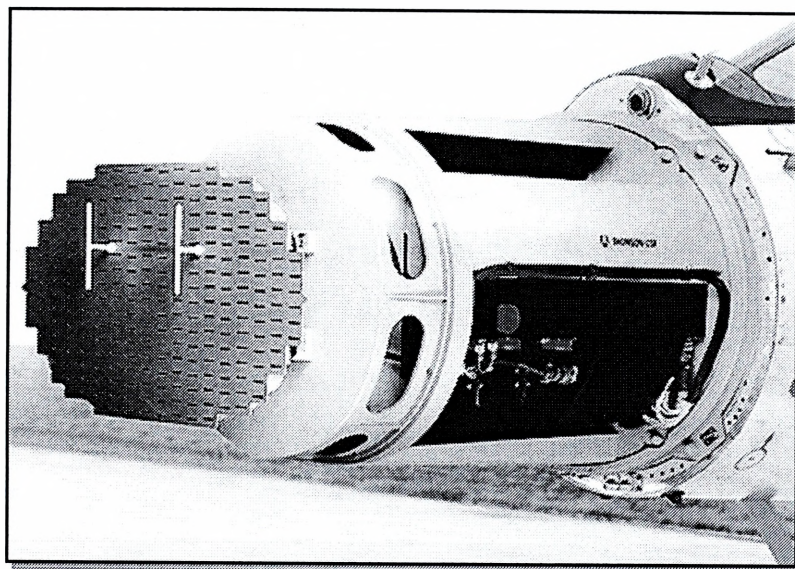
Opracowana została odmiana tego radaru pod oznaczeniem AN/APG-68(V)9 z częściowym skanowaniem elektronicznym (fazowym). Jest ona przeznaczona specjalnie dla F-16C Block 50+/52+.

Przykład kierunków i możliwości technologicznych w dziedzinie radiolokacji sił powietrznych Rosji reprezentuje **radiolokator KOPJO** to. Jest to wielofunkcyjny, pokładowy, impulsowo-dopplerowski radiolokator, który umożliwia wykrycie celu i pomiar odległości, także na tle ziemi, jednoczesne śledzenie 8 celów, z selekcją celu najniebezpieczniejszego oraz jednoczesny atak na 2 ze śledzonych obiektów. Przy zwalczaniu celów powierzchniowych umożliwia radarowe mapowanie terenu (obraz naturalny, dopplerowski z obrazem wyostrzonym, obraz syntetyczny), powiększanie skali dowolnie wybranego fragmentu mapy, pomiar odległości, rozpoznanie i śledzenie jednocześnie 4 celów ruchomych. Ponadto może być przystosowany do śledzenia i omijania przeszkód terenowych. Radar KOPJO cechuje się następującymi parametrami:

---

gacyjny, umożliwiający prowadzenie działań bojowych przeciwko celom naziemnym w trudnych warunkach pogodowych oraz w nocy, w lotach na małych wysokościach (do 60 m) z prędkością do 930 km/h.

- odległość wykrycia celu o SPO równym  $5 \text{ m}^2$  wynosi, w wolnej przestrzeni do 57 km w przedniej półsfery i 30 km w tylnej, a na tle ziemi odpowiednio: w przedniej półsfery 57 km i w tylnej 25 km;
- odległość wykrycia celu o SPO równym  $3 \text{ m}^2$  wynosi 45 km;
- cel morski o SPO równym  $100 \text{ m}^2$  wykrywany jest przy stanie morza  $0^\circ \text{ B}$  z odległości 80 km, a przy stanie morza  $4^\circ \text{ B}$  z odległości 50 km;
- masa radaru wynosi tylko 115 kg.



**Rys. 2.11. Radar KOPJO**

**Źródło:** [www.fazotron-military.com/products/miq21](http://www.fazotron-military.com/products/miq21) z dn. 23.02.2000 r.

Radar KOPJO wyposażony jest w antenę szczelinową o średnicy 50 cm, z elektronicznie sterowaną wiązką elektromagnetyczną. Współpracuje on z komputerem pokładowym oraz systemami nawigacyjnymi i uzbrojenia. Współpracując z systemem uzbrojenia, umożliwia atak pociskami sterowanymi radiolokacyjnie aktywnie i półaktywnie oraz bombami, kierowanymi radiolokacyjnie, laserowo i telewizyjnie.

Szczytowe osiągnięcie w technice rozpoznania powietrznego lotnictwa taktycznego Rosji, z użyciem pokładowych stacji wielofunkcyjnych stanowi **radiolokator SBI – 16 ZASŁON**. Jest to impulsowo – dopplerowski radar dalekiego zasięgu, który oprócz typowych funkcji radaru samolotu myśliwskiego, posiada możliwość zastosowania jako powietrzny element systemu obserwacji radiolokacyjnej i wczesnego wykrywania - AWACS (ang. *Air Warning And Control System*). Radiolokator ten wchodzi w skład pokładowego systemu sterowania uzbrojeniem, współpracując z cyfrowym kompleksem zbierającym, przetwarzającym i przekazującym dane dotyczące

sytuacji w locie, wykrytych celów i zagrożeń. Wyposażony jest w antenę ze skanowaniem fazowym, pozwalającą na wykrywanie, śledzenie i rozpoznanie celów lecących na wysokościach 0.05-35 km, przy sektorze obserwacji w azymucie  $\pm 70^\circ$  oraz elewacji  $+70^\circ$  w górę i  $-60^\circ$  w dół od osi samolotu. Zasięg przeszukiwania jest stosunkowo duży i wynosi 200-320 km w przedniej półsfery oraz 90-150 km w tylnej półsfery, zależnie od wielkości i położenia celu w przestrzeni. Istnieje również możliwość automatycznego śledzenia celów, w zakresie 120-250 km w przedniej półsfery i 70-120 km w tylnej półsfery. Maksymalna ilość wykrywanych i automatycznie śledzonych celów wynosi 10. Radar ten wykorzystywany jest w samolotach MIG-31, gdzie obserwację można także prowadzić pasywnie, przy pomocy wysuwanego w locie, spod kadłuba, termonamiernika współpracującego ze stacją radiolokacyjną ZASŁON. Maksymalny zasięg współpracujących urządzeń wynosi ok. 50 km przy sektorze obserwacji w azymucie  $\pm 60^\circ$  i kącie elewacji  $+6^\circ$  w górę,  $-13^\circ$  w dół. Współpraca radiolokatora z termonamiernikiem może odbywać się tylko w przedniej półsfery.

Tabela 2.3

***Dane taktyczno-techniczne radarów produkcji rosyjskiej***

Parametr/Typ stacji	MOSKIT	KOPJO	ŻUK	RP-35	SOKÓL
<b>Zasięg wykrywania, (km)</b>					
- w przedniej półsfery	25	57	80	140	180
- w tylnej półsfery	15	35	40	65	80
<b>Zakresy obserwacji, (<math>^\circ</math>)</b>					
- w azymucie	+/-10, 30	+/-10, 30	+/-20, 60, 90	+/-20, 60	+/-20, 60
- w elewacji	2, 4	2, 4	2,	2, 4	2, 4
<b>Liczba śledzonych jednocześnie celów powietrznych</b>	8	4	10	24	24
<b>Liczba naprowadzanych jednocześnie kierowanych pocisków rakietowych</b>	2	1	2-4	4	6
<b>Liczba śledzonych jednocześnie celów naziemnych</b>	2	4	4	4	4
<b>Moc impulsowa, (kW)</b>	4	5	5	8	8
<b>Moc ciągła, (kW)</b>	0,3	1	1	2	2
<b>Moc zasilania, (kVA)</b>	2,1	8,5	8,5	12	12
<b>Zakres częstotliwości</b>	X	X	X	X	X
<b>Masa, (kg)</b>	70	130	250	220	275

Objętość, (dm <sup>3</sup> )	300	400	800	500	600
Czas międzyusterkowy, (h)	120	120	120	120	120
Podstawowe lub proponowane przeznaczenie	MIG-ATC	MIG-21	MIG-29,- 33	MIG-35	Su-35

*Źródło:* J. Gordon: *Sekrety wschodu*, „Skrzydłata Polska” 10/1999, s. 32.

Rosyjskie samoloty myśliwskie w przyszłości będą wyposażone w nowoczesne **stacje radiolokacyjne typu N-010 Żuk**. Będą to stacje impulsowo-dopplerowskie z anteną szczelinową, pracujący w trzech częstotliwościach. Wyróżnia je znaczna odporność na zakłócenia oraz możliwość obserwacji ziemi. Stacja tworzy mapę terenu z zatrzymaniem obrazu i powiększaniem wycinka (rozdzielczość przy kartografowaniu wynosi 15-20 m), określa współrzędne wybranych obiektów, umożliwia lot na małej wysokości z automatycznym omijaniem przeszkód, a także wskazuje cele rakietom kierowanym powietrze-ziemia. Informacje z radaru przekazywane są także do systemu nawigacyjnego dla jego korekty.

Nośnikiem najnowszych technologii jest **stacja radiolokacyjna N014** przeznaczona dla samolotu MiG MFI<sup>28</sup>. Radar otrzymał antenę z elektronicznym skanowaniem fazowym, tym samym posiada właściwość pracy wielokanałowej. Największą zaletą radarów z elektronicznym skanowaniem fazowym jest bardzo krótki czas przeszukiwania przestrzeni powietrznej, liczony w milisekundach, co daje quasi-ciągłe opromieniowanie celu. Umożliwia to jednoczesne naprowadzanie rakiet kierowanych powietrze-powietrze na kilka celów bardzo od siebie oddalonych, np. jeden lecący tuż nad ziemią, a drugi na wysokości 30 000 m<sup>29</sup>.

Dla zapewnienia obserwacji dookrężnej główny radar w przedniej części kadłuba będzie najprawdopodobniej posiadał 2-3 anteny skierowane w różne strony, tak aby pokryć sektor ok.  $+13^{\circ}$ - $150^{\circ}$  w azymucie. „Brakujące”  $60-100^{\circ}$  z tyłu będzie obserwować inna stacja radiolokacyjna zamontowana pomiędzy dyszami silników<sup>30</sup>. Samolot otrzyma systemy transmisji danych o dużej przepustowości, które umożliwią

<sup>28</sup> Samolot skonstruowany w odpowiedzi na konstrukcję amerykańską F-22.

<sup>29</sup> Za: P. Butowski: *Generacja cztery i pół*, cz.I, „Nowa Technika Wojskowa” 8/1996, s. 33.

<sup>30</sup> Istnieje także możliwość zastosowania systemu radarowego z niewielkimi antenami rozszanymi dookoła płatowca, co przedstawił NIIP pod nazwą *Epolet*.

mu otrzymywanie informacji taktycznej od innych samolotów, a także z ziemi i kosmosu<sup>31</sup>.

Stacja radiolokacyjna współczesnego samolotu wielozadaniowego nadal pozostaje podstawowym środkiem do wykrywania i śledzenia celu. Zasięg i możliwości wykrywania celów naziemnych (nawodnych) i powietrznych z wykorzystaniem nowoczesnych celowników radiolokacyjnych systematycznie rosną i będą coraz większe, na skutek integracji celowników z pasywnymi urządzeniami obserwacyjnymi nowej generacji, przede wszystkim termowizyjnymi, zwiększającymi niezawodność całego układu śledzenia i identyfikacji celów. Wiodącą rolę odgrywają tu specjalnie przeznaczone do tego zadania środki (rozpoznanie satelitarne, samoloty rozpoznania radiolokacyjnego klasy *Joint Stars*, bezpilotowe środki rozpoznawcze, rozpoznanie przez grupy specjalne), które są w stanie przekazać zdobyte zobrazowanie w czasie zbliżonym do rzeczywistego na pokład atakującego samolotu. Atakujący może następnie zaprogramować swoje środki bojowe na podstawie uzyskanej informacji i wykonać atak ze średniej odległości, spoza zasięgu wzrokowej widzialności.

Nową jakością jest pojawiająca się możliwość atakowania celów bez ich wzrokowej widzialności, leżących w bezpośredniej bliskości własnych wojsk lub w pobliżu obiektów, których nie należy atakować (tzw. „chirurgiczne cięcia” – wojna w Iraku, Afganistanie i Kosowie). W przyszłości, technika korelacji danych z różnych urządzeń obserwacyjnych umożliwi wszechstronne zobrazowanie sytuacji bojowej w bliższym i dalszym otoczeniu samolotu, zarówno w jego przedniej jak i tylnej półsfery. Automatyzacja aparatury obserwacji i analizy sytuacji radioelektronicznej, z punktu widzenia samolotu, spowoduje skrócenie czasu reakcji na zagrożenie pociskami rakietowymi i optymalizację akcji przeciwdziałania tym zagrożeniom.

#### ***D. Urządzenia radiolokacyjne samolotów bezzałogowych***

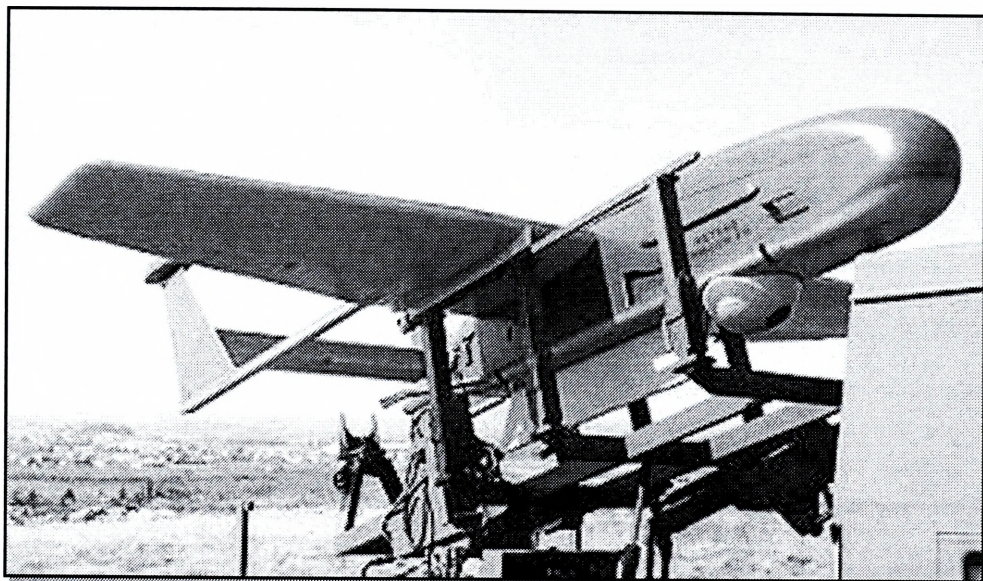
Szybkie wprowadzanie do uzbrojenia samolotów bezzałogowych jest faktem. W przyszłości będą one przejmowały coraz szerszą gamę zadań charakterystycznych dla lotnictwa załogowego. Bezzałogowe samoloty rozpoznawcze wprowadzane do uzbrojenia obecnie wyznaczają standardy rozwoju na najbliższe dekady, są bowiem nośnikami najbardziej zaawansowanych technologii w wielu dziedzinach.

---

<sup>31</sup> P. Butowski: *Rosyjski myśliwiec nowego pokolenia – prognoza*, „Nowa Technika Wojskowa” 3/2001, s. 54.

*Samoloty bezzałogowe szczebla taktycznego z radiolokacyjną aparaturą rozpoznawczą*

Włoskie siły zbrojne reprezentują samoloty firmy Alenia, *Mirach-20* i zmodernizowana wersja „26”. Swoją budową są podobne do izraelskiego *Pioneera*, przy czym są od niego nowocześniejsze. Posiadają bogaty zestaw wyposażenia, w skład którego wchodzi kamera telewizyjna, kamera LLL TV (Low Level Light TV – telewizja niskiego poziomu oświetlenia), kamera panoramiczna, termowizor klasyczny lub obserwacji bocznej, mała **stacja radiolokacyjna** i urządzenia walki radioelektronicznej, przy czym masa użyteczna nie może przekraczać w wersji „26” 50 kg. *Mirach 20* znajduje się na wyposażeniu armii włoskiej od 1988 roku.



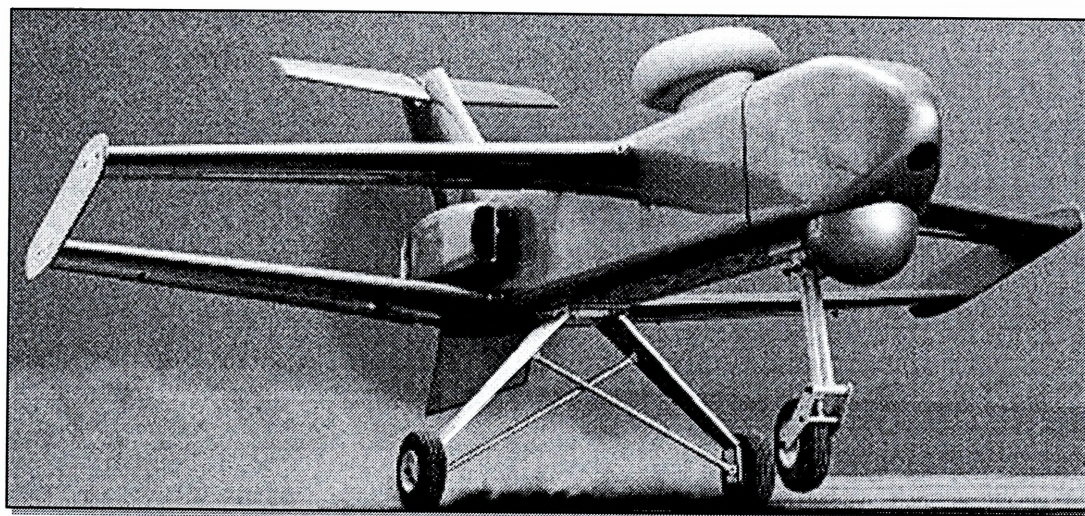
**Rys. 2.12. Mirach 26 na stanowisku startowym**

*Źródło:* <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/row/mirach-26.htm>

Najnowszy niemiecki systemu rozpoznania jest oparty na bezzałogowym samolocie *Luna X-2000* opracowany przez firmę EMT w Penzbergu. Jego premiera miała miejsce podczas pokazów lotniczych ILA'98, obecnie zaś niemieckie wojska lądowe eksploatują już w ramach prób pierwsze dwa systemy złożone ze stanowiska naziemnego oraz dwóch aparatów latających każdy. Startująca z katapulty, lądująca na spadochronie *Luna X-2000* napędzana jest 5 kW silnikiem spalinowym. Przy masie startowej ok. 30 kg aparat może przenosić w przestrzeni ładunkowej różne rodzaje czujników. Jako standard instalowana jest pionowa cyfrowa kamera TV kolorowej. Opcjonalnie wbudowane mogą być m.in. czujniki pracujące w podczerwieni, cyfrowy aparat fotograficzny o dużej rozdzielczości, systemy meteorologiczne lub opracowy-

wany właśnie **miniradar z syntetyczną projekcją obrazu (SAR)**. Obrazy przesyłane mogą być z pokładu poprzez mikrofalowe łącze o zasięgu do 80 km<sup>32</sup>.

Największe bogactwo środków radiolokacyjnych przenoszonych przez samoloty bezzałogowe i służących rozpoznaniu powietrznemu znajdujemy w siłach zbrojnych Stanów Zjednoczonych. Na uwagę zasługuje taktyczny bezzałogowy system *Outsider*. Ma on za zadanie wspierać *Army maneuver brigade* i w przyszłości całkowicie zastąpi system *Pioneer*. Początkowo będzie on wyposażony w wywiadowcze systemy optyczne umożliwiające pracę w dzień i w nocy (EO), systemy do obserwacji w podczerwieni (IR), oraz ***synthetic aperture radar (SAR)***, systemy walki elektronicznej oraz w narzędzia telekomunikacyjne.



**Rys. 2.13. Outsider Tactical UAV**

Źródło: <http://www.fas.org/irp/program/collect/outrider.htm>

Tabela 2.4

**Charakterystyka systemu Outsider**

<b>Koszt</b>	Średnio \$350 000
<b>Wymiary</b>	Rozstaw skrzydeł – 11.1 ft; Długość – 9.9 ft
<b>Waga</b>	Max.: 385 lb. (łącznie z 85 lb. paliwa)
<b>Długość rozbiegu</b>	300 ft, lotniska polowe, pokłady statków, automatyczny system lądowania
<b>Udźwig</b>	80 lb. wewn. 100 lb. podczepiane
<b>Zasięg</b>	200 km (max)
<b>Czas lotu</b>	4.9 godz. z V max; 7.2 godz. z Vmin
<b>Prędkość</b>	35 – 110 knots; przelotowa - 90 knots
<b>Pułap</b>	13 000 ft.; Normal CONOP – 5 000 ft.

<sup>32</sup> Tamże.

<b>Sterowanie</b>	Programowalny autopilot i nawigacja GPS, posiada możliwość przeprogramowania w czasie lotu
<b>Wytrzymałość</b>	Brak ECM i środków zmniejszających wykrycie
<b>Transport</b>	C -130
<b>C2 Link</b>	LOS ( line-of-sight)
<b>Czujniki</b>	EO lub IR (potencjalnie SAR)
<b>System</b>	4 statki powietrzne, 4 moduły sprzętu pokładowego, 2 stacje naziemnej kontroli lotu (GCS), 1 stacja odbioru video, wyposażenie do startu i odzyskiwania

Nośnikiem najbardziej zaawansowanych technologii rozpoznawczych jest **taktyczny system rozpoznania ze średnich wysokości RQ – 1 Predator**. Identyfikowany jako *Medium Altitude Endurance* (MAE) lub Tier II UAV, jest pochodną UAV stosowanych wcześniej przez CIA.

**RQ - 1 Predator** jest samolotem bezzałogowym zaprojektowanym do wykonywania długotrwałych zadań ze średniej wysokości. Przeznaczony jest do rozpoznania radiolokacyjnego i elektronicznego, obserwacji i wskazywania celów oraz kontroli rezultatów uderzeń. Służy do wykrywania celów w trudnym terenie, tam gdzie zawodzą satelity szpiegowskie np. przy namierzaniu zakamuflowanych obiektów. Używany jest do zadań, gdzie występuje zagrożenie dla życia pilota: np. loty nad terenami biologicznie lub chemicznie skażonymi.

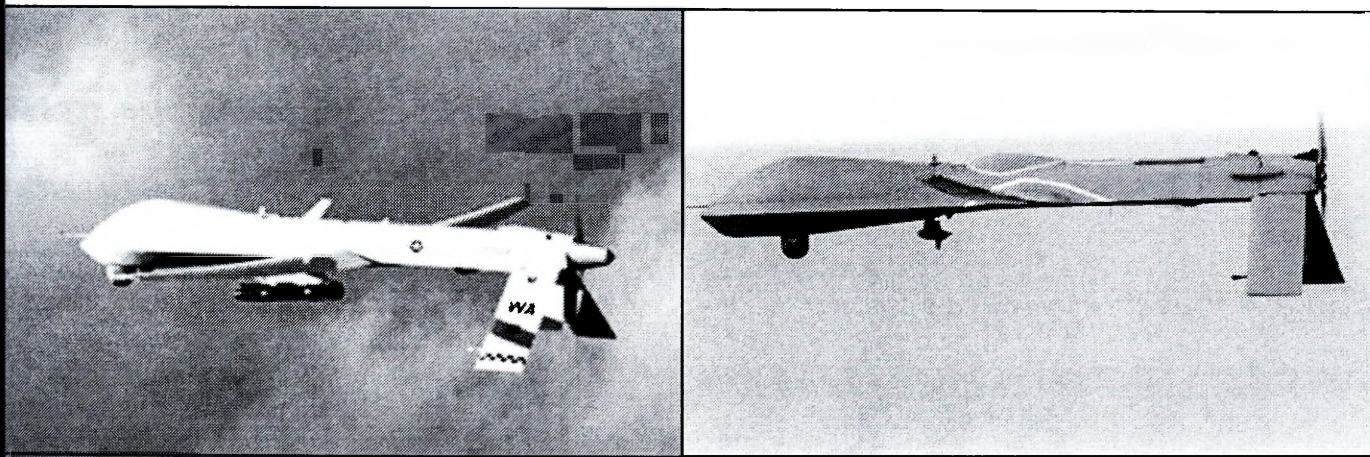
Omawiana konstrukcja to ośmiometrowy samolot bez załogi o wadze 1 tony, gotowy do przebywania w powietrzu przez 40 godzin. Wyposażony w kolorową kamerę, umieszczoną na dziobie - służącą operatorowi samolotu do kontroli lotu, dwie zwykłe kamery, kamerę na podczerwień oraz **radar SAR**, co pozwala na obserwację pomimo dymu, chmur czy mgły. Do łączności służy specjalna antena satelitarna.

Pełny komplet systemu zawiera 3-4 BSP, naziemną stację kierowania i łączności bezpośredniej (z dwoma oddzielnymi terminalami zobrazowania optoelektronicznego i radiolokacyjnego), a także terminal łączności satelitarnej i rozdysponowania rezultatów rozpoznania - *Trojan Spirit-2*. Cały zestaw może być przewożony pięcioma samolotami C-130 lub dwoma C-141 i przygotowany do działań w rejonie dylokacji w czasie do 6 h<sup>33</sup>.

<sup>33</sup> *Jane's International Defense Review*, nr 2/1997.

System *Predator* był odpowiedzią na załamanie się systemów rozpoznawczych podczas konfliktu w Zatoce Perskiej. Dowódcy CINC i JTF domagali się środków rozpoznawczych gwarantujących zdobywanie dokładnych informacji w czasie rzeczywistym, ciągłą obserwację, możliwość współpracy ze strukturami C4I bez narażania załóg. Ponadto zapotrzebowany system nie powinien zawierać tzw. wrażliwych technologii.

Głównym wyposażeniem BSP *Predator* jest kompleks *Skyball* (o średnicy 35,5 cm, zamontowany na stabilizowanej żyroskopowo obrotowej platformie), w skład którego wchodzi stacja termowizyjna, dwie kamery kolorowe zdjęć dziennych i dalmierz laserowy. W innym wariantcie na pokładzie *Predatora* instalowana może być **stacja radiolokacyjna obserwacji bocznej typu TESAR** (*Tactical Endurance Synthetic Aperture Radar*). Umożliwia ona prowadzenie rozpoznania praktycznie we wszystkich warunkach atmosferycznych. Stacja ta, o masie 75 kg dokonuje skanowania terenu o szerokości 800 m i długości od 4 do 11,2 km z zachowaniem rozdzielczości 30 cm. Zobrazowanie takie osiągnięto w czasie prób w locie na wysokości 4750 m, uzyskując odległość 12 km<sup>34</sup>.



**Rys. 2.14. Taktyczny statek bezzałogowy RQ – 1A Predator**

Źródło: <http://www.fas.org/irp/program/collect/outrider.htm>

Doświadczenia nabyte podczas eksploatacji systemu Joint STARS nad terenem o zróżnicowanym ukształtowaniu (tereny byłej Jugosławii), uwydatniły problemy z wykryciem, śledzeniem i identyfikacją celów (występowanie cienia radiolokacyjnego, duża ilość obiektów cywilnych). W związku z tym w 1998 r. rozpoczęto próby mające na celu osiągnięcie pełnej kompatybilności i automatyzacji we wspólnym wyko-

<sup>34</sup> W. Afinow, *Takticzeskaja i operatiwnaja biezpiłatnaja razwiedywatelnaja awiacja waarużonnych sił USA*, Zarubieżnoje wojennoje oborenije nr 6/1997.

rzystaniu systemów Joint STARS i *Predator*<sup>35</sup>. Celem tych prób jest wzajemne uzupełnianie się systemów Joint STARS i *Predator*, przez co zwiększy się dokładność zobrazowania pola walki.

System ten ma być również jednym z kluczowych elementów militarnego połączonego systemu komunikacji JBS (Joint Broadcast System), bazującego na systemie satelitarnym SATCOM.

Tabela 2.5

### **Charakterystyka Systemu Predator**

<b>Koszt</b>	\$3.2 miliona na statek (EO/IR/SAR), \$2.2 miliona na Trojan Spirit, \$2.9 miliona na GCS. Całkowity koszt \$28.3 miliona
<b>Wymiary</b>	Rozstaw skrzydeł – 48.7 ft.; Długość - 26.7 ft.
<b>Waga</b>	Max.: 2 100 lb. (włącznie z 650 lb. paliwa)
<b>Rozbieg</b>	2 500 ft.
<b>Udźwig</b>	450 lb.
<b>Zasięg</b>	925 km (max)
<b>Czas lotu</b>	Od 24 do 35 godzin
<b>Prędkość</b>	60 – 110 knots; przelotowa @ 70 knots
<b>Sterowanie</b>	Ręczny start i ręczne lądowanie, całkowicie autonomiczny lub pilotowany lot, dynamiczna zmiana zadań
<b>Wytrzymałość</b>	Brak ECM lub środków zmniejszających wykrycie
<b>Transport</b>	Pięć C-130, dwa C-141, jeden C-5/17 jedynie na wyposażenie, zdolność operacyjna osiągana w pięć godzin od przybycia
<b>C2 Link</b>	UHF MILSTATCOM (16 KBs), Ku-Band commercial (1.5 MBs), LOS (4.5 MBs)
<b>Czujniki</b>	Jednoczesna praca EO/IR (rozdzielczość 0.5 ft.) i SAR (rozdzielczość 1 ft.); SAR jedynie via Ku-Band lub LOS
<b>System</b>	4 statki powietrzne, 4 moduły sprzętu pokładowego, 2 stacje naziemnej kontroli lotu (GCS), 1 stacja odbioru video, wyposażenie do startu i odzyskiwania

Dane z BSP *Predator* są zintegrowane z obecną architekturą C4I poprzez system komunikacji satelitarnej Trojan Spirit II (TS II). Przekaz znad celu w czasie rzeczywistym do wielu teatrów działań równocześnie jest realizowany poprzez Joint Broadcast System (JBS) lub przełącznik TS II w Fort Belvoir, Virginia, lub oba jednocześnie.

<sup>35</sup> M. Kagan, *Unmanned Aerial Vehicle Relays Pictures to Airborne Radar*, Signal nr5/1999.

### **Samoloty bezzałogowe szczebla operacyjno-strategicznego z radiolokacyjną aparaturą rozpoznawczą**

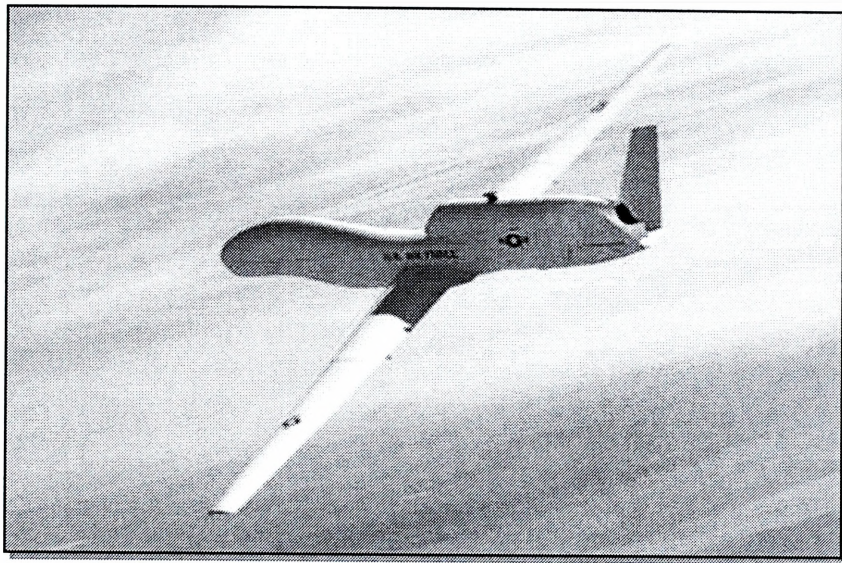
Operacyjno-strategiczne bezzałogowe systemy radiolokacyjnego rozpoznania powietrznego reprezentuje system HAE UAV (*The High Altitude Endurance UAV*) tworzony przez samoloty bezzałogowe *Global Hawk* i *Dark Star* i oraz ich segmenty naziemne (CGS - *Common Ground Segment*). Wymienione statki powietrzne są komplementarne wyposażeniem i zdolnościami bojowymi.

*Dark Star* posiada możliwość penetrowania i przetrwania w obszarach o silnej obronie przeciwlotniczej. *Global Hawk* posiadający większy zasięg, wytrzymałość i bogatsze wyposażenie, może przekazywać całościowy (szeroki) obraz pola walki wyższym potrzebny szczeblom dowodzenia. CGS zapewniają współpracę pomiędzy statkami powietrznymi i elementami architektury C4I. Ponadto, zajmują się startem i odzyskiwaniem (LRE) i kierowaniem przebiegiem misji rozpoznawczych (MCE). System HAE UAV jest środkiem bojowym o bezprecedensowym stopniu zaawansowania technologicznego, szerokim wachlarzu możliwości rozpoznawczych i dużej elastyczności. System został zaprojektowany do działań rozpoznawczych w fazie bezpośrednio poprzedzającej misję uderzeniową i do kontroli rezultatów uderzeń. Ponadto może prowadzić różne misje obserwacyjne o charakterze stałym (ciągłym) i sporadycznym na konkretne zapotrzebowanie.

**Tier II Plus *Global Hawk*** oficjalnie zwany Conventional High Altitude Endurance, *Global Hawk* jest systemem przeznaczonym do wykonywania długodystansowych misji o znaczeniu operacyjno-strategicznym. Dzięki znacznym rozmiarom oraz bogatemu wyposażeniu nawigacyjno-rozpoznawczemu samolot spełnia rolę współczesnego U-2. Startując z bazy lotniczej, położonej na terenie USA, bez tankowania w powietrzu może osiągnąć dowolny punkt na kuli ziemskiej. Podczas lotu dane przesyłane są w czasie zbliżonym do rzeczywistego.

System nawigacyjny *Global Hawka* składa się z precyzyjnego inercyjnego systemu INS oraz systemu satelitarnego GPS, takiego jak w *Dark Star*. Aparat jest wyposażony w pasywne i aktywne systemy zakłócające: odbiornik opromieniowania, układ zakłócający, wyrzutnie flar termicznych oraz holowaną pułapkę - pozorny cel (decoy). W połączeniu z niską wykrywalnością oraz dużym pułapem operacyjnym samolot jest trudny do wykrycia i zniszczenia. *Global Hawk* wyposażono w dwa podskrzydłowe węzły podwieszeń, na których może przenosić ładunki do 500 kg.

Istotną cechą operacyjną wyróżniającą projekt *Global Hawk* (podobnie jak i *Dark Star*) jest niezależność działania. Samoloty te zostały zaprojektowane jako obiekty latające, zdolne do wykonywania autonomicznych lotów bez udziału operatora. Niemniej jednak, aktualnie wykonywane zadanie może być w dowolnej chwili skorygowane przez operatora, z wykorzystaniem naziemnego lub powietrznego systemu dowodzenia.



**Rys. 2.15. RQ – 4 Global Hawk w locie**

Źródło: <http://www.fas.org/irp/program/collec.htm>

System naziemny zasadniczo składa się z dwóch komponentów: stacji startu i lądowania oraz ośrodka kontroli i łączności. Oba wyposażone są w mobilne kontenery. W skład ośrodka startowego, obok kontenera kontroli startu oraz lądowania, wchodzi: generator prądotwórczy, wyposażenie startowe, palety z częściami zamiennymi. Przy pomocy ośrodka startowego, personel jest w stanie samodzielnie przygotować samolot do lotu, a także wykonać drobne oraz średnie naprawy. Ośrodek kontroli i łączności składa się z większego kontenera i alternatywnie z sześć lub jedenastometrowej anteny śledzenia lotu oraz dwóch generatorów zasilających<sup>36</sup>. System naziemny jest mobilny. Po załadunku na specjalne palety może być przetransportowany wraz z personelem, przez jeden samolot transportowy C-5 Galaxy lub dwa C-17 Glob Master.

<sup>36</sup> A. Kozakiewicz, M. Wróblewski, P. Zalewski, *Amerykańskie bezpilotowe statki powietrzne programu Tier*, Przegląd WL i OP, nr 10/2000.

**Charakterystyka techniczna systemu Global Hawk**

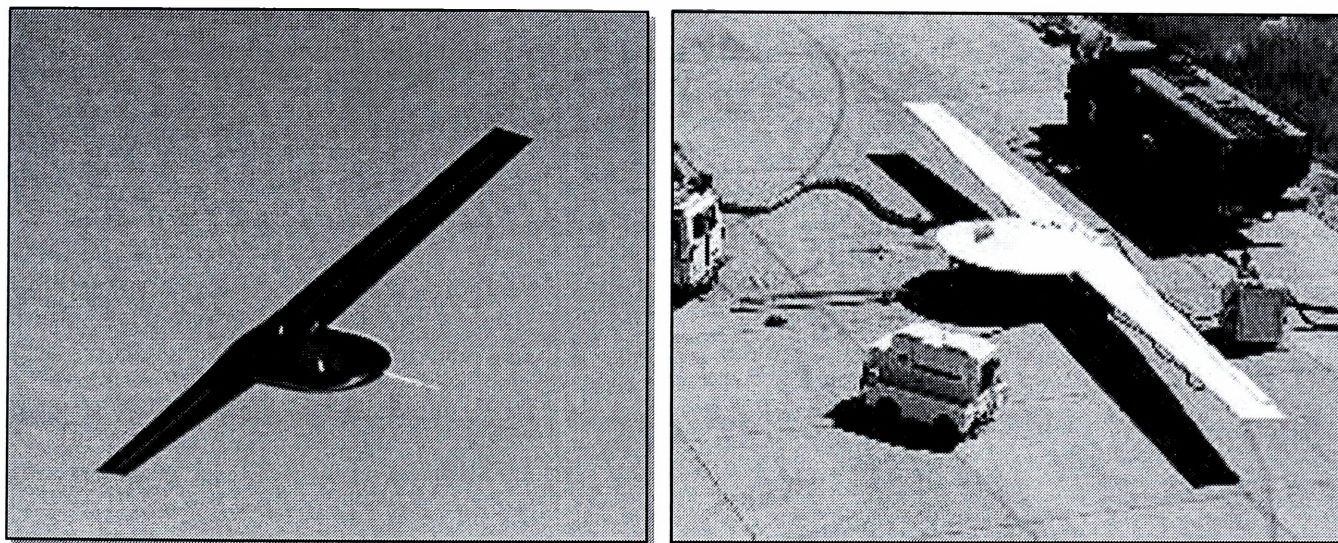
<b>Koszt</b>	\$ 10 milionów na statek (EO/IR/SAR), \$20 milionów na GCS. Całkowity koszt \$ 30 milionów
<b>Wymiary</b>	Rozstaw skrzydeł – 116 ft.; Długość - 44 ft.; wysokość 15 ft
<b>Waga</b>	Max.:25.600 lb.(włącznie z 14.700 lb. paliwa)
<b>Rozbieg</b>	< 5000 ft, automatyczny start i lądowanie z wykorzystaniem GPS
<b>Udźwig</b>	2000 lb, (4000lb z podwieszeniami)
<b>Zasięg</b>	R; 5500 km (max), zasięg 27 000 km
<b>Czas lotu</b>	24 godz w rejonie rozpoznania, do 40 godzin ogółem
<b>Prędkość</b>	350 knots
<b>Pułap</b>	65 000 ft
<b>Sterowanie lotem</b>	Autonomiczny start i lądowanie oraz lot z wykorzystaniem DGPS, całkowicie pilotowany lot, dynamiczna zmiana zadań w locie
<b>Przetrawianie</b>	Duża wysokość lotu, ECM, środki zmniejszających wykrycie, radar ostrzegający (RWR)
<b>Transport</b>	Jeden C-141 lub jeden C-5/17 jedynie na wyposażenie i personel
<b>C2 Link</b>	UHF MILSTATCOM (16 KBs), Ku-Band commercial (1.5 MBs), LOS (274 MBs)
<b>Czujniki</b>	Jednoczesna praca EO/IR (rozdzielczość 1 ft i 0.5 ft) oraz SAR; SAR jedynie via Ku-Band lub LOS, zdolność przekazu 40 000 sqnm lub 1900 obrazów na 24 godzinną misję z dokładnością 20 M CEP

*Global Hawk* będzie rozpoczynał misję spoza obszaru działań bojowych, wchodząc na teren przeciwnika i prowadząc długotrwałe misje tylko w obszarach od niskiego do średniego (umiarkowanego) ryzyka. System może dokonywać wglądu w obszary wysokiego zagrożenia (ryzyka) dzięki sensorom EO/IR oraz **SAR**. Dzięki niespotykanemu dużemu zasięgowi *Global Hawk*, obserwacja obszaru przyszłych działań jest możliwa na wiele dni przed przerzutem wojsk i rozpoczęciem operacji bojowych.

**Tier III Minus *Dark Star*** To bezzałogowy statek powietrzny średniego zasięgu. Układ aerodynamiczny był opracowany w zakładach Skunk Works firmy Lockheed, można więc w projekcie zauważyć wpływy technologii *stealth*, w której firma się specjalizuje (producent m.in. U-2 oraz F-117). *Dark Star* został zaprojektowany w układzie aerodynamicznym latającego skrzydła, z wyraźnie wydzieloną przednią, nosową częścią kadłuba. Spłaszczony, szczytkowy kadłub ma kształt półelipsy (w rzucie z góry). Niekonwencjonalne, nowatorskie rozwiązania zastosowane w jego konstrukcji mają zapewnić niski poziom wykrywalności we wszystkich zakresach:

radarowym, w podczerwieni, a także akustycznym oraz wzrokowym. Samolot jest oryginalnie malowany: dolna część płatowca ma kolor czarny, górna - biały. Zastosowano farby silnie pochłaniające promieniowanie elektromagnetyczne. Producent zapewnia, iż wskaźnik wykrywalności w postaci RCS (radar cross section – skuteczna powierzchnia odbicia r/lok.) ma być mniejszy od wskaźników określonych dla Lockheed F-117 oraz Northrop B-2<sup>37</sup>.

*Dark Star* przeznaczony jest do wykonywania zadań rozpoznawczych szczególnie w rejonach o dużym nasyceniu środkami przeciwlotniczymi. Wyposażenie stanowią podobne urządzenia jak w Tier II. W specjalnym wewnętrznym zasobniku może on w dobrych warunkach zabierać czujniki optoelektroniczne, a przy złej pogodzie **radiolokator Westinghouse SAR z elektroniczną synteza obrazu**<sup>38</sup>. Według udostępnionych informacji czujniki rozpoznawcze mogą w ciągu godziny zebrać dane z terenu o powierzchni około 5000 km<sup>2</sup>. Obecnie program ten został zarzucony, a jego wersją rozwojową jest projekt *Strike Star*.



**Rys. 2.16. Dark Star podczas przygotowania do lotu i w locie**

Źródło: <http://www.fas.org/irp/program/collect.htm>

*Dark Star* będzie przekazywał niezbędne informacje wywiadowcze z nad silnie strzeżonych obszarów. Projekt płatowca samolotu uwzględnia zastosowanie środków zwiększających przetrwanie, takich jak technologie zmniejszające możliwość wykrycia (stealth). Samolot będzie wchodził w strefę rozpoznania uaktywniając systemy i środki SAR i EO. Głównym producentem jest Lockheed Martin/Boeing.

<sup>37</sup> A. Kozakiewicz, M. Wróblewski, P. Zalewski, *Amerykańskie bezpilotowe statki powietrzne programu Tier*, PWL i OP, nr 10/2000.

<sup>38</sup> T. Hypki, *Informacja bez ryzyka*, Skrzydlata Polska nr 2/96, s. 14-15.

**Charakterystyka systemu Dark Star**

<b>Koszt</b>	\$ 10 miliona na statek (EO/IR/SAR), \$20 milionów na GCS. Całkowity koszt \$ 30 milionów
<b>Wymiary</b>	Rozstaw skrzydeł – 69 ft.; Długość - 15 ft.; wysokość 3.5 ft
<b>Waga</b>	Max.:8.600 lb.(włącznie z 3 000 lb. paliwa)
<b>Rozbieg</b>	< 4000 ft, automatyczny start i lądowanie z wykorzystaniem DGPS
<b>Udźwig</b>	1000 lb, 800 lb. EO
<b>Zasięg</b>	925 km
<b>Czas lotu</b>	> 8 godz w rejonie rozpoznania, do 12 godzin ogółem
<b>Prędkość</b>	250 knots
<b>Pułap</b>	45 000 ft
<b>Sterowanie lotem</b>	Autonomiczny start i lądowanie oraz lot z wykorzystaniem DGPS, dynamiczna zmiana zadań w locie
<b>Przetrwanie</b>	Bardzo niska wykrywalność
<b>Transport</b>	Siedem C-130, trzy C-141, dwa C-17 lub jeden C-5 przenoszące pięć samolotów, GCS i 43 osoby personelu
<b>C2 Link</b>	UHF MILSTATCOM (16 KBs), Ku-Band commercial (1.5 MBs), LOS (137 MBs)
<b>Czujniki</b>	Współpraca EO/IR (rozdzielczość 1 ft i 0.5 ft) oraz SAR; SAR jedynie via Ku-Band lub LOS, zdolność przekazu 14 000 sqnm lub 630 obrazów na 8 godzinną misję z dokładnością 20 M CEP

Na szczególne zainteresowanie zasługuje zdolność tego typu BSP do wykorzystywania SAR i pozostawania niewidocznym podczas aktywnej pracy systemu rozpoznania. System SAR używa fal niskiej mocy o charakterystyce zmniejszającej prawdopodobieństwo wykrycia, bez bocznych wiązek i rozpraszania fal. Ta charakterystyka fal nosi nazwę Low Probability of Intercept - LPI. W opcji wyszukiwania radar układa obraz złożony z wąskich pasków o szerokości 5.6 NM. Ponadto zarówno SAR jak i czujniki EO prowadzą obserwację śledzą przestrzeń z lewej strony samolotu.

Analizując współczesne BSP należy stwierdzić, że obecnie jest eksploatowanych wiele typów aparatów, produkowanych przez firmy na całym świecie, ale dopiero podczas konfliktu w Zatoce Perskiej bezzałogowe statki powietrzne w pełni zaprezentowały potencjał swoich możliwości.

Obecne środki wywiadowcze są niewystarczające dla zapewnienia niezbędnych, ogólnoswiatowych, aktualnych i precyzyjnych informacji wywiadowczych o celach ruchomych i nieruchomych niezbędnych CINC, JFC i National Command Authority. Nie istnieje system pozwalający na ciągłą obserwację celów na całym świecie

w każdych warunkach atmosferycznych. Posiadany system nie zapewnia długotrwałego monitorowania małych celów ruchomych i nieruchomych. Istniejące środki są ograniczone czasem operowania około 8-12 godzin, liczebnością i ryzykiem utraty załogi nad wrogim terytorium. Środki naziemne nie mogą operować na wrogim terenie z wykluczeniem możliwości utraty lub porwania personelu. Ocenia się, że zasygnalizowany problem są w stanie skutecznie rozwiązać zaawansowane technologicznie systemy bezzałogowe.

Bezzałogowe statki powietrzne w całym bogactwie swych odmian występują jako systemy, które tworzą: komponent powietrzny w skład którego wchodzi jeden lub kilka statków powietrznych, oraz komponent naziemny (morski), który tworzą centra (stanowiska) dowodzenia, kierowania i odbioru danych rozpoznawczych. Komponent naziemny to również porty umożliwiające sprzężenie statku powietrznego i jego sensorów z systemem C4I. Zasadniczą część komponentu naziemnego tworzy sekcja obsługi technicznej (logistyczna).

Przegląd rozwoju konstrukcji i zastosowań bezzałogowych statków powietrznych pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- użycie bezzałogowych statków powietrznych w konfliktach zbrojnych potwierdziło ich przydatność na polu walki, szczególnie do prowadzenia rozpoznania oraz określiło nowe obszary ich zastosowania,
- zastosowanie najnowszych systemów nawigacyjnych i odpowiednia konstrukcja płatowca umożliwiły wykonywanie zadań na głębokości taktycznej, operacyjnej i strategicznej, co wydatnie zmniejszyło ryzyko ponoszenia strat w personelu latającym,
- BSP nowych generacji posiadają zdolność prowadzenia rozpoznania niezależnie od pogody, zarówno w dzień jak i w nocy, głównie dzięki stacjom radiolokacyjnym typu SAR;
- użycie BSP w konfliktach zbrojnych potwierdziło ich przydatność nie tylko do prowadzenia rozpoznania, ale również do prowadzenia działań uderzeniowych, dzięki rozwojowi broni kierowanej i samosterującej,
- rozpoznawcze bezzałogowe statki powietrzne są środkami stosunkowo tanimi, nie wymagające długotrwałego, kosztownego szkolenia w zakresie ich wyko-

rzystania, zatem należy się liczyć, że już w niedługim czasie staną się one podstawowym elementem systemu rozpoznania naszych sił zbrojnych,

Konkludując należy wskazać, iż w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat możliwości statków bezzałogowych znacznie wzrosły, głównie dzięki bardzo szybkiemu postępowi technologicznemu i komputeryzacji. Jest to przyczyną różnorodności zadań jakie BSP wykonują obecnie oraz dużej różnicy zadań wykonywanych przez aparaty bezzałogowe w czasach ich powstawania i teraz.

### **2.3. Powietrzne urządzenia systemów rozpoznania elektronicznego i kierunki ich rozwoju**

Przedmiotem rozpoznania elektronicznego jest spektrum elektromagnetyczne. Pozycja w spektrum elektromagnetycznym jest wyrażona za pomocą częstotliwości lub długości fali. Pasma wysokiej częstotliwości (HF) jest szeroko używane, ale jest wypierane z niektórych zastosowań np. satelity do dalekosiężnej łączności strategicznej i przez VHF dla ruchomej łączności taktycznej. VHF zastąpiła wysoką częstotliwość HF w krótkodystansowej łączności polowej i jest używana do identyfikacji swój-obcy (*IFF - identification friend or foe*), taktycznej nawigacji powietrznej TACAN (*tactican air navigation*) i w niektórych radarach poszukujących dalekiego zasięgu. Super wysoka częstotliwość SHF jest używana do łączy z satelitami i do niektórych typów krótkodystansowej łączności przekaźnikowej na ziemi.

Wszystkie aktywne transmisje elektromagnetyczne mogą być wykrywane i potem zakłócone. I to jest istotą wojny elektronicznej EW (*electronic warfare*).

Walka elektroniczna zatem wykorzystuje rozpoznanie do znalezienia, identyfikacji i lokalizacji nieprzyjacielskich urządzeń elektronicznych. Kiedy to nastąpiło, powstają trzy możliwości działania: po pierwsze przechwycenie i kontrolowanie emisji (gromadzenie danych), po drugie, daje szansę przeciwdziałania elektronicznego, tzn. zagłuszania albo mylenia (jeśli nieprzyjaciel bazuje na informacji zgromadzonej na podstawie odbioru) i po trzecie, znajomość lokalizacji nadajników umożliwia ich atakowanie i zniszczenie.

Rozpoznanie elektroniczne jest realizowane również w ramach wsparcia elektronicznego (*Electronic Support - ES*) związanego bezpośrednio z walką elektroniczną. Jest ono ukierunkowane na poszukiwanie, przechwytywanie, lokalizację i identyfikację źródeł promieniujących energię elektromagnetyczną (w tym również

źródeł zakłóceń) w celu ich rozpoznania, oceny zagrożenia i wypracowania danych do optymalnego wykorzystania z użyciem środków przeciwdziałania wojsk własnych.

Powietrzne elementy systemów rozpoznania elektronicznego i całe systemy są aktualnie objęte programami dostosowania do nowych wymagań operacyjnych. Zostały one zainicjowane w ostatnich latach w siłach powietrznych wielkich mocarstw i w wielu mniejszych krajach, w tym w Polsce. Przemiany idą w dwóch kierunkach. Pierwszy obejmuje programy integrowania istniejących środków rozpoznania powietrznego w jeden system droga tworzenia sieci gromadzenia, analizy i wymiany informacji. Drugi kierunek to integrowanie sensorów rozproszonych dotychczas na różnych platformach, na pokładzie jednego wielozadaniowego nosiciela.

Aktualnie w siłach powietrznych NATO podstawowym sposobem realizacji zadań w ramach rozpoznania i zabezpieczenia elektronicznego działań jest komplementarne wykorzystanie samolotów RC-135 *Rivet Joint* oraz E-3C, w celu zbierania informacji rozpoznawczej na potrzeby sił prowadzących zakłócenie elektroniczne ze stref w głębi własnego ugrupowania (*Stand Off Jamming – SOJ*) oraz w styczności z przeciwnikiem (*Close In Jamming – CIJ*), a także na potrzeby grup uderzeniowych SEAD zabezpieczających obezwładnienie środków przeciwlotniczych w korytarzach przelotu sił COMAO (*Corridor Operations*)<sup>39</sup>.

Rozpoznanie elektroniczne na poziomie operacyjno-taktycznym jest realizowane nie tylko dla zabezpieczenia potrzeb informacyjnych dowództw, ale również na potrzeby realizowania osłony lub walki elektronicznej. Do rozpoznania i elektronicznego przeciwdziałania w siłach powietrznych służy wiele różnych systemów. Czołowe miejsce zajmują samoloty EC-130H *Compass Call*, które wykorzystują pokładowe systemy rozpoznania elektronicznego do programowania środków służących do zakłóceń elektronicznych systemów nawigacyjnych, systemów identyfikacji „swoj-obcy” oraz sieci łączności radiowej ziemia-powietrze i powietrze-powietrze. Podobnie, samoloty EA-6B *Prowler* wykorzystują w czasie realnym informacje o stacjach radiolo-

---

<sup>39</sup> Część lotniczych systemów walki elektronicznej sił powietrznych NATO posiada możliwość kompleksowej realizacji przedsięwzięć ESM oraz ECM. EC-130E *Rivet Fire / Compass Call*, Dostępne w: [www.fas.org/man/dod/svs/ac/ec-130.htm](http://www.fas.org/man/dod/svs/ac/ec-130.htm).

kacyjnych systemu OP do generowania algorytmów zakłóceń elektronicznych przez system ALQ-99<sup>40</sup>.

Systemy AWACS i JSTARS ściśle współdziałają z samolotami RC-135, dostarczając im nieprzerwanie, niemal w czasie realnym, dane o środkach przeciwnika promieniujących energię elektromagnetyczną, w tym szczególnie stacji radiolokacyjnych systemu OP i OPL oraz środków łączności. Na uwagę zasługuje fakt, iż w pasie taktycznym, pokładowy system rozpoznania radiotechnicznego uzupełniany jest przez środki termowizyjne i fotograficzne, które pozwalają na dostarczanie danych o obiektach stacjonarnych nie promieniujących energii elektromagnetycznej. Uzupełnieniem wymienionych systemów powietrznych są naziemne środki rozpoznania i naprowadzania radiolokacyjnego, które z kolei dostarczają niezbędne informacje do oceny sytuacji powietrznej oraz kierują grupami samolotów w trakcie zbiórek. W określonych sytuacjach (działania na ograniczoną głębokość ze średnich i dużych wysokości) mogą one także kierować własnymi siłami działającymi nad obszarem przeciwnika, w tym ostrzegać je o pojawiających się zagrożeniach z powietrza<sup>41</sup>.

**E-3 Sentry** jest powietrznym centrum wczesnego wykrywania i kontroli powietrznej (*Airborne Warning And Control System - AWACS*), ale ponadto posiada sprzęt służący do pomiarów elektronicznych ECM (*electronic countermeasures*) i elektronicznego rozpoznania powietrznego ELINT (*intelligence equipment*). Posiada ona aparatura pozwala określać koordynaty i charakterystyki źródeł emisji elektromagnetycznej w bardzo szerokim paśmie.

**Samolot rozpoznawczy RC-135 Rivet Joint** jest przystosowany do rozpoznania elektronicznego źródeł emisji elektromagnetycznej w bardzo szerokim zakresie. Jest wyposażony w cztery silniki turbowentylatorowe Pratt & Whitney TF33-P-5

<sup>40</sup> Przedsięwzięcia przeciwdziałania elektronicznego, realizowane w ramach walki elektronicznej przez lotnictwo, można umownie podzielić na wsparcie działań grup taktycznego przeznaczenia lotniczego (COMAO) oraz na samoobronę elektroniczną

<sup>41</sup> Nowe aspekty taktycznego wykorzystania systemów zakłóceń w podczerwieni w działaniach lotnictwa w powietrznych operacjach wspierających wiążą się z rozpoczęciem wyposażania samolotów, które realizują zadania bojowe na małych i skrajnie małych wysokościach w systemy przeciwdziałania elektronicznego w podczerwieni wykorzystujące wiązki ukierunkowanej energii (*Directional Infrared Countermeasures – DIRMC*). W systemy DIRMC wyposażone będą samoloty sił specjalnych oraz bojowego poszukiwania i ratownictwa (*Combat Search and Rescue – CSAR*). Stosowanie systemów DIRMC wyeliminuje konieczność stosowania pułapek termicznych (flar) oraz zapewni zwiększoną skuteczność obezwładnienia głowic pocisków przeciwlotniczych naprowadzanych w podczerwieni.

AN/AAQ-24 Directional Infrared Countermeasures (DIRCM), dostępne w [www.fas.org/dod/01/svs/ac/equip/an-aaq-24.htm](http://www.fas.org/dod/01/svs/ac/equip/an-aaq-24.htm).

o ciągu 320,4 kN (16,050 pounds) każdy. Zasięg samolotu bez tankowania 3,900 mil (6,500 kilometrów). Długość samolotu wynosi 41.1 m, wysokość 12.8 m. Maksymalna masa startowa samolotu wynosi 133,633 kilogramów. Rozpiętość 39.9 m. Prędkość 500 mil/h (853 km/h) (Mach 0,66). Załoga liczy pięć osób – trzech pilotów i dwóch nawigatorów. Zabezpieczenie misji realizuje 21-27 osób. Minimalna obsada to trzech oficerów walki elektronicznej, czternastu operatorów urządzeń rozpoznawczych i czterech techników. W służbie pozostaje aktualnie 14 samolotów.

Program modernizacji samolotów RC-135 zakłada przedłużenie ich eksploatacji co najmniej do 2018 roku. Ponieważ platforma (samolot) na którym są zamontowane systemy i środki rozpoznawcze ma ulec wymianie, sensory i systemy rozpoznania elektronicznego będą przenoszone do nowego samolotu. W ten sposób stare samoloty będą kolejno wymieniane na nowe w ramach programu „cross decking”.

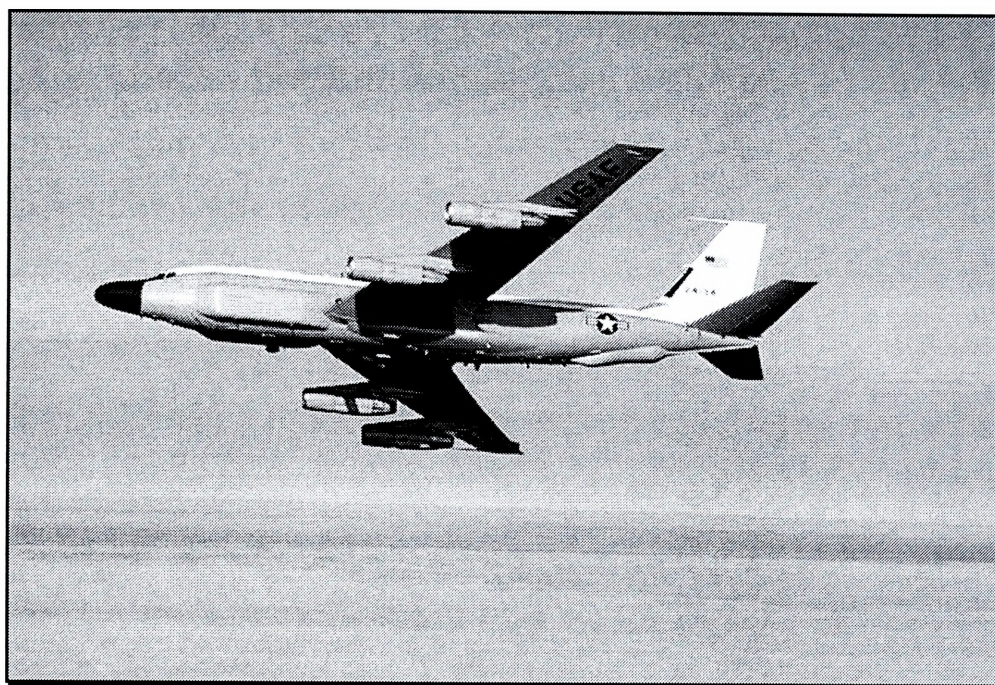
Samoloty RC-135 mają otrzymać nowy system wymiany informacji taktycznej Tactical Common Data Link (TCDL) pozwalający na zbiór w czasie rzeczywistym informacji rozpoznawczych o emisjach elektromagnetycznych zdobywanych przez bezzałogowe statki powietrzne. System ma umożliwić uzyskiwanie przez RC-135 informacji o emisjach elektromagnetycznych poza horyzontem radiowym na obszarach zajętych przez przeciwnika. TCDL będzie pracować w paśmie KF i przesyłać informacje z prędkością 200 Kb/s oraz zapewniać odbiór informacji transferu danych z prędkością 10,71 Mb/s.

Do 2010 roku wszystkie samoloty rozpoznania elektronicznego w tym RC-135 zostaną zmodernizowane do standardu Joint Airborne SIGINT Architecture – JASA, zapewniającego pełną kompatybilność techniczną zapewniającą zautomatyzowaną wymianę informacji w czasie rzeczywistym.

W ramach programu JASA w samolotach Rivet Joint zostaną zmodernizowane systemy rozpoznania emisji elektromagnetycznej wysokiego pasma częstotliwości (High Band Subsystem – HBSS) i niskiego pasma częstotliwości (Low Band Subsystem – LBSS). Modernizacja ta ma zwiększyć możliwości wykrywania emisji elektromagnetycznej systemów nowej generacji, między innymi systemów łączności radiowej z pseudolosową zmianą częstotliwości oraz stacji radiolokacyjnych o niskiej mocy sygnału (tzw. Radiolokatorów „szepczących”). Poprawa dokładności pomiaru pola-

ryzacji sygnału i kierunku jego źródła ma umożliwić precyzyjne określenie położenia stacji radiolokacyjnych, węzłów łączności i pojedynczych nadajników radiowych.

Na samolotach będzie prowadzona modernizacja systemów antenowych z dużym zyskiem kierunkowym polegająca na zwiększaniu ilości anten dla określonych pasm sygnałów co ma pozwolić na jednoczesne rozpoznawanie większej ilości pasm emisji oraz zwiększenie odporności na zakłócenia szumowe.



**Rys. 2.17. RC-135 Rivet Joint**

Źródło: [http://www.fas.org/irp/program/collect/rivet\\_joint.htm](http://www.fas.org/irp/program/collect/rivet_joint.htm)

RC-135 ma zostać wyposażony w szerokopasmowy system przesyłania danych w ramach horyzontu radiowego (*Wideband Line – of – Sight Link*). Będzie to umożliwiała współpracę z Bezzałogowymi statkami powietrznymi, z naziemnymi środkami rozpoznania elektronicznego oraz korzystanie z baz danych organów rozpoznania. Korelacja w czasie rzeczywistym danych pozyskiwanych przez różne środki rozpoznania ma zwiększyć dokładność określania położenia źródeł emisji elektromagnetycznej.

Modernizacja RC-135 obejmie również wymianę silników i zmianę wyposażenia awionicznego samolotu nosiciela na zgodna z wymogami ICAO.

Nieprzerwany obieg informacji, pomiędzy wymienionymi elementami ma zapewnić amerykański zintegrowany system dystrybucji informacji taktycznej (JTIDS *Joint Tactical Information Distribution System*), który będzie systemem cyfrowym, wielodostępnym, zwielokrotnionym czasowo, utajnionym i odpornym na stosowane

obecnie zakłócenia radiowe (impulsy są nadawane w szerokim paśmie, ze skokową zmianą częstotliwości nośnej).

Przyszłość rozpoznania elektronicznego to z dużym prawdopodobieństwem koncepcja Konstelacji Sensorów i Systemów Dowodzenia i Kierowania (MC2C), opracowana przez ekspertów Sił Powietrznych USAF, której głównym atutem będzie możliwość autonomicznego porozumiewania się niektórych elementów na poziomie maszyn. Takim systemem mają zarządzać wyspecjalizowane samoloty MC2A, zbudowane na bazie szeroko kadłubowego Boeinga 767. Mają one łączyć funkcje dziś realizowane przez samoloty AWACS, Joint STARS, RC-135, EC-130H. Załogi powietrznych elementów tych systemów będą w stanie kierować misjami bezzałogowych statków powietrznych. Będą też zdolne do odbioru informacji z sensorów rozmieszczonych w kosmosie, na ziemi i w morzu.

Samolot Lockheed **EP-3E ARIES II**, jest wyspecjalizowaną konstrukcją przeznaczoną do kompleksowego rozpoznania radioelektronicznego. Jego wyposażenie elektroniczne zostało zgrupowane w trzech głównych zespołach, związanych z ich przeznaczeniem.

Pierwszą grupę stanowi zespół odbiorników, wykrywających, klasyfikujących i określających pozycje systemów radiolokacyjnych. W ich skład wchodzi stacje radiolokacyjne pracujące na zakresie decymetrowym i metrowym (AN/ALR-76) oraz stacje radiolokacyjne działające w paśmie centymetrowym i milimetrycznym (AN/ALR-81, AN/ALR-81(V), AN/ALR-81(V)-2 i NAWC AN/ALR-82). AN/ALR-82 służy do analizy sygnałów stacji radiolokacyjnych systemów kierowania ogniem, zarówno naziemnych systemów obrony przeciwlotniczej, jak i okrętowych, podczas gdy AN/ALR-81 służy głównie do wykrywania pracy tego typu. Ostatnią stacją z tej grupy zespołów odbiorników, jest Carlisle Group AN/ALR-84 pracująca w podsystemie rozpoznania stacji radiolokacyjnych, której przeznaczenie nie jest jednak dokładnie znane.

Do analizy pracy systemów łączności radiowej (wykrywania, klasyfikowania i określania położenia celów) pracującej na zakresie UKF służy odbiornik Magnavox AN/ARR-81. Ostatnią grupę stanowi zespół 24 odbiorników WJ8607, co pozwala na jednoczesne rozpoznawanie przeszło 20 środków łączności pracujących na zakresie KF i średniofalowym. Poza zestawem odbiorczym w skład systemu wchodzi też odbiorniki krótkofalowe AN/URR-71 i AN/URR-78. Ponadto w systemach do rozpozna-

nia łączności pracuje namiernik radiowy AN/ALD-9(V), a do systemów rozpoznania sygnałów podłączony jest analizator sygnałów impulsowych AN/ULQ-16. Te ostatnie urządzenie umożliwia analizę sygnałów nowowykrytych środków radiolokacyjnych - urządzeń testowanych i wprowadzanych dopiero do eksploatacji. Dzięki temu ARIES II łączy cechy samolotów SIGINT USAF: RC-135V/W (rozpoznanie znanych środków radiolokacyjnych, ich rozmieszczenia i charakterystyk pracy) i RC-135U (rozpoznanie i analiza nowych urządzeń, czy też poddawanych testom).

Aby móc wydzielić właściwą transmisję środków radioelektronicznych od celowo wytwarzanych zakłóceń mylących w skład wyposażenia pokładowego samolotu wchodzi też odbiornik dostosowany do wydzielenia i analizy wysyłanych zakłóceń - GTE AN/ALR-44(V).

Ciekawym elementem wyposażenia samolotu, stosowanym już na ARIES I teraz jedynie zmodernizowanym, jest Magnavox AN/ALQ-108. Jest to swego rodzaju urządzenie odpowiadające pracujące w systemie identyfikacji "swój-obcy", ale nie służące do identyfikacji samolotu (do tego celu EP-3E jest wyposażony w AN/APX-72). AN/ALQ-108 służy do naśladowania sygnałów odpowiedzi samolotów przeciwnika, co powoduje, że na nieprzyjacielskich stacjach radiolokacyjnych może on być identyfikowany jako "swój".

Poza wymienionym wyposażeniem EP-3E został wyposażony w stację radiolokacyjną Texas Instruments (obecnie Raytheon) AN/APS-134(V), pracującą w zakresie 9,5-10 GHz. Stacja ta dysponuje zasięgiem ponad 280 km i służy do wykrywania i śledzenia celów morskich. Zmienna częstotliwość powtarzania stacji umożliwia wykrywanie różnorodnych celów morskich, w tym także peryskopów zanurzonych okrętów podwodnych, z odległości do 56 km.

Lockheed EP-3E, będący swego rodzaju "radioelektronicznym systemem analizy i ostrzegania pola walki", operując w rejonie działań, na podstawie analizy pracy różnorodnych środków radioelektronicznych oraz na podstawie informacji otrzymanych z zewnątrz, może tworzyć obraz sytuacji taktycznej. Obraz ten jest następnie wykorzystywany do wykrywania zagrożeń i ostrzegania przed nimi, do wskazywania celów oraz analizy działań prowadzonych przez przeciwnika. Takimi możliwościami nie dysponuje żaden inny samolot na świecie.

Aby było to możliwe na pokładzie samolotu zainstalowano trzy systemy: Story Teller, Story Book i Story Classic. Story Teller jest systemem sprzęgającym różne pokładowe odbiorniki (a właściwie ich analizatory) z komputerem misji AN/AYK-14 (tworzącym jednolity obraz sytuacji na podstawie generowanych na pokładzie samolotu i otrzymanych z zewnątrz informacji), a także zespół wymiany informacji: Tactical Digital Information Exchange System B, Tactical Digital Information Link A (TADIL-A), Tactical Information Broadcast Service (TIBS), Tactical Reconnaissance Information Exchange Services itd. Dodatkowo w systemach wymiany informacji wykorzystuje się trzy radiostacje satelitarne RT-1273/ARC, co umożliwia przekazanie danych w dowolny punkt globu. Wykorzystanie systemu Story Teller umożliwia pełną dystrybucję zintegrowanej informacji o taktycznej sytuacji radioelektronicznej do różnych stanowisk dowodzenia, na pokłady okrętów itp., gdzie jednolita sytuacja taktyczna jest wykorzystywana nie tylko do planowania i prowadzenia działań związanych z walką radioelektroniczną, ale także do planowania i prowadzenia wszelkich działań.



**Rys. 2.18. Lockheed EP-3E Orion**

Źródło: [http://www.fas.org/irp/program/collect/ep-3\\_aries.htm](http://www.fas.org/irp/program/collect/ep-3_aries.htm)

System Story Book integruje odpowiednio przeanalizowaną informację, ale tworzy obraz pod innym kątem niż System Story Teller. Jest to informacja o pojawiających się dla sił własnych zagrożeniach (środkach ataku przeciwnika, środkach przeciwlotniczych operujących w pobliżu grup własnych samolotów itd.). Story Book klasyfikuje te zagrożenia i wysyła zagrożenia do poszczególnych sił, które mogą zostać zaatakowane przez przeciwnika. Story Book współpracuje z systemami nawigacyjnymi samolotu oraz z układem odniesienia czasu AN/ASQ-192. Umożliwia to pre-

czyjne określenie pozycji wykrytych środków radioelektronicznych w układzie geograficznym.

Trzecim, bardzo specyficznym systemem jest Story Classic. jego zadanie jest ocena sytuacji, na podstawie prowadzonej korespondencji radiowej, głównie w zakresie fal średnich i KF, przez co zapewnia wyciąganie wniosków co do zamiarów przeciwnika i jego przyszłych działań. Informacja taka jest przydatna do planowania własnych działań.

W normalnych, pokojowych warunkach samoloty EP-3E ARIES II mogą być wykorzystane do zbierania informacji o ewentualnym przeciwniku, przy szybkiej transmisji informacji do innych odbiorców. Nieocenione usługi samolot oddaje jednak w toku prowadzonych działań bojowych, mogąc zapewnić dowódcom taktycznym i szczebla operacyjnego pełny wgląd w sytuację radioelektroniczną oraz w elementy sytuacji taktycznej. Po połączeniu tej informacji z obrazem tworzonym przez inne środki rozpoznania uzyskuje się pełny obraz przeciwnika, co ułatwia jego pokonanie<sup>42</sup>.

Nowe kierunki otwiera amerykański **projekt MC2A** stanowiący koncepcję samolotu-platformy **MC2A** (*Multisensor Command and Control Aircraft*), która ma zastąpić dotychczasowe koncepcje oddzielnych wyspecjalizowanych samolotów rozpoznawczych (*ISR - Intelligence, Surveillance, Reconnaissance*) i zapewnić warunki zabezpieczenia w informacji dowództw operacji połączonych.

Nowy samolot, poprzez zintegrowanie dotychczas rozproszonych sensorów, ma posiadać zdolności realizowania zadań, które dotychczas wykonywały samoloty wczesnego wykrywania i naprowadzania *E-3A AWACS*, samoloty do obserwacji celów naziemnych i naprowadzania *E-8 Joint STARS* oraz samoloty rozpoznania elektronicznego *RC-135 Rivet Joint*.

*MC2A* ma realizować zadania nie tylko jako platforma rozpoznawcza, lecz także jako stanowisko dowodzenia i naprowadzania na teatrze działań. W programie *MC2A* tradycyjne samoloty wykonujące zadania rozpoznania (*ISR*) byłyby głównym elementem koncepcji sił uderzeniowych o zasięgu globalnym (*Global Strike Task*

---

<sup>42</sup> Przytoczono za: M. Kruk, A. Banasiak. Wyposażenie elektroniczne samolotu Lockheed EP-3E ARIES II. Dostępne w: <http://www.wings.skyhost.pl/technika/ep3e.php>

*Force Concept*) i realizowałyby różne zadania obrony powietrznej i obrony przed rakietami balistycznymi<sup>43</sup>.

Samolot *MC2A* będzie realizował zadania jako jeden z elementów powietrznych sił uderzeniowych USA, będzie koordynował działania samolotów uderzeniowych i myśliwskich, jak również samolotów bezzałogowych typu *Global Hawk* i *Predator*. Umożliwi to prowadzenie precyzyjnej obserwacji sytuacji naziemnej, z możliwością nakładania dynamicznie rozwijającej się sytuacji powietrznej i zagrożeń, a także ze wskazywaniem bardzo ważnych celów do niszczenia. Ścisłe powiązanie informacji napływających z rozpoznania powietrznego i naziemnego powinno pozwolić na prognozowanie rozwoju sytuacji w dalszych działaniach.

*MC2A* będzie miał możliwość zbioru i obróbki danych z własnych sensorów oraz korelacji ich z danymi uzyskiwanymi z innych środków, samolotów i satelitów. Uzyskaną w ten sposób sytuację zbiorczą (zobrazowanie) będzie przekazywać do Dowódcy Sił Powietrznych (jako pomoc w planowaniu i prowadzeniu operacji), a także do samolotów uderzeniowych<sup>44</sup>.

Obecnie są prowadzone prace nad połączeniem funkcji radarów obserwacji ruchomych celów powietrznych i naziemnych samolotów *E-3A AWACS* i *E-8 Joint STARS* na jednej platformie, a także nad możliwością wykrywania i śledzenia rakiet - jako podstawowych wymagań programu. W kolejnym etapie przewiduje się możliwość zamontowania aparatury do prowadzenia rozpoznania elektronicznego (*RC-135 Rivet Joint*)

### ***Polska koncepcja zintegrowanego systemu rozpoznania i dowodzenia powietrznego M-28R***

W Polsce w celu prowadzenia kompleksowego rozpoznania opracowano koncepcję zintegrowanego systemu na bazie jednej platformy, jaką ma być samolot *M-28 Sky Track (M-28R)*. Ponieważ polski przemysł lotniczy nie jest w stanie wyprodukować innego samolotu, który mógłby służyć do zabudowy aparatury rozpoznawczej,

<sup>43</sup> K. Załęski, D. Kołasiński. Światowe tendencje w rozpoznaniu - platforma rozpoznawcza *MC2A*. *Przegląd WLOP*, sierpień 2003.

<sup>44</sup> We wstępnej koncepcji *MC2A* miał powstać w wyniku modernizacji samolotu *Joint STARS*, prowadzonej szczególnie pod kątem ulepszenia jego głównego radaru (program nazwano *Multiplatform Radar Technology Insertion Program*). Po modernizacji system był w stanie wykrywać rakiety na wysokości do 10 000 stóp; 12 razy poprawiono zdolność rozdzielczą aparatury, uzyskując możliwość rozróżnienia obiektów wielkości około 30 cm.

z konieczności jako platforma nośna jest rozpatrywana ta konstrukcja. Koncepcja zakłada zintegrowanie na pokładzie tego samolotu: wielofunkcyjnego radaru, dającego obraz z obrazowaniem celów powietrznych, naziemnych i nawodnych, systemu rozpoznania środków łączności (COMINT), systemu rozpoznania środków radiolokacyjnych (ELINT) i systemu rozpoznania obrazowego (IMINT), w tym rozpoznania na podczerwień.

Założenia przewidują wykorzystanie sprawdzonych rozwiązań i doświadczeń eksploatacyjnych systemów: *Bryza* (radiolokacja - Marynarka Wojenna), *Procjon-3* (COMINT, ELINT - Wojska Lądowe), *Procjon-2* (COMINT – SP RP) i *FLIR-2002* (na podczerwień i obrazowy - Straż Graniczna). Kompleksowe przystosowanie samolotu do przenoszenia tych systemów zapewni zwiększenie efektywności, wiarygodności i terminowości rozpoznania.

Rozpoznawczy samolot *M-28R* będzie przystosowany do realizacji zadań planowanych, na konkretne zapotrzebowanie użytkownika informacji, lub doraźnych, na określony sygnał wynikający z rozwoju sytuacji operacyjnej. Będzie mógł również wykonywać zadania o charakterze stałym, oraz dostarczać informacje o celach powietrznych i o obiektach naziemnych w strefie zainteresowania operacyjnego. Przewiduje się, że informacja o wykrytych obiektach będzie przekazywana w czasie rzeczywistym do systemu *Dunaj* i wykorzystywana do tworzenia zintegrowanego RAP-u. System przekazywania danych oparty będzie na rozwiązaniach stosowanych w programie *Bryza*.

Prowadzenie kompleksowego rozpoznania na bazie jednej platformy wydaje się w chwili obecnej najważniejszym wyzwaniem dla projektantów i konstruktorów. Nowe samoloty będą wykorzystywać nowe technologie, a przez to przyspieszać proces poszukiwania, przechwytywania i niszczenia celów mobilnych przez lotnictwo. Będą ściśle zintegrowane z nową wizją działań Sił Powietrznych RP.

Z początkiem 2002 r. we WLOP rozpoczęto prace koncepcyjne zmierzające do przygotowania zintegrowanego systemu rozpoznania powietrznego opartego na samolotach bezzałogowych klasy MALE (*Medium Altitude Long Endurance*)<sup>45</sup>. Określono m.in., że celem wprowadzenia do uzbrojenia BSP będzie osiągnięcie zdolności do prowadzenia głównie rozpoznania obrazowego dla potrzeb wszystkich rodzajów

---

<sup>45</sup> S. Wydra. Perspektywy rozpoznania. Wiraże nr 4/2004

wojsk oraz obniżenie kosztów uzyskiwania informacji. Ponadto określono szereg tzw. wymagań standaryzacyjnych dotyczących kompatybilności, integracji i interoperacyjności z aktualnymi i przyszłymi systemami dowodzenia, uzbrojenia, łączności, śledzenia, rozpoznania i wskazywania celów oraz innymi systemami stosowanymi przez wojska własne i sojusznicze zgodnie ze standardami NATO. Są wśród nich odniesienia dotyczące np. podporządkowania przepisom Międzynarodowej Organizacji Lotnictwa Cywilnego (ICAO), bezpieczeństwa lotów i wiele innych.

Przewiduje się, że BSP powinny zostać wyposażone m.in. w kamerę elektrooptyczną (EO), sensory rozpoznania na podczerwień (IR), radar SAR, aparaturę do wykrywania celów ruchomych (MTI), urządzenia rozpoznania elektronicznego ELINT (*Elektronic Intelligence*) i rozpoznania radiowego COMINT (*Communication Intelligence*) oraz radiolokacyjnego SAR. Wymagania zakładają zwiększanie zasięgu BSP do ponad 750 km. Tej klasy platformy będą w przyszłości elementem sojuszniczego systemu obserwacji obiektów naziemnych z powietrza AGS.

Pośród rozpatrywanych statków powietrznych znajduje się używany jest przez siły zbrojne USA, Francji i Belgii samolot rozpoznawczy **Hunter**. Jest to wielozadaniowy BSP, który może utrzymywać się w locie przez 12 godz., a jego zasięg wynosi do 300 km. Druga propozycja to **Searcher** MKII, który znajduje się w wyposażeniu m.in. armii izraelskiej. Pozostaje w powietrzu 15 godz. i ma zasięg 250 km. Inna Propozycja to **Tanger**, który może pozostawać w powietrzu 5 godz. Dokonuje rozpoznania taktycznego w zasięgu 150 km dla armii Szwajcarii i Finlandii.

Poważniejsze propozycje to m. in. izraelski **Eagle**, który jest zbudowany w technologii najbardziej zaawansowanej i zaliczany do urządzeń czwartej generacji. Wykonuje loty na średnich wysokościach – ok. 10 tysięcy metrów i ma możliwość przebywania w powietrzu do 52 godzin, a z pełnym obciążeniem ok. 42 godzin. Zapewnia głębokie rozpoznanie i przekazywanie danych w czasie rzeczywistym. Głównym jego zadaniem jest misja rozpoznania, wskazywania celów oraz transmisja danych do użytkownika. Dane przekazywać może bezpośrednio lub za pośrednictwem innego znajdującego się w powietrzu BSP w systemie retlansacji, przez co zwiększa zasięg działania. Istnieje możliwość zmiany zaprogramowanych zadań w trakcie lotu. Może być zaprogramowany na lot autonomiczny, co zwiększa jego zasięg do 1000 km. Przy locie kierowanym w razie utraty łączności ze stacją naziemną przechodzi automatycznie na system autonomiczny w celu umożliwienia powrotu do bazy. Dłu-

gość aparatu wynosi 8,5 m, rozpiętość 16,6 m, maks. masa startowa 1100 kg, maks. ładunek 250 kg. Napędzany jest 4-cylindrowym silnikiem z turbodoładowaniem o mocy 100 KM.

Według wstępnych ocen najbardziej przydatne, spełniające założone wymagania SP RP – byłyby samoloty bezzałogowe typu **Predator** przeznaczone do lotów na średnich wysokościach o stosunkowo znacznej długości lotu, wraz z dwoma naziemnymi stanowiskami kierowania (*Ground Control Station - GCS*). Miałyby one zapewnić wykrywanie, lokalizowanie oraz identyfikowanie celów przy użyciu różnorodnych czujników, włącznie z czujnikami elektromagnetycznymi i taktycznego rozpoznania obrazowego (TAC IMINT), oraz przekazywanie informacji w czasie rzeczywistym lub prawie rzeczywistym. Powinny umożliwić skuteczne działanie we wszystkich warunkach atmosferycznych w dzień i w nocy oraz pokrywać widmo elektromagnetyczne za pośrednictwem czujników radiowych, radarowych, elektrooptycznych – w tym pracujących na podczerwień. Powinny też posiadać urządzenia fotograficzne zapisu wideo, systemy łączności z możliwością utajnienia, być odporne na zakłócenia oraz przenosić aparaturę wykrywania skażeń biologicznych i chemicznych. Zakłada się, że powinny mieć zasięg ok. 300 km od linii rozgraniczenia wojsk.

Systemy rozpoznania elektronicznego sił powietrznych w perspektywie najbliższych 20 lat będą prawdopodobnie rozwijać się w trzech wzajemnie powiązanych obszarach obejmujących:

- Rozpoznanie elektroniczne na potrzeby dowódców szczebla operacyjnego realizowane przez wyspecjalizowane siły i środki rozpoznania elektronicznego;
- Rozpoznanie elektroniczne na potrzeby wyspecjalizowanych sił obezwładniania systemu OP przeciwnika (SEAD) oraz walki elektronicznej (EW);
- Rozpoznanie elektroniczne na potrzeby samoobrony samolotów;

Wychodząc z tak określonych obszarów prowadzenia rozpoznania elektronicznego w siłach powietrznych należy określić wyznaczniki charakteryzujące zadania realizowane w każdym z wymienionych obszarów jego prowadzenia, wykorzystywane techniczne środki rozpoznania elektronicznego oraz stosowaną taktykę działań.

## 2.4. Powietrzne urządzenia rozpoznania optoelektronicznego i kierunki ich rozwoju

O efektywność i możliwościach systemu obserwacji i rozpoznania powietrznego (powietrzno-kosmicznego) na przyszłym polu walki zdecydują z pewnością wykorzystywane urządzenia rozpoznawcze (sensory rozpoznawcze) oraz ich zdolność do pozyskiwania informacji.

Podobnie jak obecnie tak i w najbliższej przyszłości w obserwacji i rozpoznaniu powietrznym (powietrzno-kosmicznym) będzie przede wszystkim wykorzystywana informacja przenoszona przez spektrum elektromagnetyczne. Wynika to bowiem z takich jego cech jak powszechność występowania w przyrodzie, prędkość przemieszczania się fal i duża ilość przenoszonych informacji, a także możliwość uzyskiwania wysokiej rozdzielczości

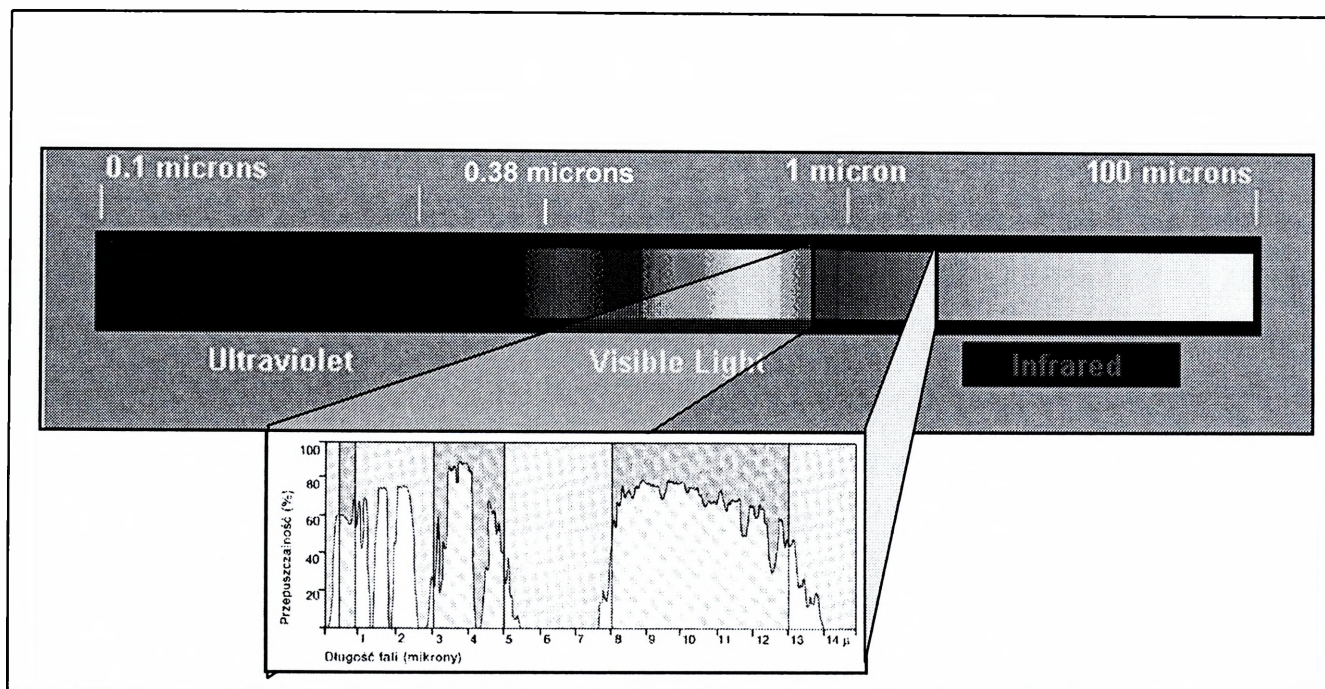
Ze względów praktycznych całe spektrum elektromagnetyczne dzieli się zazwyczaj na dwa duże podzakresy: optyczny i radiowy. Podzakres optyczny leżący między długościami fal od ok. 0,2  $\mu\text{m}$  do 1000  $\mu\text{m}$  obejmuje ultrafiolet, promieniowanie widzialne oraz podczerwień. Podzakres radiowy obejmuje natomiast dwa pasma: mikrofałe (radarowe) do długości ok. 0,1 m oraz pasmo fal radiowych powyżej długości 0,1m. Postęp technologiczny spowodował, że wykorzystanie spektrum elektromagnetycznego od szeregu lat staje się coraz bardziej kompleksowe opracowano także całą rodzinę urządzeń rozpoznawczych dostosowanych do rejestrowania określonych efektów, charakterystycznych dla danego zakresu. Biorąc pod uwagę powyższy podział pasma elektromagnetycznego można, zatem wyróżnić trzy rodzaje rozpoznania: radiowe, radiolokacyjne i optoelektroniczne. Rozpoznanie optoelektroniczne łączy w sobie od dawna istniejące rozpoznanie optyczne ze stosunkowo nową dziedziną, jaką jest elektronika. Jego podstawą są fizyczne procesy warunkujące przetwarzanie sygnałów elektrycznych na optyczne i sygnałów optycznych na elektryczne oraz procesy wytwarzania, przesyłania, przetwarzania i magazynowania informacji niesionych przez światło<sup>46</sup>.

Przeprowadzone studia literatury przedmiotu wskazują, że w perspektywie najbliższych 15-20 lat w systemach rozpoznania optoelektronicznego wykorzystywana będzie nadal jedynie ograniczona część pasma optycznego obejmującego: cały

<sup>46</sup> Por. K. Booth, S. Hill, Optoelektronika, Wydawnictwo Komunikacji i łączności, Warszawa 2001, s. 9.

zakres fal ultrafioletowych (długości fali 0,1- 0,38 $\mu\text{m}$ ), widzialnych (długość fali 0,38- 0,76 $\mu\text{m}$ ) i ze względu na tłumienie fal podczerwonych w atmosferze, jedynie część pasma podczerwonego. Będą to jedynie trzy zakresy tego pasma o długości fali od 0,76 do 1 $\mu\text{m}$ , od 3-5 $\mu\text{m}$  i 8-13 $\mu\text{m}$ . Zakresy długości fali elektromagnetycznych umożliwiających prowadzenia rozpoznania optoelektronicznego przedstawia rysunek 2.20 umieszczony niżej.

Dzięki możliwości uzyskania znacznie większej rozdzielczości obrazów niż w paśmie radiowym do prowadzenia rozpoznania w poszczególnych zakresach pasma optycznego nadal będą wykorzystywane w siłach powietrznych całe rodziny urządzeń optoelektronicznych<sup>47</sup>. Urządzenia rozpoznawcze charakterystyczne dla poszczególnych zakresów pasma optycznego przedstawia rys. 2. 21.



**Rys. 2.20. Zakresy długości fal elektromagnetycznych umożliwiających prowadzenie rozpoznania optoelektronicznego**

W świetle wyników dokonanych analiz można założyć, że względu na charakter pracy i właściwości urządzeń optoelektronicznych w systemach rozpoznania optoelektronicznego sił powietrznych w perspektywie najbliższych 20 lat będą wykorzy-

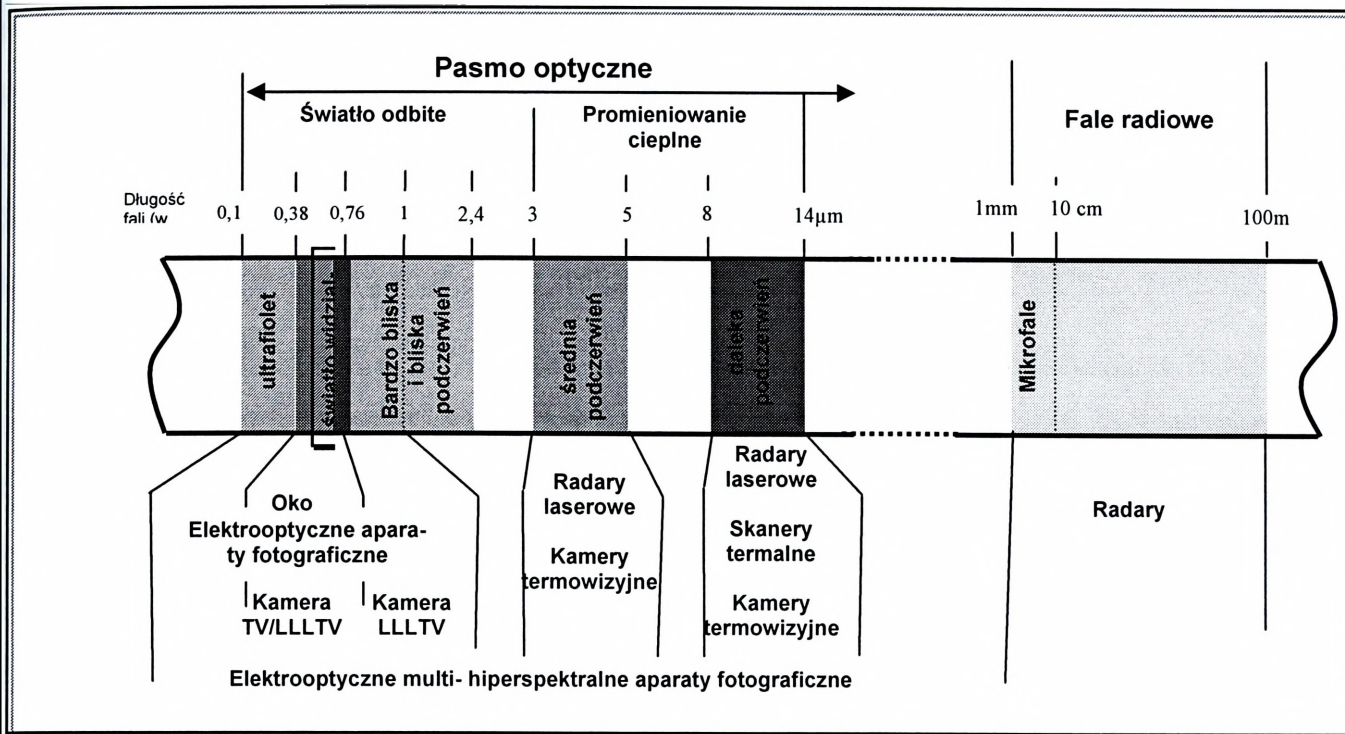
<sup>47</sup> Cechą charakterystyczną każdego urządzenia optoelektronicznego jest posiadanie oprócz źródła światła i detektora co najmniej jednego podstawowego elementu optycznego. Takim elementem może być soczewka do ogniskowania światła, proste zwierciadło do kierowania go z jednego miejsca do drugiego lub polaryzator do jego polaryzacji. Por. K. Booth, S. Hill, Optoelektronika, Wydawnictwo Komunikacji i łączności, op. cit s. 41.

stywane urządzenia do prowadzenia rozpoznania fotograficznego, telewizyjnego, termowizyjnego oraz laserowego. Będą to prawdopodobnie kolejne generacje elektrooptycznych aparatów fotograficznych, kamer telewizyjnych światła dziennego niskiego poziomu oświetlenia (*Low Light Level Television - LLLTV*), kamery termowizyjne oraz skanery termalne, a także laserowe urządzenia rozpoznawcze.

W przypadku dalszego dynamicznego rozwoju aparatów fotograficznych, rozpoznanie fotograficzne będzie w ciągu najbliższych 20 lat różniło się znacznie od tego, które jest realizowane obecnie. Na podstawie dokonanych analiz dostępnych materiałów źródłowych można założyć, że zasadnicze kierunki rozwoju systemów rozpoznania fotograficznego związane będą ze zwiększeniem zasięgu i przedziału wysokości ich wykorzystania oraz zwiększenia rozdzielczości uzyskiwanych materiałów do kilku centymetrów.

Utrwalającą się od szeregu lat tendencją w rozpoznaniu powietrznym jest zastępowanie klasycznych, lotniczych aparatów fotograficznych opartych na technologii mokrego filmu aparatami opartymi na technologii cyfrowej. W aparatach elektrooptycznych zamiast błony fotograficznej stosowane będą zestawy elementów światłoczułych (detektorów) zastosowanych w formie matrycy. Można przewidywać, że aparaty cyfrowe będą wyposażone najczęściej w jeden z dwóch typów matryc: *CCD(Charge Coupled Device)* lub *CMOS*, która prawdopodobnie w niedalekiej przyszłości stanie się standardowym rozwiązaniem w elektrooptycznych aparatach fotograficznych.

Zastosowanie techniki cyfrowej w tworzeniu obrazów umożliwi w procesie interpretacji wyników rozpoznania możliwość wielokrotnego powiększania obiektów, dokładnego określenia ich współrzędnych geograficznych poprzez porównanie z mapami cyfrowymi oraz dowiązanie celu do innych charakterystycznych obiektów znajdujących się w danym rejonie. Aparaty elektrooptyczne będą również prawdopodobnie zdolne do wyeliminowania zakłóceń powstałych na wskutek turbulencji powietrza. Należy sądzić, że w 2025 roku wyniki rozpoznania będą rejestrowane na nośnikach optycznych, przeglądane w czasie lotu w kabinie załogi lub też przesyłane poprzez radiowe i satelitarne systemy transmisji danych, w czasie rzeczywistym do naziemnych stacji obróbki danych.



**Rys. 2.21. Urządzenia rozpoznawcze charakterystyczne dla poszczególnych zakresów pasma optycznego**

Wyniki uzyskane w trakcie dokonywanych analiz materiałów źródłowych pozwalają zauważyć zarysowującą się tendencję w zakresie rozwoju elektrooptycznych aparatów fotograficznych, jaką jest rozszerzenie ich potencjalnych możliwości o tworzenie obrazów w zakresie promieniowania podczerwonego. Dzięki wykorzystaniu urządzeń uczulonych na długość fal granicznych promieniowania widzialnego i podczerwonego (najczęściej w zakresie od 0,5 do 1  $\mu\text{m}$ ) możliwe będzie podczas jednej emisji rozpoznawczej sekwencyjne tworzenie obrazów pożądaných obiektów (rejestrów) w zakresie światła widzialnego i bliskiej podczerwieni lub też symultaniczne w obu tych zakresach jednocześnie.

Taki sposób tworzenia obrazów pozwoli na wykonywanie zdjęć przy bardzo słabym oświetleniu obiektu lub w całkowitej ciemności. Pozwoli również przeciwdziałać maskowaniu obiektów oraz znacznie utrudni dezinformację ze strony przeciwnika. Ponadto, wyeliminowane zostaną zniekształcenia powodowane przez czynniki atmosferyczne zmniejszające widzialność, takie jak zamglenie czy niewielkie opady. W konsekwencji nowe rozwiązania wpłyną na większą elastyczność wykorzystania urządzeń rozpoznawczych i w większym stopniu uniezależnią prowadzenia rozpoznania od warunków atmosferycznych.

Jak wskazują wnioski z przeprowadzonych analiz istotną część optoelektrycznych urządzeń rozpoznawczych będą stanowiły w perspektywie czasowej 10-20

lat również kamery telewizyjne. Należy przypuszczać, że wykorzystywane w najbliższych kilkunastu latach kamery zbudowane będą z wykorzystaniem matryc detektorów najczęściej o zakresie czułości widmowej pokrywającym cały zakres widzialny oraz przylegający do niego wycinek zakresu podczerwonego o długości fal od 0,4 do  $1\mu\text{m}$ <sup>48</sup>.

Kamery TV światła dziennego montowane będą na śmigłowcach rozpoznawczych, samolotach i bezzałogowych samolotach rozpoznawczych najczęściej w formie bloku (głowicy) obserwacyjnej umożliwiającego wizualizację i rejestrację obrazu obserwowanego rejonu lub obiektu w warunkach dziennych. Do obserwacji obiektów przy bardzo słabym oświetleniu, o poziomie znacznie poniżej czułości ludzkiego oka stosowane będą natomiast kamery telewizyjne niskiego poziomu oświetlenia wykorzystujące dodatkowe wzmacniacze światła połączone z detektorami matrycy cyfrowej. Przeprowadzone analizy wskazują, że do tworzenia obrazów na zasadzie wykorzystania promieniowania podczerwonego wykorzystywane będą urządzenia termowizyjne stanowiące już dziś coraz bardziej atrakcyjniejszą alternatywę dla kamer telewizyjnych niskiego poziomu oświetlenia. W przeciwieństwie do oka ludzkiego, aparatów cyfrowych, kamer telewizyjnych światła dziennego i niskiego poziomu oświetlenia nie będą wymagały one nawet minimalnego oświetlenia i będą mogły pracować w warunkach absolutnej ciemności. Zaletą urządzeń termowizyjnych będzie z pewnością również mała skuteczność maskowania obiektów za pomocą klasycznych technik, ponieważ np. siatka maskująca czołg lub inne pojazdy sama też się nagrzewa i wysyła demaskujące promieniowanie. Ponadto, urządzenia te będą miały większe zasięgi skutecznej obserwacji w trudnych warunkach atmosferycznych w stosunku do kamer niskiego poziomu oświetlenia. Zalety te będą wynikały z faktu, iż w urządzeniach termowizyjnych wykorzystywany będzie zazwyczaj zakres widmowy powyżej  $3\mu\text{m}$ , gdzie dominuje własne promieniowanie termalne obserwowanej scenarii, ponieważ promieniowanie słońca, księżyca i gwiazd w tym zakresie widmowym jest słabe. Analiza prognoz dotyczących rozwoju środków rozpoznania termalnego wskazuje, że w perspektywie 20 lat typowymi urządzeniami, które znajdą najszersze zastosowanie w prowadzeniu rozpoznania termalnego będą kamery i skanery termowizyjne.

---

<sup>48</sup> K. Chrzanowski, Wojskowy sprzęt optoelektroniczny, „Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej” 2001, nr 10, s. 74.

Kamery termowizyjne umożliwią wytworzenie dwuwymiarowego obrazu termalnego niezależnie od tego czy urządzenie lub obserwowane obiekty znajdują się w ruchu czy też w spoczynku<sup>49</sup>. Należy przypuszczać, że w perspektywie najbliższych 20 lat urządzenia te stanowiąc będą nie tylko element systemów celowniczo-nawigacyjnych, lecz również systemów rozpoznawczych załogowych i bezzałogowych statków powietrznych.

Przeprowadzone badania potwierdzają stawiane często hipotezy, że należy liczyć się z szerokim wykorzystaniem do prowadzenia rozpoznania kamer termalnych trzeciej generacji. Cechą charakterystyczną tej generacji będzie podobnie jak w przypadku elektrooptycznych aparatów fotograficznych wykorzystywanie cyfrowych detektorów matrycowych CCD. Wyeliminowanie optyczno-mechanicznych układów przeszukiwania, charakterystycznych dla pierwszych generacji tych urządzeń pozwoli na znaczne uproszczenie ich konstrukcji i umożliwi budowę kamer termowizyjnych o wymiarach porównywalnych z typowymi kamerami video bądź znacznie mniejszymi. Ponadto, dzięki takiemu rozwiązaniu osiągnięta zostanie lepsza czułość tych urządzeń, jakość obrazu oraz znacznie zwiększony zasięg wykrywania<sup>50</sup>.

W przewidywalnej perspektywie czasowej 10-15 lat na miejsce obecnie wykorzystywanych kamer termalnych zacznie być wprowadzana w siłach powietrznych części państw, kolejna – czwarta już generacja tych urządzeń. Będą one stanowić standardowe wyposażenie rozpoznawcze w perspektywie 20-25 lat. W odróżnieniu od kamer poprzednich generacji nowe systemy będą wykorzystywały prawdopodobnie niechłodzone matryce detektorów, co pozwoli na znaczne obniżenie kosztów tych urządzeń przy jednoczesnym utrzymaniu jakości uzyskiwanych obrazów.

Potencjalne możliwości w zakresie miniaturyzacji kamer termowizyjnych zwiększać mogą zakres ich wykorzystania do systemów rozpoznania optoelektronicznego bezzałogowych samolotów rozpoznawczych niskiej i średniej długości lotu. Nie można też wykluczać ich stosowania na miniaturowych BSR.

W odróżnieniu od kamer termowizyjnych skanery termalne będą umożliwiały wytworzenie dwuwymiarowego termalnego obrazu pożądanego obiektu jedynie wów-

<sup>49</sup> K. Chrzanowski, *Wojskowy sprzęt optoelektroniczny*, op. cit., s. 77.

<sup>50</sup> W. Marud, R. Morchal, *Wykorzystanie termowizji w działaniach bojowych lotnictwa*, AON Warszawa 2001, s. 30.

czas, gdy samo urządzenie lub obserwowane obiekty znajdują się w ruchu<sup>51</sup>. Skaner termalny jest bowiem swoistym radiometrem badającym w sposób ciągły pasy terenu poniżej lotu statku powietrznego, na którym jest umieszczony. Taki pas składa się z przylegających do siebie linii skanowania, wciąż na nowo wybieranych poprzecznie do linii lotu. Cecha charakterystyczna skanerów jest ich szeroki kat widzenia, który obecnie wynosi zazwyczaj około 120°.

Ze względu na tłumiące właściwości atmosfery skanery wykorzystywane do prowadzenia rozpoznania będą pracowały zarówno w zakresie średniej jak i dalekiej podczerwieni. Można założyć jednak, że ze względu na korzystne właściwości propagacji fal najczęściej będzie to pasmo dalekiej podczerwieni w zakresie długości fal od 8-14µm.

Ze względu na sposób działania wyróżnia się dwa rodzaje skanerów optyczno-mechaniczne i skanery elektrooptyczne. Na bazie wniosków z dokonanych analiz rozwiązań technicznych stosowanych w urządzeniach rozpoznawczych można sądzić, że w najbliższej perspektywie czasowej w rozpoznaniu elektrooptycznym stracą na znaczeniu skanery optyczno-mechaniczne stanowiące pierwsze generacje tych urządzeń. Stanie się tak głównie ze względu na ich ograniczone możliwości rozpoznawcze oraz ograniczoną czułość. Zarysowująca się tendencją w zakresie budowy skanerów termalnych jest wyposażanie tych urządzeń w detektory matrycowe CCD o ilości fotoelementów wystarczających do uzyskania obrazu o zadawalającej jakości bez konieczności stosowania układu przeszukiwania, charakterystycznego dla urządzeń optyczno-mechanicznych. W skanerach elektrooptycznych układ optyczny będzie wyposażony w pakiety wymiennych filtrów, połączonych z odpowiednimi detektorami odbierającymi promieniowanie w ustalonych długościach fal. Na wyjściu każdego detektora otrzymany sygnał elektryczny, będzie wzmacniany i zazwyczaj rejestrowany na nośnikach magnetycznych lub optycznych. Sygnał będzie mógł być również bezpośrednio transmitowany do stacji odbiorczej na ziemi lub innego statku powietrznego.

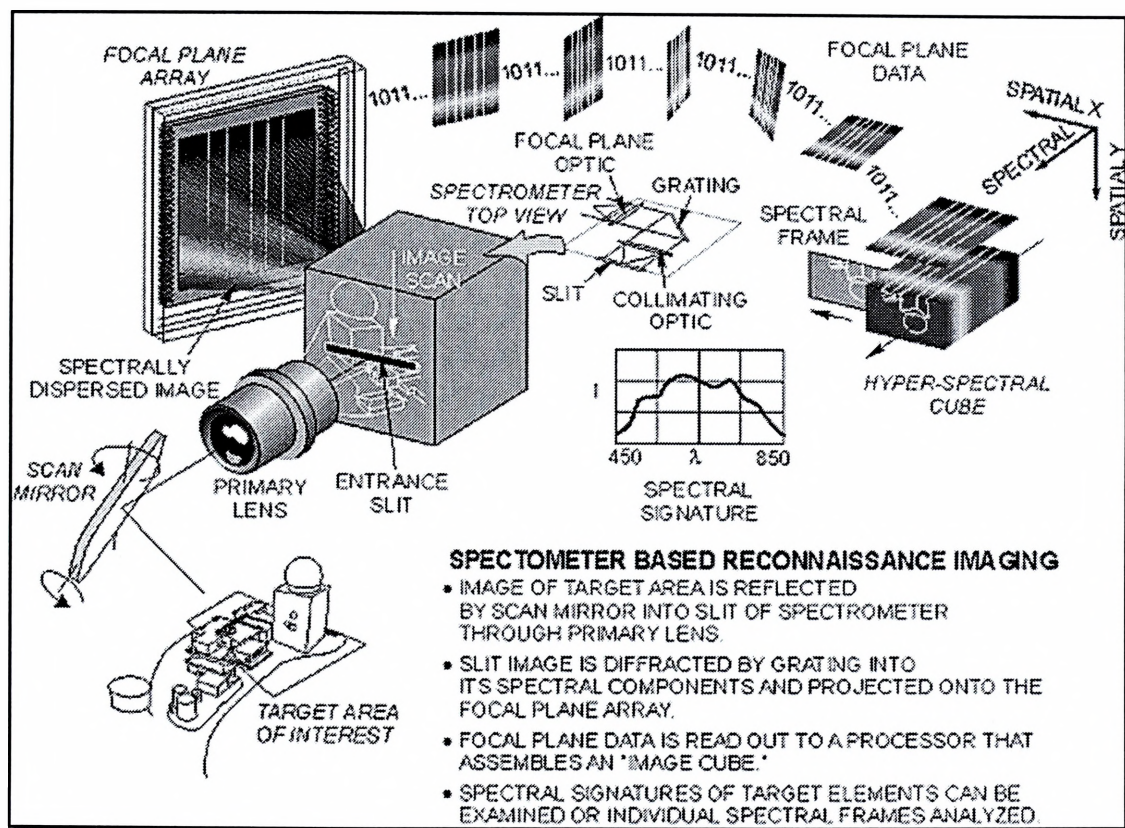
Ponadto, prowadzone są prace nad uzyskaniem możliwości skanowania powierzchni ziemi ze średnich i dużych wysokości, a co się z tym wiąże, nad powiększeniem obszaru rozpoznawanego terenu. Podniesie to również poziom bezpieczeństwa załóg na wskutek wyjścia ze strefy rażenia broni strzeleckiej i przenośnych ze-

---

<sup>51</sup>K. Chrzanowski, *Wojskowy sprzęt optoelektroniczny*, op. cit., s. 77.

stawów rakietowych. Byłby to znaczący postęp, ponieważ do tej pory jedynym skutecznym sposobem walki z obroną przeciwlotniczą obiektu, oprócz stosowania środków walki radioelektronicznej, było zwiększanie prędkości lotu.

Przeprowadzone analizy wskazują, że realnie wydaje się w perspektywie czasowej 10 -15 lat wprowadzenie na wyposażenie sił powietrznych multi- i hiperspektralnych aparatów fotograficznych. Zastosowanie tej nowej technologii umożliwi dzięki jednoczesnemu skanowaniu pożądanego obiektu lub rejonu w 100-250 osobno rejestrowanych pasmach spektralnych na wykrywanie i identyfikowanie osób, obiektów naziemnych oraz pojazdów i wyposażenia, które ze względu na maskowanie i ukrycie nie mogłyby być rozpoznane przez monospektralne środki rozpoznania obserwacji. Istotą pracy aparatów multi-hiperspektralnych przedstawia rys. 2.22.



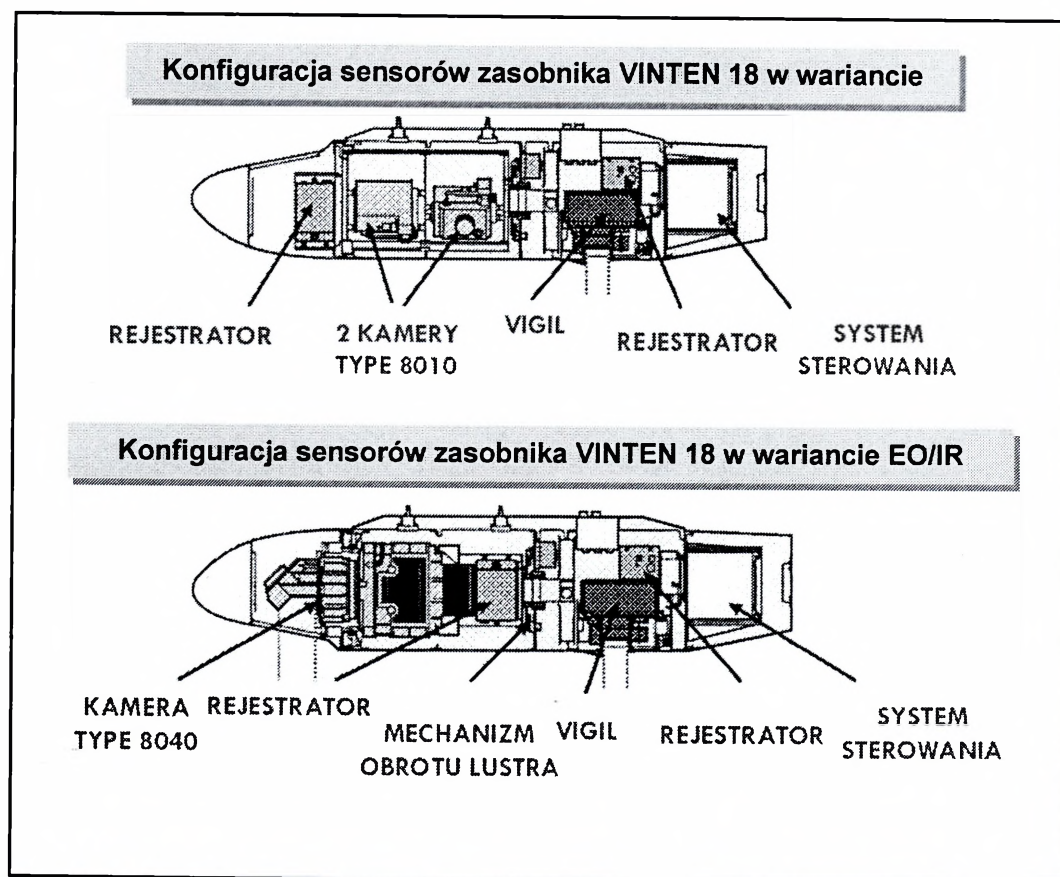
**Rys. 2.22. Istota pracy aparatów multi-hiperspektralnych**

Rysującą się tendencją w zakresie rozpoznania optoelektronicznego jest wykorzystywanie urządzeń laserowych. Jedną z najbardziej obiecujących pod tym względem technologii są LIDARY (*Light Detection And Ranging*) stanowiące laserowe odpowiedniki stacji radiolokacyjnych, w których fala radiowa zastąpiona zostanie promieniami laserowymi o zmiennej częstotliwości pracy. Jako zalety tych urządzeń w stosunku do stacji radiolokacyjnych wymienia się mniejsze rozmiary i mniejsza

masę, większą odporność na zakłócenia. Wadą tych urządzeń mogą być natomiast znacznie mniejsze zasięgi wykrycia celu niż za pomocą stacji radiolokacyjnych oraz silna zależność tych zasięgów od warunków atmosferycznych.

Wykorzystanie pokładowych lub montowanych w podwieszanych zasobnikach urządzeń lidarowych może w niedalekiej przyszłości pozwolić na tworzenie trójwymiarowych map terenu, która w połączeniu z wynikami rozpoznania obrazowego uzyskanymi np. z urządzeń optycznych, termowizyjnych umożliwi dokładne rozpoznanie terenu i określenie znajdujących się tam sił i środków. Możliwe stanie się także wykrycie środków walki skonstruowanych w oparciu o technikę obniżonej wykrywalności takich jak samoloty, śmigłowce, pojazdy gaśnicowe oraz kołowe.

Każdy z omówionych urządzeń rozpoznawczych wyróżnia się spośród innych swoistymi zaletami, ale posiada też pewne wady. Dlatego też z reguły nie będą one wykorzystywane pojedynczo, lecz będą kompleksowane w jednym samolocie lub zasobniku rozpoznawczym.

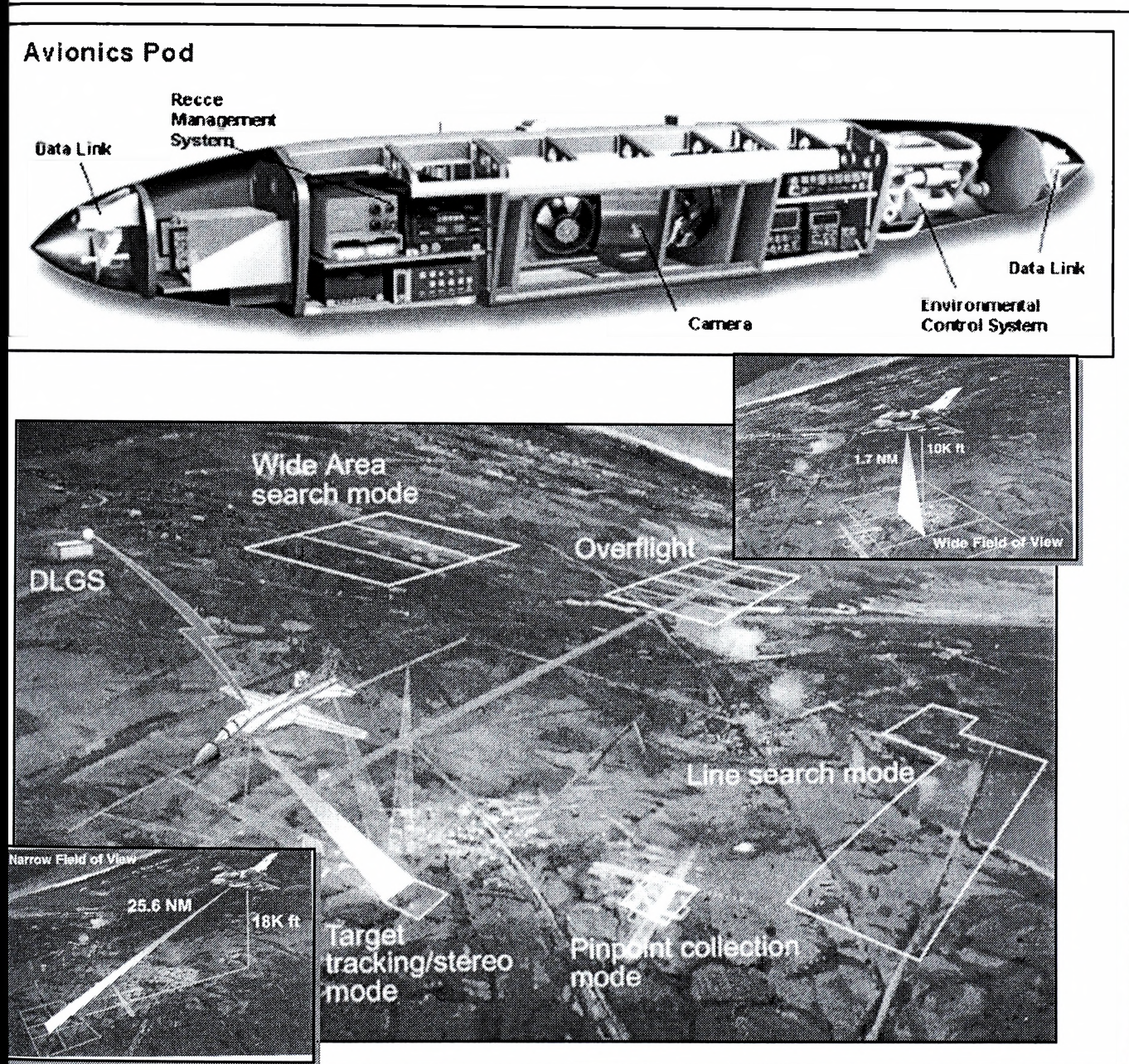


**Rys. 2.23. Zasobnik rozpoznawczy typu Vicon 18 w dwóch wariantach konfiguracyjnych**

Można założyć, że jedną z tendencji będzie umieszczanie w zasobnikach rozpoznawczych elektrooptycznych aparatów fotograficznych wspólnie z jednym ze skanerów, najczęściej termalnym, ale czasami również z laserowym. W takiej konfi-

uracji możliwe będzie zbieranie w podczas jednej misji rozpoznawczej danych w dwóch zakresach: światła widzialnego oraz dalekiej podczerwieni 8-14 $\mu$ .

Prawdopodobnie bardzo często stosować się będzie przy tym również wariowanie wyposażenia rozpoznawczego zasobników podwieszanych. Wykorzystywać się będzie przy tym ich modułową konstrukcję, która umożliwi zastąpienie części wyposażenia innym, odpowiednim do warunków lotu, charakteru obiektu czy też charakteru i zakresu żądanych informacji. Przykładem takiego rozwiązania może być najnowszy zasobnik typu Vinten 18. w zależności od sytuacji operacyjno taktycznej potrzeb może być on konfigurowany do prowadzenia rozpoznania z dużych wysokości i odległości typu Stand off lub z małych i średnich wysokości.



**Rys. 2.24. Zasobnik rozpoznawczy RAPTOR oraz możliwości rozpoznawcze samolotu Tornado GR4A**

Analiza rozwiązań technicznych stosowanych już obecnie wskazuje, że oba elementy wyposażone będą również w płynny zoom umożliwiający w miarę swobodny dobór wielkości klatki i powiększenia obrazu. Przykładem takiego rozwiązania może być zasobnik DB-110 przewidziany do wprowadzenia na wyposażenie polskich sił powietrznych w perspektywie czasowej 4-5 lat.

## 2.5. Wnioski

Współczesne urządzenia i systemy radiolokacyjne daleko odbiegają od swoich protoplastów, których kariera w lotnictwie rozpoczęła się jeszcze w czasie II wojny światowej. Era miniaturyzacji techniki cyfrowej i laserowej powoduje, że na pokładach samolotów spotykamy coraz bardziej wyrafinowane technologicznie i kosztowne urządzenia, których obsługa wymaga gruntownej wiedzy fachowej. W kabinie pilota dominują wielofunkcyjne wskaźniki zespolone (zapewniające ergonomię wykorzystania przestrzeni kabiny), które przekazują pilotowi wszelkie, niezbędne w danej chwili informacje. Pilot otrzymuje gotowe „propozycje” algorytmu działań, których wypracowaniem zajmują się komputery pokładowe z ultraszybkimi i pojemnymi procesorami. Coraz rzadziej możemy spotkać na pokładach samolotów pojedyncze urządzenia radiolokacyjne, którym przyporządkowano jeden określony cel, gdyż godzi to w zasadę odciążenia samolotu od zbędnego balastu, który niejednokrotnie, przez większą część lotu nie był wykorzystywany. Dawne urządzenia radiolokacyjne np. mierniki prędkości podróźnej i kąta znoszenia, radary meteorologiczne, obserwacji bocznej zastąpiono nowoczesnymi radarami wielofunkcyjnymi, których różnorodność pracy zabezpiecza wszystkie, niezbędne funkcje. Urządzenia radiolokacyjne podlegają stałym modyfikacjom, których zasadniczymi celami są:

- wzrost ilości funkcji uzyskiwany poprzez modyfikację algorytmów obróbki sygnału dokonywanej cyfrowo,
- pełna automatyzacja działania stosownie do sytuacji bez konieczności ingerencji pilota,
- uodpornienie na środki WRE,
- stałe dostosowywanie do modyfikowanego uzbrojenia,
- zmniejszenie gabarytów i zapotrzebowania energetycznego.

W celu realizacji wyżej wymienionych postulatów współczesne biura konstrukcyjne produkują zintegrowane kompleksy radiolokacyjne, które umożliwiają spełnie-

nie wszelkich wymagań taktyczno-technicznych. Nastąpiła znaczna skala integracji urządzeń i systemów w połączeniu z techniką cyfrową i światłowodową umożliwia produkcję takich kompleksów.

W rozpoznaniu, poza wielofunkcyjnością radarów pokładowych, perspektywnym kierunkiem rozwoju technologicznego jest po pierwsze cyfrowe przetwarzanie uzyskiwanej informacji oraz jej dystrybucja w czasie realnym i w sposób dyskretny do odbiorców, a drugi kierunek to wykorzystanie radiolokacji do rozpoznania obrazowego, co oznacza zastępowanie fotografowania radiolokacją z syntetyczną projekcją obrazów. Radary SAR są stosowane zarówno do rozpoznania bocznego na dużych platformach wyspecjalizowanych samolotów rozpoznawczych jak i na pokładach samolotów uderzeniowych.

Prawdą jest jednak, że na takie systemy mogą sobie pozwolić kraje wysoko rozwinięte, których budżet wojskowy umożliwia zakup tak drogich urządzeń. Kraje biedniejsze będą w dalszym ciągu modernizowały swoje samoloty, a w szczególności ich awionikę, której głównym elementem są radiolokacyjne systemy nawigacyjno-celownicze. W technice radiolokacyjnej można dążyć już tylko do zwiększenia funkcjonalności, zasięgu wykrywania i dokładności lokacji oraz zmniejszenie masy i gabarytów. Porównywanie techniki państw NATO z techniką radiolokacji rozwijaną w Rosji wskazuje na zapoczątkowanie nowego etapu rywalizacji w tym obszarze.

Można założyć, że rozpoznanie elektroniczne prowadzone na potrzeby dowodzenia na szczeblach operacyjnych będzie w perspektywie najbliższych dwudziestu lat ukierunkowane na monitorowanie aktywności w spektrum elektromagnetycznym potencjalnych przeciwników. Zdobywanie informacji o ich zamiarach oraz zabezpieczenie skutecznego użycia sił wojskowych w przypadku eskalacji kryzysów w konflikt zbrojny. Cechą charakterystyczną rozpoznania elektronicznego prowadzonego dla zabezpieczenia działalności dowództw szczebla operacyjnego oraz decydentów politycznych będzie wysoka intensywność użycia środków rozpoznania elektronicznego w czasie pokoju i w sytuacjach kryzysowych. W świetle dotychczasowych założeń użycia systemów rozpoznania elektronicznego sił powietrznych, pozostających w dyspozycji dowódców szczebla operacyjnego i strategicznego można przewidywać, że również w przyszłości głównymi obiektami rozpoznania pozostaną: systemy łączności radiowej wykorzystywane w sieciach alarmowania i kierowania siłami zbrojnymi oraz systemy rozpoznania radiolokacyjnego obrony powietrznej państw

w rejonach niestabilnych politycznie i militarnie bądź państw, które mają wrogie zamiary.

Głównym celem rozpoznania elektronicznego prowadzonego na potrzeby dowódców szczebla operacyjnego i strategicznego oraz decydentów politycznych będzie zapewnienie ciągłości monitorowania sytuacji i wykrywanie anomalii będących symptomami zmian w sytuacji polityczno-militarnej w obszarze zainteresowania. Będzie to pozwalało na skuteczne reagowanie w sytuacjach kryzysowych, między innymi poprzez weryfikowanie informacji pozyskiwanych z innych źródeł.

Operacyjne i strategiczne wykorzystanie systemów rozpoznania elektronicznego SP będzie prowadzone w perspektywie 15-20 lat przede wszystkim przez wysoce wyspecjalizowane samoloty rozpoznania elektronicznego zabudowane na dużych samolotach transportowych lub pasażerskich. Dzięki temu zapewniony będzie duży ładunek użyteczny i powierzchnia do rozmieszczenia urządzeń rozpoznawczych na pokładzie samolotów oraz optymalne charakterystyki przestrzenno - czasowe prowadzonego rozpoznania. Przenoszone przez wyspecjalizowane samoloty rozpoznania elektronicznego techniczne środki rozpoznania będą umożliwiały realizację zadań bez konieczności wykonywania lotu w przestrzeni powietrznej kontrolowanej przez przeciwnika lub potencjalnie wrogiego państwa. Systemy rozpoznawcze wyspecjalizowanych samolotów rozpoznania elektronicznego cechować się będą zdolnością realizacji rozpoznania w szerokim spektrum częstotliwości radiowych i radiolokacyjnych, dużą dokładnością określania położenia źródeł promieniowania elektromagnetycznego oraz wysoką odpornością na zakłócenia.

Rozpoznanie elektroniczne na potrzeby zabezpieczenia działań wyspecjalizowanych sił obezwładniania systemu OP oraz walki elektronicznej, ukierunkowane będzie na wykrywanie, określanie położenia i zabezpieczanie rażenia ogniowego bądź elektronicznego systemów przeciwlotniczych przeciwnika, w tym zestawów rakietowych i artyleryjskich z naprowadzaniem radiolokacyjnym, jak również zabezpieczających je systemów dowodzenia i rozpoznania radiolokacyjnego. Głównym celem rozpoznania elektronicznego będzie pozyskanie informacji umożliwiającej zwalczanie systemów przeciwlotniczych przeciwnika stanowiących najpoważniejsze zagrożenie. Dla własnego lotnictwa prowadzącego działania ofensywne. Spektrum rozpoznawanych częstotliwości radiowych i radiolokacyjnych będzie ściśle powiązane z częstotliwościami wykorzystywanymi przez system obrony powietrznej przeciwnika. Do-

kładność uzyskiwanej informacji z rozpoznania elektronicznego musi zapewnić skuteczne użycie przenoszonych przez samoloty SEAD i walki elektronicznej środków rażenia. Zasięg rozpoznania wymagany dla tej grupy środków oraz dokładność rozpoznania będzie wymagać użycia wyspecjalizowanych samolotów zoptymalizowanych do jednoczesnej realizacji zadań rozpoznawczych i ogniowych, przystosowanych do prowadzenia działań również w głębi ugrupowania bojowego przeciwnika.

Najmniej wyrafinowane systemy rozpoznania elektronicznego będą wykorzystywane w siłach powietrznych w pokładowych systemach samoobrony elektronicznej statków powietrznych. Informacje pozyskiwane przez nie będą w sposób zautomatyzowany wykorzystywane do zainicjowania przeciwdziałania lub samoobrony poprzez: użycie pułapek termicznych lub radiolokacyjnych, stosowania zakłóceń aktywnych bądź wykonania lub rekomendowania manewrów przeciwrakietowych albo przeciwartyleryjskich. Zakres częstotliwości pracy systemów rozpoznania elektronicznego będących integralną częścią systemów samoobrony elektronicznej samolotów ograniczał się będzie do częstotliwości wykorzystywanych przez podstawowe, najgroźniejsze systemy przeciwlotnicze przeciwnika. Celem rozpoznania będzie wykrycie zagrożenia poprzez porównanie emisji elektromagnetycznej z biblioteką zagrożeń oraz ustalenie kierunku zagrożenia i zainicjowanie użycia systemów samoobrony elektronicznej. Systemy rozpoznania elektronicznego tej klasy nie będą w stanie dostarczyć informacji rozpoznawczej o jakości umożliwiającej zwalczanie wykrytych zagrożeń.

Coraz wyraźniej zarysowuje się trend włączania w globalną sieć rozpoznania i dowodzenia wyspecjalizowanych samolotów rozpoznania elektronicznego wykorzystywanych na potrzeby zabezpieczenia procesu podejmowania decyzji przez dowódców wojskowych szczebla strategicznego i operacyjnego oraz decydentów politycznych. Dąży się do implementacji wspólnych standardów technicznych, proceduralnych i doktrynalnych zapewniających współdziałanie w czasie niemal rzeczywistym z sensorami bazowania lądowego, powietrznego i kosmicznego. Docelowo ma być możliwe wykorzystywanie przez samoloty rozpoznania elektronicznego klasy RC-135 *Rivet Joint* czy MC2A pierwotnej informacji z sensorów umieszczonych na innych statkach powietrznych (załogowych i bezzałogowych), platformach morskich i lądowych. Standardem będzie prawdopodobnie obróbka na pokładzie samolotów rozpoznania elektronicznego danych rozpoznawczych, co pozwolić będzie na dostarcza-

nie odbiorcom przetworzonej syntetycznej informacji uwzględniającej dane z banków informacji na pokładach samolotów rozpoznawczych. Dzięki szerokopasmowym łączom danych pracującym w sieci łączności taktycznej (UKF) przetworzone dane rozpoznawcze będą w coraz szerszym zakresie przesyłane w czasie niemal rzeczywistym do wyspecjalizowanych sił obezwładniania systemu OP przeciwnika oraz walki elektronicznej w celu ich użycia i wstępnego określenia obszarów działania. Wykorzystanie szerokopasmowych łącz transmisji danych pracujących w systemie łączności satelitarnej będzie docelowo zabezpieczać korzystanie w czasie niemal rzeczywistym z baz danych dowództw i wyspecjalizowanych agencji rozpoznania w ramach możliwości „sięgania w głąb” (reach back capability).

W długofalowych planach rozwoju systemów rozpoznania elektronicznego szczebla operacyjnego przewiduje się łączenie na pokładzie jednego statku powietrznego funkcji rozpoznania, dowodzenia i aktywnego przeciwdziałania elektronicznego. Aby uniknąć wzajemnych interferencji systemów rozpoznania i zakłóceń elektronicznych przewiduje się stosowanie rozwiązań multistatycznych. Analiza danych odbywać się będzie na pokładzie samolotu rozpoznania elektronicznego, natomiast odbiór sygnałów poprzez sieć informacyjną z odbiorników rozmieszczonych na innych statkach powietrznych. Korelacja w czasie niemal rzeczywistym danych z kilku rozmieszczonych w znacznej odległości od siebie i w zróżnicowanym położeniu w stosunku do rozpoznawanych źródeł emisji elektromagnetycznej platform, zapewnić ma dużo bardziej precyzyjne określenie położenia rozpoznawanych obiektów.

Podobnie jak w stosunku do wyspecjalizowanych samolotów rozpoznania elektronicznego są widoczne trendy rozwojowe systemów rozpoznania elektronicznego wyspecjalizowanych sił SEAD i WE. Głównym celem użycia systemów rozpoznania elektronicznego pozostanie prawdopodobnie zdobywanie informacji zabezpieczających użycie kierowanych przeciwradiolokacyjnych pocisków raketowych oraz zakłócanie pracy środków wykrywania i kierowania ogniem. Przewiduje się, że włączenie sił SEAD i walki elektronicznej we wspólną sieć z samolotami rozpoznania elektronicznego takimi jak RC-135, czy TR-1 (U-2), bezzałogowymi samolotami rozpoznawczymi powietrznymi elementami systemów dowodzenia (AWACS, FAC, ABCCC) oraz systemami radiolokacyjnego rozpoznania pola walki i naprowadzania (JSTARS) ma pozwalać na skuteczniejszą niż dotychczas realizację zadań.

Rozpoznanie optoelektroniczne pozostanie w przewidywalnej perspektywie czasowej najistotniejszym sposobem zdobywania informacji o terenie oraz siłach i środkach potencjalnego lub rzeczywistego przeciwnika. Dzięki właściwościom wykorzystywanych w rozpoznaniu optoelektronicznym fal elektromagnetycznych możliwe będzie uzyskiwanie obrazów o wysokiej rozdzielczość szerokiego spektrum obiektów niezbędnej do wykrywania, lokalizowania, a przede wszystkim ich automatycznej identyfikacji.

Standardem w zakresie optoelektronicznego wyposażenia rozpoznawczego stanie się w perspektywie najbliższych 20 lat wykorzystywanie techniki cyfrowej w procesie zbierania danych rozpoznawczych.

Najbardziej perspektywiczną techniką rozpoznawczą w zakresie rozpoznania optoelektronicznego będą: elektrooptyczne aparaty fotograficzne i kamery telewizyjne pracujące w zakresie światła widzialnego i bliskiej podczerwieni, kamery i skanery termalne pracujące w zakresie średniej i dalekiej podczerwieni oraz urządzenia laserowe. Wyposażenie optoelektroniczne perspektywicznych załogowych i bezzałogowych samolotów rozpoznawczych umożliwić będzie najczęściej uzyskanie obrazu danego obiektu zarówno w jednym (np. ultrafiolet, światło widzialne) jak i w dwóch (np. światło widzialne/podczerwień) różnych pasmach spektrum elektromagnetycznego. Technika laserowa umożliwi natomiast tworzenia trójwymiarowych obrazów pola walki oraz znajdujących się tam środków walki. Dzięki temu możliwe będzie zoptymalizowanie procesu analizy obszaru działań bojowych oraz obiektów uderzeń a w konsekwencji zoptymalizowanie sposobu wykonania misji uderzeniowej.

W przyszłości można spodziewać się również integracji omawianych urządzeń w jedno wielowidmowe urządzenie rozpoznawcze, które przez swoją wysoką rozdzielczość, czułość oraz rozszerzony zakres widma znacznie zwiększy możliwości rozpoznawcze. W tym kontekście przełomem w zakresie rozpoznania optoelektronicznego w SP będzie z pewnością wprowadzenie na wyposażenie sił powietrznych urządzeń rozpoznawczych umożliwiających uzyskanie multispektralnego zobrazowania pożądanego rejonu lub obiektu. Taki sposób uzyskiwania obrazu pozwoli bowiem zwiększyć w zasadniczy sposób wiarygodność informacji rozpoznawczej, zmniejszyć możliwości maskowania, znacznie utrudnić dezinformację ze strony przeciwnika oraz w jeszcze większym stopniu uniezależnić prowadzenie rozpoznania od warunków atmosferycznych i pory doby.

## Rozdział 3

### **SYSTEMY PRZECIWDZIAŁANIA ELEKTRONICZNEGO SIŁ POWIETRZNYCH I KIERUNKI ICH ROZWOJU DO 2025 ROKU**

Wprowadzane na wyposażenie sił powietrznych coraz doskonalsze automatyzowane systemy rozpoznania, dowodzenia i kierowania uzbrojeniem zbudowane na bazie osiągnięć elektroniki i informatyki i zabezpieczone w wyrafinowany sposób przed rozpoznaniem oraz obezwładnieniem zakłóceniami, stanowią dla współczesnego zakłócania elektronicznego ogromne wyzwanie.

Skuteczność i niezawodność rozpoznania i zakłócania elektronicznego należy ciągle podwyższać poprzez budowę zintegrowanych, zautomatyzowanych urządzeń rozpoznania i zakłóceń, cyfryzację procesów przetwarzania sygnałów oraz procesów pomiarowych, a także automatyzację procedur identyfikacji i lokalizacji źródeł promieniowania elektromagnetycznego, zobrazowanie sytuacji elektronicznej na ekranach monitorów i tworzenie komputerowych baz danych na potrzeby dowództw sił powietrznych.

#### **3.1. Naziemne systemy zakłócania elektronicznego i kierunki ich rozwoju**

Dla zapewnienia wymaganej skuteczności zakłócania elektronicznego istnieje potrzeba wprowadzenia na wyposażenie wojsk nowoczesnych środków o jedną generację lepszych lub przynajmniej dorównujących środkom elektronicznym wykorzystywanym przez potencjalnego przeciwnika w systemach łączności, radiolokacji, radionawigacji i sterowania środkami walki.

Zakłada się, że zmiany w naziemnych systemach przeciwdziałania elektronicznego powinny dokonywać się w następujących kierunkach<sup>53</sup>:

- rozszerzenia pasma częstotliwości „obsługiwanego” przez środki zakłócania elektronicznego, szczególnie dotyczy to górnego zakresu częstotliwości;
- budowy mobilnych zautomatyzowanych zestawów rozpoznawczo-zakłócających o dużej mocy;

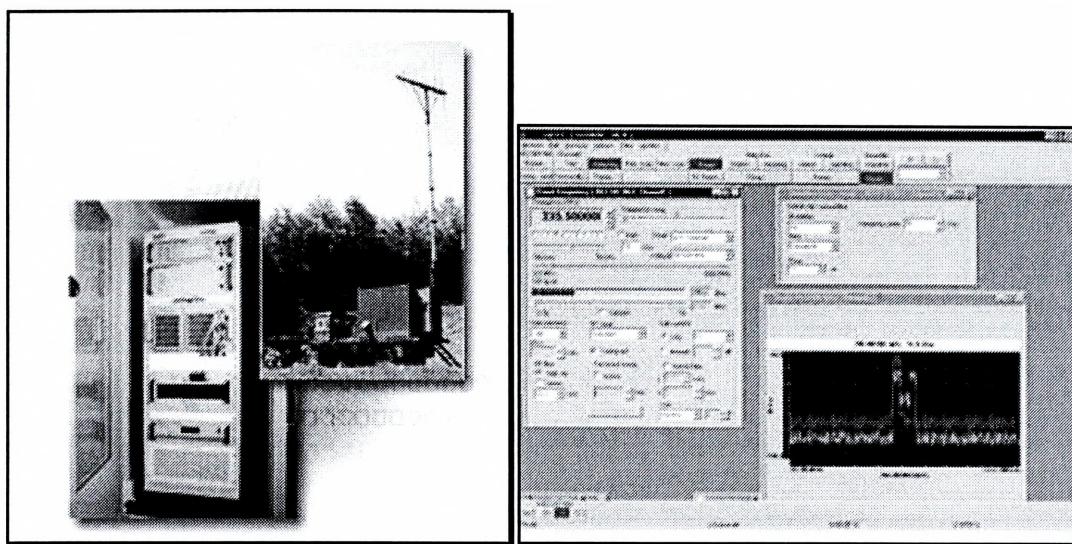
---

<sup>53</sup> J. Janczak, Kierunki rozwoju rozpoznania i zakłócania elektronicznego, AON, Warszawa 2001, s. 194 – 202.

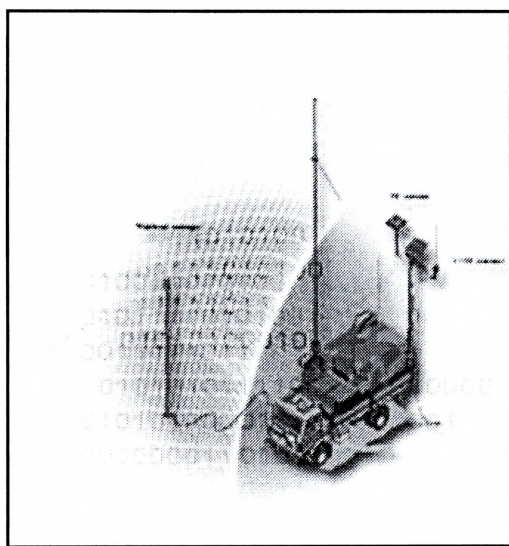
- budowy bezzałogowych zrobotyzowanych środków walki elektronicznej wyposażonych w inteligentne zestawy rozpoznawczo-zakłócające;
- stosowania modułowej konstrukcji urządzeń zakłócających. Umożliwi to montowanie sprzętu zakłócającego na różnych środkach przenoszenia, szybszą naprawę oraz tworzenie zestawów zakłócających w zależności od aktualnych potrzeb;
- konstruowania urządzeń i doskonalenie metod zakłócania szerokopasmowych emisji FH. Coraz więcej radiostacji, wykorzystywanych przez abonentów mobilnych, pracować będzie przy pomocy sygnałów szerokopasmowych FH, odznaczających się dużą odpornością na zakłócenia. Posiadanie skutecznych środków i opanowanie metod zakłócania tych sygnałów może mieć duży wpływ na obniżenie skuteczności działań prowadzonych przez przeciwnika.
- wprowadzenia do arsenału aktywnych środków zakłóceń broni elektromagnetycznej EW. Głównie dotyczy to broni opartej na impulsie mikrofalowym HPM. W przyszłości może to być jedna z najskuteczniejszych broni w arsenale środków zakłócania elektronicznego;
- budowa zautomatyzowanych systemów kierowania walką elektroniczną zapewniających sprawne kierowanie wszystkimi elementami ugrupowania bojowego, sterowanie systemami rozpoznania, namierzania i zakłócania oraz ścisłe współdziałanie z elementami rażenia ogniowego. Systemy takie powinny być kompatybilne z systemem łączności szczebla operacyjnego i wykorzystywać kanały łączności odporne na rozpoznanie i zakłócanie elektroniczne;
- rozwoju pasywnych środków zakłócania elektronicznego, zarówno maskujących jak i imitujących. Są to środki w miarę tanie, a odznaczają się dużą skutecznością działania, szczególnie w zakresie obniżania wiarygodności prowadzonego rozpoznania przez przeciwnika i mylenia jego środków napadu powietrznego.

Jednym z proponowanych obecnie rozwiązań technicznych urządzeń zakłócania emisji elektromagnetycznych w szerokim zakresie częstotliwości jest rodzina stacji TRC 274 HF, VHF/UHF firmy THALES. Stacje te mogą pracować w zakresie częstotliwości od 1 MHz do 1 GHz (opcjonalnie do 3 GHz) z mocą sygnału zakłócającego do 1 kW. Mają możliwość zakłócania wszystkich emisji radiowych z emisjami o skokową zmianą częstotliwości FH włącznie oraz łączności telefonii komórkowej.

Stacje te mają możliwość blokowania zakłóceń na częstotliwościach wykorzystywanych przez wojska własne lub sojusznicze. Są wysoce manewrowe.



**Rys. 3.1. Stacja zakłóceń elektronicznych TRC 274**

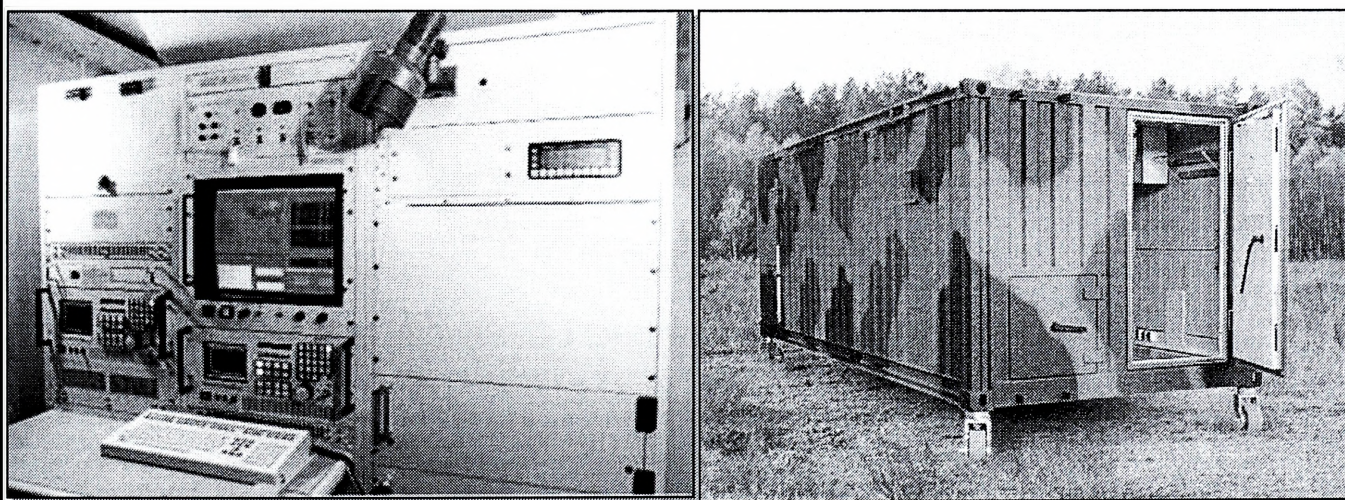


**Rys. 3.2. Stacja Smart RHINO**

Innym urządzeniem firmy THALES o podobnym przeznaczeniu jest stacja Smart RHINO, pracująca w zakresie fal krótkich HF od 1,5 do 30 MHz. Emituje ona zakłócenia o moce od 125 do 1000 W. Może mieć zaprogramowanych 1024 częstotliwości.

W najbliższych latach w jednostkach radioelektronicznych SP RP zostanie wprowadzony zautomatyzowany system dowodzenia i kierowania rozpoznaniem i WE (ZSDiK RiWE), który przeznaczony jest do:

- zapewnienia dowodzenia pododdziałami rozpoznania radioelektronicznego i zakłóceń radioelektronicznych od szczebla stacji do szczebla batalionu radioelektronicznego (kompanii zakłóceń);
- współpracy z ODN poprzez wykorzystanie systemu DUNAJ w zakresie dowodzenia pododdziałami rozpoznania radioelektronicznego i zakłóceń oraz odbioru informacji o sytuacji powietrznej, a także dostarczenia danych z rozpoznania radioelektronicznego do systemu DUNAJ w celu wytworzenia zintegrowanego RAP;
- zapewnienia kierowania środkami rozpoznania pracującymi w ramach Zintegrowanego Systemu Rozpoznania;
- zabezpieczenia procesu szkolenia stanowisk dowodzenia i obsługi stacji rozpoznania i zakłóceń;
- tworzenia baz danych pracujących urządzeń radioelektronicznych własnych i obcych oraz ich systematycznego uzupełniania i modyfikowania;
- wsparcia procesów planowania użycia środków rozpoznania i zakłóceń, realizacji przedsięwzięć kompatybilności elektromagnetycznej.



**Rys.3.3. Prototyp ZSDiK RiWE WOŁCZENICA**

System WOŁCZENICA składać się będzie z:

- obiektu batalionowego;
- obiektów kompanii rozpoznania i zakłóceń;
- terminali stacji rozpoznania i zakłóceń.

Funkcjonowanie systemu powinno zabezpieczyć:

- współpracę systemową obiektu batalionowego z 6 kompaniami rozpoznania radioelektronicznego;
- współpracę systemową obiektu kompanii rozpoznania z 4 plutonami rozpoznania (po 1 namierniku UKF i po 1 stacji rozpoznania systemów radiolokacyjnych w plutonie);
- współpracę systemową obiektu kompanii zakłóceń z 3 plutonami zakłóceń (3 stacje zakłóceń radiolokacyjnych, 1 stacja zakłóceń radiowych UKF w plutonie);
- jednoczesne wykrycie i śledzenie przez podsystem batalionowy do 20 radioelektronicznych celów powietrznych;
- sterowanie przez podsystem kompanii zakłóceń 9 stacjami zakłóceń radiolokacyjnych oraz 3 stacjami zakłóceń radiowych w celu prowadzenia zautomatyzowanego obezwładniania wskazanych radioelektronicznych celów powietrznych;
- pracę w warunkach stacjonarnych i mobilnych w zakresie rozpoznania radioelektronicznego oraz tylko w warunkach mobilnych w zakresie zakłóceń radioelektronicznych.

#### **Skład, zasada funkcjonowania**

System zautomatyzowanego dowodzenia i kierowania rozpoznaniem i WE składa się z:

- podsystemu dowodzenia i kierowania rozpoznaniem radioelektronicznym;
- podsystemu dowodzenia i kierowania zakłócaniem radioelektronicznym.

Podsystem dowodzenia i kierowania rozpoznaniem radioelektronicznym obejmuje następujące elementy:

- Centrum Rozpoznania Radiolokacyjnego na ODN;
- SD brel;
- SD krrel (wraz z Centrum Radiowym);
- plrrel (1 stacja rozpoznania systemów radiolokacyjnych, 1 namiernik UKF).

Podsystem dowodzenia i kierowania zakłócaniem radioelektronicznym obejmuje:

- Centrum Dowodzenia Sektorem na ODN;
- SD kzrel (wraz z stacją rozpoznania systemów radiolokacyjnych);
- plzrel (3 stacje zakłóceń radiolokacyjnych, 1 stacja zakłóceń radiowych UKF).

Rozwiązania techniczne obiektów systemu oraz przyjęty sposób wymiany informacji pomiędzy obiektami systemu i otoczeniem powinny w czasie jego pracy umożliwić;

a) w zakresie kierowania środkami rozpoznania radioelektronicznego:

- kierowanie pracą bojową środków rozpoznania radiowego i środków rozpoznania systemów radiolokacyjnych;
- poszukiwanie sygnałów radiolokacyjnych i radiowych w określonym paśmie częstotliwości;
- kontrolę aktywności źródeł emisji we wskazanym paśmie częstotliwości;
- wyznaczanie podstawowych parametrów technicznych sygnałów radiolokacyjnych i radiowych;
- sterowanie procesem pomiaru azymutu źródeł promieniowania;
- realizację procedur lokalizacji źródeł elektronicznych (ZE);
- przetwarzanie informacji pozyskanych z centrum radiowego i aparatowni radiodbiornych;
- śledzenie powietrznych celów promieniujących energię elektromagnetyczną przez środki rozpoznania radioelektronicznego oraz przekazywanie danych o tych ZE do systemu dowodzenia ODN w celu wytworzenia jednolitego obrazu sytuacji powietrznej RAP;
- szczegółową analizę parametrów technicznych sygnałów w celu uzupełniania cech identyfikacji platform nośnych (typ statku powietrznego, przynależność państwowa, skład);
- przedstawienie uogólnionej informacji w zakresie stopnia zagrożenia, prawdopodobnego kierunku głównego uderzenia, rodzaju wykonywanych zadań, itp.;

- formułowanie, przesyłanie oraz odbiór informacji niezbędnej do poprawnej realizacji procesów powiadamiania, ostrzegania, logistycznego zabezpieczenia i współdziałania z systemami rozpoznawczymi i WRE działającymi w rejonie odpowiedzialności;

- archiwizację wyników pracy bojowej;

- szkolenie obsługi.

b) w zakresie kierowania środkami zakłóceń radioelektronicznych:

- kierowanie środkami zakłóceń radiowych i radiolokacyjnych;

- poszukiwanie oraz śledzenie pracy systemów i środków radiolokacyjnych i radiowych w określonym paśmie częstotliwości;

- wykrycie i śledzenie powietrznych celów radioelektronicznych przez środki WE oraz przekazywanie danych o tych ZE do jednolitego obrazu sytuacji powietrznej RAP;

- obezwładnianie radioelektroniczne pracujących systemów i środków radioelektronicznych stosowanych w dowodzeniu i kierowaniu środkami napadu powietrznego;

- redagowanie, przesyłanie i odbiór informacji niezbędnej do poprawnej realizacji procesu powiadamiania, ostrzegania, logistycznego zabezpieczenia i współdziałania z systemami innych RSZ działającymi na tym samym obszarze;

- archiwizację wyników pracy bojowej;

- szkolenie obsługi.

#### ***Miejsce podsystemu w systemie dowodzenia i kierowania SP RP***

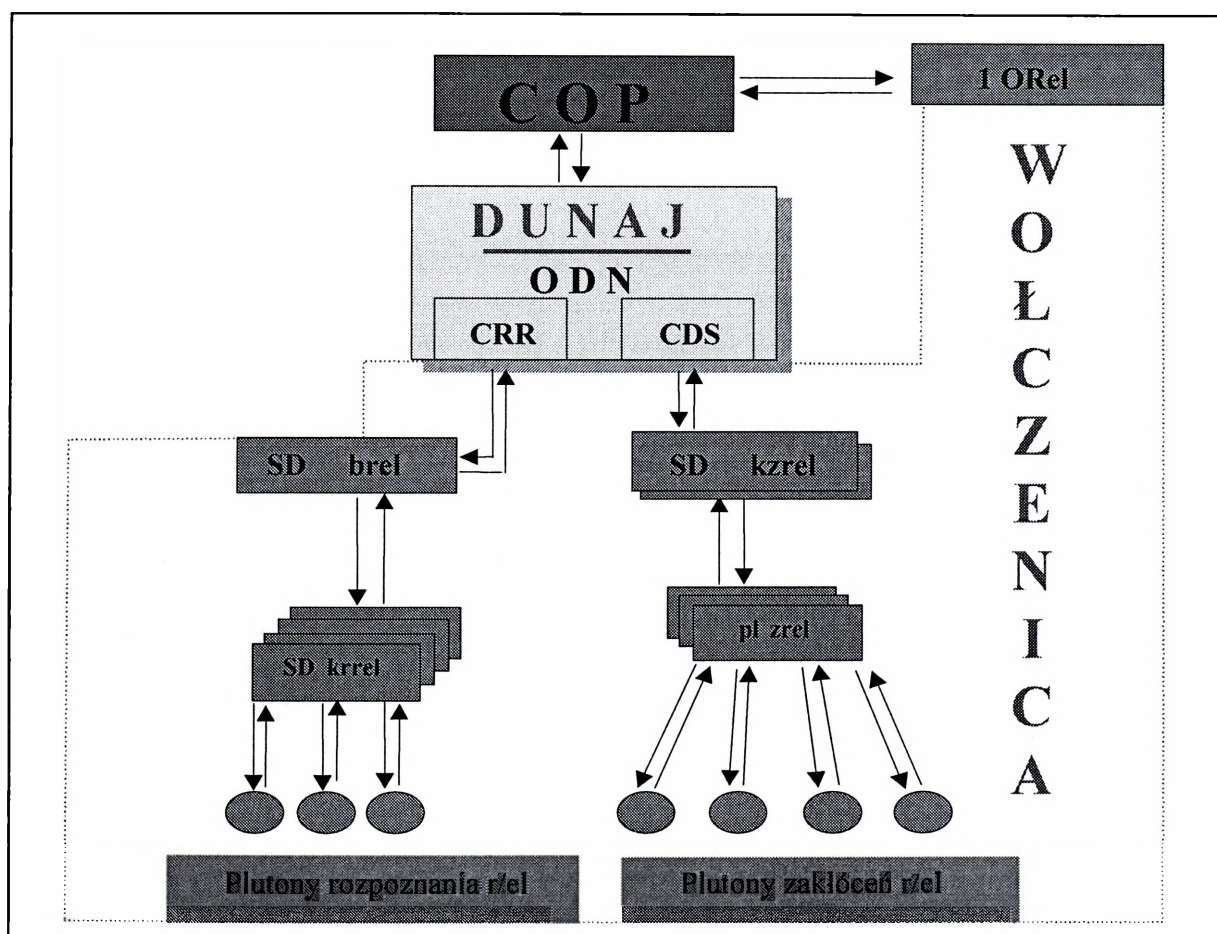
System WOŁCZENICA jest podporządkowany operacyjnie pod system dowodzenia OP DUNAJ, który zapewnia automatyzację procesów dowodzenia obroną powietrzną szczebla taktycznego (ODN), a jego podsystemy są powiązane funkcjonalnie z następującymi elementami systemu DUNAJ:

- podsystem dowodzenia rozpoznaniem radioelektronicznym powiązany jest z Centrum Rozpoznania Radiolokacyjnego, które przeznaczone jest do zautomatyzowanego zbierania i uogólniania informacji ze źródeł rozpoznania funkcjonujących

w sektorze OP oraz dystrybucji tej informacji do wszystkich elementów ugrupowania bojowego, dla których informacja ta jest niezbędna do prowadzenia działań;

– podsystem dowodzenia zakłócaniem radioelektronicznym powiązany jest z Centrum Dowodzenia Sektorem, które przeznaczone jest do dowodzenia aktywnymi środkami OP w tym walką radioelektroniczną.

Ponadto w systemie WOŁCZENICA przewiduje się zabudowę terminala w ORel w celu przekazywania uogólnionej informacji rozpoznawczej z batalionów radioelektronicznych oraz pozaoperacyjnego dowodzenia tymi batalionami w momencie podporządkowania ich pod ORel (po likwidacji KOP). Ogólną strukturę organizacyjną i schemat połączeń funkcjonalnych systemu WOŁCZENICA przedstawiono na rys. 3.4.



**Rys.3.4. Struktura funkcjonalna systemu WOŁCZENICA**

#### **Miejsce i rola systemu w zintegrowanym systemie OP NATO**

ZSDiK WOŁCZENICA bezpośrednio na szczeblu ODN współpracuje z zautomatyzowanym systemem dowodzenia OP DUNAJ. Końcowym i najważniejszym elementem tej współpracy jest włączenie danych z rozpoznania radioelektro-

nicznego do obrazu sytuacji powietrznej tj. automatyczne kojarzenie informacji rozpoznawczej z danymi o celach z rozpoznania wojsk radiotechnicznych i wydanie tzw. zintegrowanego obrazu sytuacji powietrznej (RAP – Recognize Air Picture), który przekazywany jest do NATINADS.

### **3.2. Powietrzne systemy przeciwdziałania elektronicznego i kierunki ich rozwoju**

Walka elektroniczna (*Electronic Warfare – EW*) w dokumentach normatywnych NATO jest definiowana jako wojskowe działania obejmujące wykorzystanie energii elektromagnetycznej, w tym ukierunkowanej emisji energii (*Direct Energy – DE*) w celu wykorzystania i zdominowania spektrum elektromagnetycznego lub w celu zaatakowania przeciwnika<sup>54</sup>. Walka ta obejmuje przechwytywanie i identyfikację emisji elektromagnetycznych, wykorzystanie energii elektromagnetycznej do ograniczenia lub uniemożliwienia wykorzystania spektrum elektromagnetycznego przez przeciwnika oraz działania zapewniające efektywne wykorzystanie spektrum elektromagnetycznego przez wojska (siły) własne.

#### **A. Założenia walki elektronicznej w operacjach powietrznych**

Walka elektroniczna obejmuje w operacjach powietrznych trzy zasadnicze obszary działalności, które zawierają:

- przedsięwzięcia zabezpieczenia elektronicznego (*Electronic Support Measures – ESM*);
- przedsięwzięcia przeciwdziałania elektronicznego (*Electronic Counter Measures – ECM*);
- przedsięwzięcia obrony elektronicznej (*Electronic Protective Measures – EPM*)<sup>55</sup>.

Biorąc pod uwagę kryterium skuteczności realizowanych przedsięwzięć działania walki elektronicznej w operacjach sił powietrznych NATO są dzielone na:

- destrukcyjną walkę elektroniczną (*Lethal Electronic Warfare*);
- niedestrukcyjną walkę elektroniczną (*Non-Lethal Electronic Warfare*).

<sup>54</sup> AJP-3.3 *Joint Air And Space Operations Doctrine*, op. cit., pkt 410.3.

<sup>55</sup> AIRNORTH *Air Interoperability Handbook*, op. cit., Annex A do rozdz. IX, sek. 1, pkt 1.a, b, c.

Z analizy zapisów *AJP-3.3 Joint Air And Space Operations Doctrine* wynika, że w siłach powietrznych NATO zakłada się, iż działania destrukcyjne w połączeniu z niedestrukcyjnymi realizowane będą w celu:

- **niszczenia** (*Destruction*) systemów przeciwnika wykorzystujących energię elektromagnetyczną przy użyciu klasycznych środków rażenia oraz wyspecjalizowanych kierowanych pocisków raketowych do zwalczania stacji radiolokacyjnych;
- **dezorganizowania** (*Disrupt*) pracy systemów przeciwnika wykorzystujących energię elektromagnetyczną poprzez stosowanie zakłóceń bądź rażenia ogniowego;
- **mylenia** (*Deception*) powyższych systemów poprzez celowe wypromieniowanie bądź modyfikowanie i zniekształcanie emisji elektromagnetycznych w celu wprowadzenia w błąd przeciwnika lub jego systemów elektronicznych. Mylenie w walce elektronicznej obejmuje mylenie radiolokacyjne, w podczerwieni oraz łączności radiowej.

W odniesieniu do działań lotnictwa w ramach powietrznych operacji wspierających **przedsięwzięcia zabezpieczenia elektronicznego** (ESM) obejmują poszukiwanie, przechwytywanie i identyfikację emisji elektromagnetycznych oraz określania położenia ich źródeł, podejmowane w celu oceny zagrożenia ze strony sił przeciwnika. Stąd też można założyć, że przedsięwzięcia zabezpieczenia elektronicznego będą źródłem informacji wymaganej dla podejmowania decyzji w zakresie przeciwdziałania i obrony elektronicznej oraz innych działań lotnictwa sił powietrznych i innych komponentów połączonych.

**Przedsięwzięcia przeciwdziałania elektronicznego** (ECM) są częścią walki elektronicznej obejmującą działania wykorzystania energii elektromagnetycznej podejmowane w celu uniemożliwienia lub ograniczenia efektywnego wykorzystania spektrum elektromagnetycznego przez przeciwnika. Wykorzystanie wyspecjalizowanych samolotów zakłóceń elektronicznych oraz systemów samoobrony elektronicznej samolotów jest podstawową formą przeciwdziałania elektronicznego w działaniach sił powietrznych.

**Przedsięwzięcia obrony elektronicznej** (EPM) są częścią walki elektronicznej obejmującą działania zapewniające efektywne wykorzystanie spektrum elektro-

magnetycznego przez systemy elektroniczne sił własnych pomimo użycia przez przeciwnika energii elektromagnetycznej dla ich zakłócania.

W procesie planowania użycia lotnictwa walki elektronicznej uwzględniane są cele, które muszą być realizowane we wszystkich rodzajach zadań wykonywanych przez lotnictwo. Z analizy literatury przedmiotu wynika, że zasadnicze znaczenie dla planowania walki elektronicznej ma<sup>56</sup>:

- określenie i ocena możliwości przeciwnika w zakresie stosowania środków (sprzętu) emitujących energię elektromagnetyczną;
- uniemożliwienie przeciwnikowi efektywnego zastosowania bojowego środków (sprzętu) wykorzystujących energię elektromagnetyczną;
- utrzymanie zdolności do efektywnego użycia lotnictwa walki elektronicznej w warunkach występowania emisji elektromagnetycznych sił przeciwnika i własnych;
- utrzymanie zdolności do efektywnego zastosowania lotnictwa walki elektronicznej w warunkach podejmowania przez przeciwnika prób w zakresie poszukiwania i przechwytywania emisji elektromagnetycznych oraz identyfikowania i ustalania miejsca położenia źródeł wypromieniowanej energii;
- zapewnienie maksymalnie efektywnego operacyjnego wykorzystania informacji z rozpoznania elektronicznego sił i środków przeciwnika dla użycia lotnictwa walki elektronicznej;
- zapewnienie efektywnego wykorzystania możliwości prowadzenia przez lotnictwo ofensywnych działań walki elektronicznej przeciwko siłom przeciwnika;
- utrzymywanie przez organa dowodzenia lotnictwem walki elektronicznej nieprzerwanego kontaktu z siłami współdziałającymi oraz ich funkcjonalnymi organami dowodzenia w celu koordynowania przedsięwzięć walki elektronicznej;
- udział przedstawicieli lotnictwa walki elektronicznej w procesie planowania działań walki elektronicznej sił połączonych.

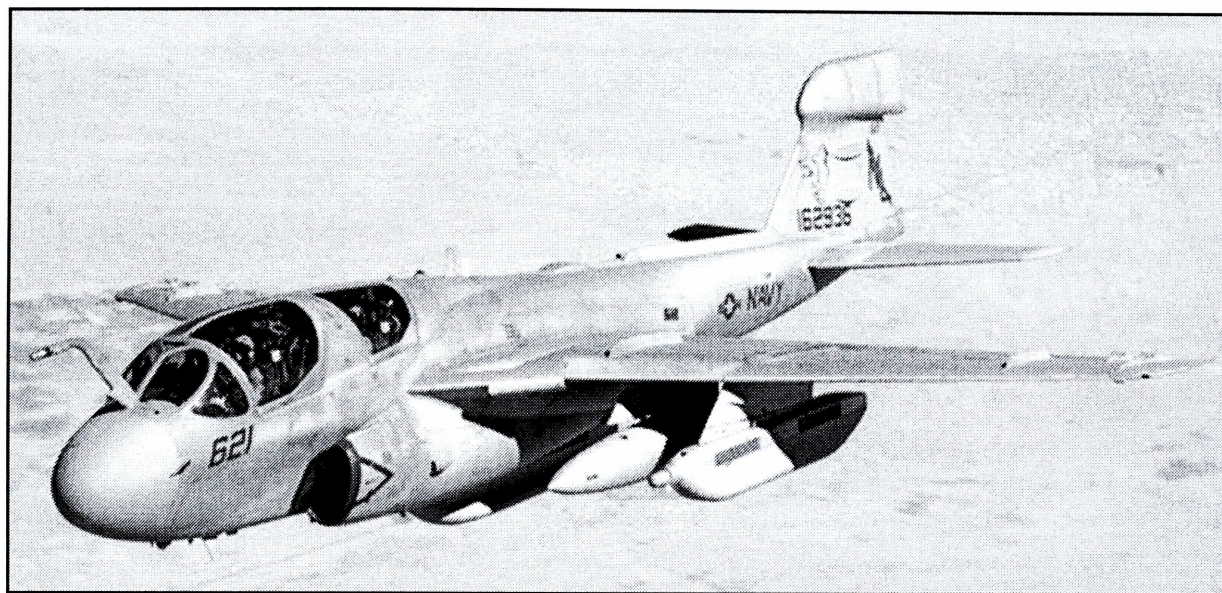
W ramach przedsięwzięć zabezpieczenia elektronicznego wykorzystywane są wyspecjalizowane samoloty wyposażone w techniczne środki rozpoznania elektro-

---

<sup>56</sup> Tamże, rozdz. IX, sek. 2, pkt 5.

nicznego przeznaczone do poszukiwania, przechwytywania, identyfikacji emisji elektromagnetycznych oraz określania położenia ich źródeł.

W okresie kryzysu i wojny strefy i trasy lotu rozmieszczane są w odległościach zapewniających bezpieczeństwo samolotów, z reguły nie bliżej niż 50 km od granicy państwowej, bądź rubieży styczności bojowej wojsk.



Źródło: <http://www.samoloty.amconex.pl/index.html>

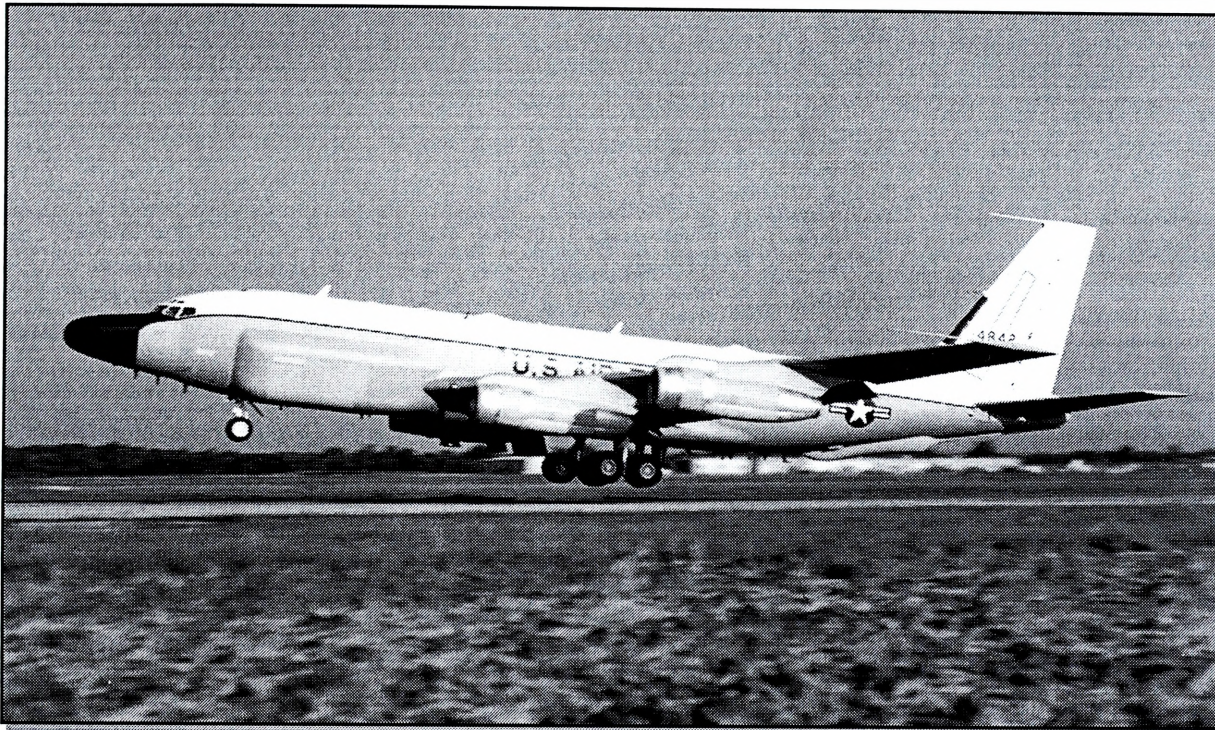
**Rys. 3.5. Samolot walki elektronicznej EA-6B Prowler**

Klasycznym sposobem realizacji zadań na potrzeby przedsięwzięć zabezpieczenia elektronicznego jest komplementarne wykorzystanie samolotów RC-135 Rivet Joint oraz E-3C, w celu zbierania informacji rozpoznawczej na potrzeby sił prowadzących zakłócenie elektroniczne ze stref w głębi własnego ugrupowania (Stand Off Jamming – SOJ) oraz w styczności z przeciwnikiem (Close In Jamming – CIJ), a także grup uderzeniowych SEAD zabezpieczających obezwładnienie środków przeciwo-lotniczych w korytarzach przelotu sił COMAO (Corridor Operations). Część lotniczych systemów walki elektronicznej sił powietrznych NATO posiada możliwość kompleksowej realizacji przedsięwzięć ESM oraz ECM<sup>57</sup>.

Samoloty EC-130H Compass Call wykorzystują pokładowe systemy rozpoznania elektronicznego do programowania prowadzenia zakłóceń elektronicznych systemów nawigacyjnych, systemów rozpoznania „swój-obcy” oraz sieci łączności radiowej ziemia-powietrze i powietrze-powietrze.

<sup>57</sup> EC-130E Rivet Fire / Compass Call dostępne w [www.fas.org/man/dod/sys/ac/ec-130.htm](http://www.fas.org/man/dod/sys/ac/ec-130.htm).

Podobnie, samoloty EA-6B Prowler wykorzystują w czasie realnym informacje o stacjach radiolokacyjnych systemu OP do generowania algorytmów zakłóceń elektronicznych przez system ALQ-99. Przedsięwzięcia przeciwdziałania elektronicznego realizowane w ramach walki elektronicznej przez lotnictwo można umownie podzielić na wsparcie działań grup taktycznego przeznaczenia lotnictwa (COMAO) oraz samoobronę elektroniczną.

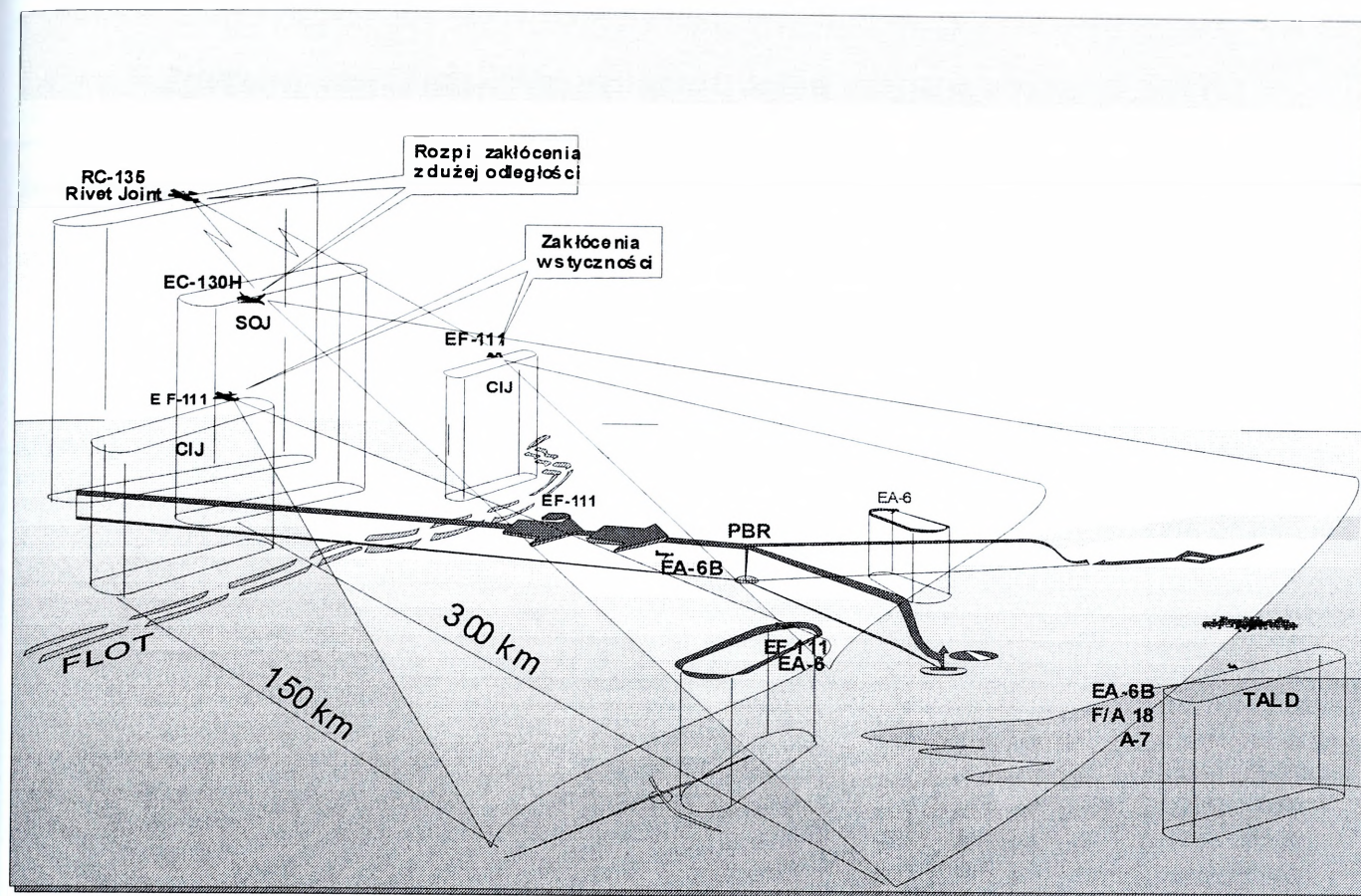


Źródło: <http://www.samoloty.amconex.pl/index.html>

**Rys. 3.6. Samolot walki elektronicznej RC-135 Rivet Joint**

W oparciu o dostępne materiały źródłowe można zauważyć tworzącą się w siłach powietrznych państw członkowskich NATO swoistą lukę w odniesieniu do sił i środków lotnictwa mogącego realizować przedsięwzięcia przeciwdziałania elektronicznego w ramach wsparcia działań grup taktycznego przeznaczenia (COMAO). Po wycofaniu z eksploatacji samolotów EF-111, w zasadzie nie ma obecnie samolotów zdolnych do prowadzenia zakłóceń elektronicznych stacji radiolokacyjnych systemu wykrywania OP i OPL przeciwnika ze stref w głębi własnego ugrupowania (SOJ).

Jedynie samoloty, które mogą realizować zadanie zakłóceń z takich stref, EC-130H posiadają systemy zakłóceń środków radionawigacyjnych i łączności radiowej.



Źródło: Opracowanie własne

**Rys. 3.7. Wsparcie elektroniczne operacji powietrznych**

Wykorzystanie lotnictwa do realizacji walki elektronicznej w odniesieniu do przedsięwzięć przeciwdziałania elektronicznego na potrzeby wsparcia COMAO, będzie się koncentrować na prowadzeniu innych form działań.

Z analizy możliwości taktyczno-technicznych dostępnych środków walki elektronicznej w lotnictwie sił powietrznych NATO wynika, że najbardziej rozpowszechniona formą przedsięwzięć przeciwdziałania elektronicznego stosowaną przez lotnictwo w operacjach powietrznych będzie wykorzystanie środków samoobrony elektronicznej samolotów myśliwskich, uderzeniowych i lotnictwa wsparcia.

W trakcie ich wykorzystania można odnotować dwa nowe trendy związane z rozwojem technologicznym systemów samoobrony elektronicznej samolotów. Jednym z nich jest wprowadzenie do wyposażenia lotnictwa holowanych pułapek radiolokacyjnych.

**Systemy walki elektronicznej lotnictwa sił powietrznych NATO**

Typ systemu	Nosiciel	Montowanie	Możliwości	Przeznaczenie	Obezwładniane systemy
AN/ALQ-131	F-16 A-10 F-15 C-130	zasobnik	od jednej do pięciu zakłócanych częstotliwości, zakłócenia szumowe i mylące	samoobrona	zakłócenia systemów radiolokacyjnych
AN/ALQ-135 TEWS	F-15CiE	wewnętrzny	pasma radiolokacyjne (1, 2 i 3 docelowo również 1,5)	samoobrona	zakłócenia systemów radiolokacyjnych
AN/ALQ-184	F-16	zasobnik	Od wersji AN/ALQ-184(V)8 uzupełniony o holowaną pułapkę AN/ALE-50	samoobrona	zakłócenia systemów radiolokacyjnych
ALQ-99	EA-6B	zestaw trzech zasobników	zastosowanie do Stand off Jamming, Close in Jamming	osłona grup taktycznego przeznaczenia lotnictwa	zakłócenia systemów radiolokacyjnych
AN/ALQ-157	CH-53D AC-130H	wewnętrzny		samoobrona	zakłócenia systemów IR
Rivet Five	EC-130H Compass Call		zakłócenia szumowe sieci radiowych powietrze-ziemia i powietrze-powietrze	Wsparcie działań ofensywnych lotnictwa	zakłócenia systemów łączności

Źródło: opracowanie na podstawie [www.fas.org/intelligence/systems](http://www.fas.org/intelligence/systems).

Przy prowadzeniu działań w nocy i na dużych wysokościach holowane na giętkich przewodach aktywne pułapki radiolokacyjne tworzą pozorne cele dla przeciwlotniczych zestawów raketowych kierowanych radiolokacyjnie z tyłu ugrupowania taktycznego, w odległości przewyższającej strefę rażącego działania głowicy bojowej pocisku przeciwlotniczego.

Nowe aspekty taktycznego wykorzystania systemów zakłóceń w podczerwieni w działaniach lotnictwa w powietrznych operacjach wspierających wiążą się z rozpoczęciem wyposażania samolotów, które realizują zadania bojowe na małych i skrajnie małych wysokościach w systemy przeciwdziałania elektronicznego w podczerwieni wykorzystujące wiązki ukierunkowanej energii (Directional Infrared Countermeasures – DIRMC). W systemy DIRMC wyposażone będą samoloty sił specjalnych oraz bojowego poszukiwania i ratownictwa (Combat Search and Rescue – CSAR).

Stosowanie systemów DIRMC wyeliminuje konieczność stosowania pułapek termicznych (flar) oraz zapewni zwiększoną skuteczność obezwładnienia głowic pocisków przeciwlotniczych naprowadzanych w podczerwieni<sup>58</sup>.

Zgodnie z zapisami *AJP-01 Allied Joint Publication* oraz *AJP-3.3 Joint Air And Space Operations Doctrine*, działania obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika (Suppression of Enemy Air Defence – SEAD) stanowią obecnie część walki o przewagę w powietrzu, jednak ze względu na ich wpływ na realizację innych zadań sił powietrznych bardzo często traktowane są jednocześnie jako działania zabezpieczające w ramach operacji powietrznych i rozpatrywane łącznie z walką elektroniczną<sup>59</sup>.

Nieostrość podziału pomiędzy użyciem lotnictwa do realizacji zadań w ramach obezwładnienia obrony powietrznej, a działaniami w ramach destrukcyjnej walki elektronicznej (Lethal Electronic Warfare) wynika z faktu, że w obu przypadkach zwalczane obiekty mogą być identyczne, a cele obu rodzajów działań zbieżne i komplementarne, a niejednokrotnie również siły mogą być wydzielone do tych zadań zamiennie.

Z analizy literatury przedmiotu wynika, że podstawowymi celami działań w ramach obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika są zazwyczaj:

- niszczenie, dezorganizacja lub mylenie elementów systemu obrony powietrznej przeciwnika, w tym systemu dowodzenia OP, artylerii przeciwlotniczej i przeciwlotniczych systemów raketowych;
- minimalizowanie strat sił własnych;
- przyczynianie się do wywalczenia przewagi w powietrzu zarówno nad terytorium własnym, jak i zajętych przez przeciwnika<sup>60</sup>.

Ze względu na właściwości użycia oraz stosowaną przez lotnictwo SEAD taktykę, zasadnicze rodzaje zadań w ramach obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika mogą obejmować:

<sup>58</sup> AN/AAQ-24 Directional Infrared Countermeasures (DIRCM), dostępne w [www.fas.org/dod/101/sys/ac/equip/an-aaq-24.htm](http://www.fas.org/dod/101/sys/ac/equip/an-aaq-24.htm).

<sup>59</sup> *AJP-3.3 Joint Air And Space Operations Doctrine*, op. cit., pkt 404.10.c.(3).

<sup>60</sup> J. R. Brungess, *Setting the Context. Suppression of Enemy Air Defenses and Joint War Fighting in an Uncertain World*, AU Press, AFB, 1994, s. 45, tabela 5.

- wsparcie na obszarze (Area Support);
- zabezpieczenie przelotu rubieży styczności bojowej (Corridor Operations);
- wsparcie bezpośrednie (Direct Support).

Ze względu na zasadnicze znaczenie działań lotnictwa SEAD dla powodzenia całej operacji powietrznej w procesie planowania i organizowania działań w ramach obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika przyjmuje się zazwyczaj szereg założeń funkcjonalno-organizacyjnych. Standardowo zakłada się, że:

- do realizacji zadań będzie można wykorzystać wystarczającą ilość adekwatnych sił i środków obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika ze składu sił powietrznych oraz innych rodzajów sił zbrojnych;
- koordynacja zarządzania przestrzenią powietrzną realizowana będzie na szczeblu połączonego ośrodka dowodzenia działaniami powietrznymi (CA-OC);
- terminowe i szczegółowe informacje o sytuacji radioelektronicznej przeciwnika i sił własnych będą dostępne w trakcie planowania, organizowania i prowadzenia działań;
- jednostki różnych rodzajów sił zbrojnych i państw wyznaczone do realizacji działań w ramach połączonego obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika (Joint/Combined SEAD) będą w stanie nawiązać i utrzymać łączność w celu koordynacji planowania i organizowania działań (FAX, foniczna, przesyłanie danych itp.). W rezultacie tak określonych założeń w planowaniu realizacji zadań SEAD, zgodnie z ustaleniami regulaminów Sojuszniczego Dowództwa Sił Powietrznych Europy Północnej (AIRNORTH) uwzględnia się szereg czynników determinujących taktykę działania lotnictwa:
  - rodzaj zadania (SEAD Mission) wpływający na zakres szczegółowości koordynacji i planowania;
  - możliwe przeciwdziałanie przeciwnika, w tym rodzaj sił, który stanowi największe zagrożenie ich możliwości bojowe oraz słabe strony;
  - siły własne, możliwości bojowe sił obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika i sił je wspierających (między innymi samoloty tankowania w powietrzu, osłona myśliwska itp.);

- strukturę zarządzania przestrzenią powietrzną, w tym położenie i wielkość zastrzeżonych stref działań (Restricted Operations Zones – ROZ) wpływające na sposób użycia sił SEAD;
- czas potrzebny na przygotowanie sił do realizacji zadań (programowanie systemów kierowania uzbrojeniem itp.);
- koordynację i harmonizację działań SEAD z grupami uderzeniowymi, samolotami osłony myśliwskiej oraz naziemnymi siłami systemu obrony powietrznej;
- widzialność wpływającą na możliwość bojowego użycia niektórych samolotów SEAD;
- wsparcie przez siły rozpoznania radioelektronicznego (ELINT)<sup>61</sup>.

Ze względu na fakt, że celem działań w ramach obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika może być jego niszczenie, ograniczenie efektywności działań lub mylenie, lotnictwo może zwalczać następujące obiekty decydujące o sprawności systemu OP i OPL przeciwnika:

- mobilne raketowe i artyleryjskie systemy przeciwlotnicze;
- rozpoznane elementy systemu dowodzenia obroną powietrzną;
- siły i środki walki elektronicznej;
- elementy systemu naprowadzania lotnictwa.

Jedną z form realizacji zadań SEAD przez lotnictwo jest wsparcie na obszarze (Area Support). Istotą taktyki wsparcia działań jest okresowe dyżurowanie wyspecjalizowanych samolotów SEAD w strefach nad terytorium przeciwnika w celu zabezpieczenia przelotu sił COMAO i obezwładnienia zagrażających COMAO, uaktywniających się środków ogniowych obrony powietrznej i przeciwlotniczej. Area Support SEAD może być stosowany dla wsparcia sił zaangażowanych w akcję bojowego poszukiwania i ratownictwa (Combat Search and Rescue – CSAR).

Wielkość sił SEAD wydzielonych do wsparcia na obszarze uzależniona jest przede wszystkim od przewidywanego systemu OP i OPL przeciwnika, długotrwałości wsparcia oraz wielkości obszaru dla Area Support. Podstawowym ugrupowaniem

---

<sup>61</sup> AIRNORTH Air Manual 80-6 Tactical Employment, op. cit., pkt 372.

taktycznym jest para samolotów SEAD wykonująca lot w ugrupowaniu rozśrodkowanym na średnich lub dużych wysokościach w celu poprawy możliwości wykrywania emisji stacji radiolokacyjnych naprowadzania rakiet, a także zwiększenia właściwości energetycznych przenoszonych kierowanych pocisków rakietowych do zwalczania stacji radiolokacyjnych.

W przypadku wykorzystywania samolotów SEAD nie posiadających pokładowych stacji radiolokacyjnych, takich jak Tornado, konieczne jest w przypadku zagrożenia ze strony lotnictwa przeciwnika wydzielenie osłony myśliwskiej. Samoloty SEAD będące modyfikacją samolotów myśliwskich, takie jak F-16J czy F/A-18 z reguły nie wymagają osłony lotnictwa myśliwskiego.

W ramach **bezpośredniego wsparcia** (Direct Support) wydzielone siły obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika i WRE zabezpieczają bezpośrednio działania grup uderzeniowych jednego zgrupowania sił (package). W procesie planowania sztab połączony ośrodek dowodzenia działaniami powietrznymi (CAOC) oraz dowódca zgrupowania COMAO (Package Leader) szczegółowo analizują możliwości bojowe przydzielonych sił i środków w celu ich użycia w sposób optymalny z punktu widzenia ich charakterystyk taktyczno-technicznych.

W zabezpieczeniu **przelotu rubieży styczności bojowej** (Corridor Operations) siły lotnictwa obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika i walki elektronicznej mogą zabezpieczać działanie jednej lub kilku grup uderzeniowych. W przypadku współdziałania lotnictwa z siłami i środkami SEAD ze składu wojsk lądowych, siły te (artyleria lufowa i raketowa, śmigłowce uderzeniowe) wykonywać będą zadania obezwładniania stacji radiolokacyjnych oraz artylerii i raketowych środków przeciwlotniczych w rejonie korytarza przelotu rubieży styczności bojowej przed dolotem tam grup uderzeniowych i osłony zgrupowania COMAO, natomiast lotnictwo zwalczać będzie środki ogniowe uaktywniające się później oraz te, które rozmieszczone były poza zasięgiem ognia wydzielonych do zadań SEAD sił lądowych.

Taktyka użycia lotnictwa SEAD do zabezpieczenia przelotu rubieży styczności bojowej wojsk przez zgrupowanie COMAO wiązać się będzie z utrzymywaniem w strefach w bezpośredniej styczności z przeciwnikiem par bądź kluczy samolotów wyposażonych w kierowane pociski raketowe do zwalczania stacji radiolokacyjnych.

Samoloty SEAD współdziałać będą z samolotami rozpoznania elektronicznego i walki elektronicznej również działającymi ze stref nad własnym terytorium z tym, że samoloty rozpoznania elektronicznego zazwyczaj będą dyżurowały w strefie w głębi ugrupowania wojsk własnych (Stand Off).

W procesie planowania działań SEAD bierze się pod uwagę ograniczenia użycia poszczególnych typów samolotów obezwładniania systemu obrony powietrznej przeciwnika oraz specyficzne właściwości taktyczno-techniczne ich systemów uzbrojenia. W zabezpieczeniu działań uderzeniowych lotnictwa w zależności od położenia stref działania samolotów EW w stosunku do rubieży styczności bojowej i zakłócanych urządzeń wyróżnia się zakłócenia *stand off* (z dużej odległości) i *close in* (z bezpośredniej bliskości). Do celów planowania działań zakłada się niżej przedstawione czasy dyżurowania i możliwości bojowe oraz położenie stref działań samolotów EW.

Tabela 3.2

**Przybliżone czasy dyżurowania wybranych samolotów SEAD**

Typ samolotu	Czas dyżurowania w strefie		Ładunek bojowy KPR SRL
	w odległości 100 Nm	w odległości 200 Nm	
F-16 CJ	30 min	15 min	2 x HARM
TORNADO ECR	45 min	20 min	4 x HARM
TORNADO GR1	70 min	50 min	do 5 x ALARM
	60 min	40 min	6-7 x ALARM
	25 min	-	8-9 x ALARM
EA-6B	75 min	55 min	2 x HARM
F/A-18	70 min	50 min	1 do 4 x HARM

Źródło: opracowanie na podstawie AIRCENT Manual 80-6 Tactical Employment

Podstawowym środkiem rażenia w działaniach SEAD jest pocisk **AGM – 88 HARM** (High – speed Anti Radiolocation Missile) to taktyczna broń powietrze – ziemia służąca do niszczenia wrogich stacji radarowych w które wyposażone są stacje EWR (Early Warning Radar – Radar Wczesnego Ostrzegania), a przede wszystkim stacji lokacyjnych i naprowadzających baterii pocisków ziemia – powietrze i stano-

wisk przeciwlotniczej artylerii lufowej. Na uzbrojenie samolotów USAF i US Navy wprowadzono je w roku 1984, jako następcę pocisku AGM – 45 Shrike.

Pociski typu HARM posiadają bardzo ciekawy system wykrywania i namierzenia celu. Do tego celu samolot – nosiciel zostaje wyposażony w komputer CP – 1001B/C HARM CLC (Command Launch Computer – Komputer Zarządzający Odpaleniem). Odbiera on dane z anteny radaru głowicy pocisku oraz z awioniki samolotu i wyświetla dane na temat celów na ekranie w kabinie załogi. Ponadto zbiera on dane o celach i przetwarza je, identyfikując i klasyfikując według priorytetów zagrożenia. Przesyła na bieżąco wyniki swojej pracy do elektroniki pocisku co umożliwia bardzo szybkie zablokowanie głowicy HARM na celu w trybie ofensywnym. Dodatkowym atutem ciągłej pracy komputera CLC jest istnienie w programie działania pocisku tzw. Trybu defensywnego, który pozwala na błyskawiczne odpalenie HARM-a w stronę radaru namierzającego właśnie samolot – nosiciel.

Tabela 3.3

**Podstawowe dane kalkulacyjne przyjmowane do planowania działań samolotów EW**

Typ samolotu	Czas dyżurowania w strefie w odległości od lotniska		Stosowane zakłócenia	Zasięg zakłóceń
	100 Nm	200 Nm		
EA-6B	75 min	55 min	SRL wstępnego wykrywania systemów naprowadzania lotnictwa, SNR	200 Nm
EC-130H	10 godzin		RSBN, IFF, UKF	100 Nm

Źródło: opracowanie na podstawie AIRCENT Manual 80-6 Tactical Employment

Tabela 3.4

**Położenie stref dyżurowania samolotów EW**

Typ samolotu	Odległość strefy od rubieży styczności wojsk	Wysokość lotu	Uwagi
EC-130H	od 40 Nm	FL 150 do FL 250	zwykle nie dłużej niż 30 min zakłóceń z jednej strefy

Źródło: opracowanie na podstawie AIRCENT Manual 80-6 Tactical Employment

Użycie pocisków HARM obejmuje przede wszystkim misje SEAD (Suppression of Enemy Air Defense). Mogą być to zarówno samodzielne misje skierowane tylko przeciwko wrogim radarom (sabotażowe lub „wymiatające” przed uderzeniem samolotów szturmowych), jak i patrole osłaniające działalność własnych maszyn myśliwskich i szturmowych przed atakiem z ziemi. Użycie obecnych wersji pocisków HARM napotyka nadal pewne trudności. Przede wszystkim nie dopracowano skutecznego sposobu przekazywania w czasie rzeczywistym danych o celu ze źródeł leżących poza samolotem (AWACS lub inna maszyna sojusznicza), co powoduje, że tylko pokładowe instrumenty samolotu są odpowiedzialne za wykrycie i namierzenie celu. Ponadto pociski te praktycznie nie posiadają na razie możliwości rażenia celów ruchomych.

Analiza materiałów źródłowych wskazuje na zmniejszanie się możliwości prowadzenia walki elektronicznej do zabezpieczenia działań grup lotnictwa wykonującego zadania ofensywne. Powszechnie staje się natomiast stosowanie indywidualnych środków obrony elektronicznej przez samoloty uderzeniowe i myśliwskie.

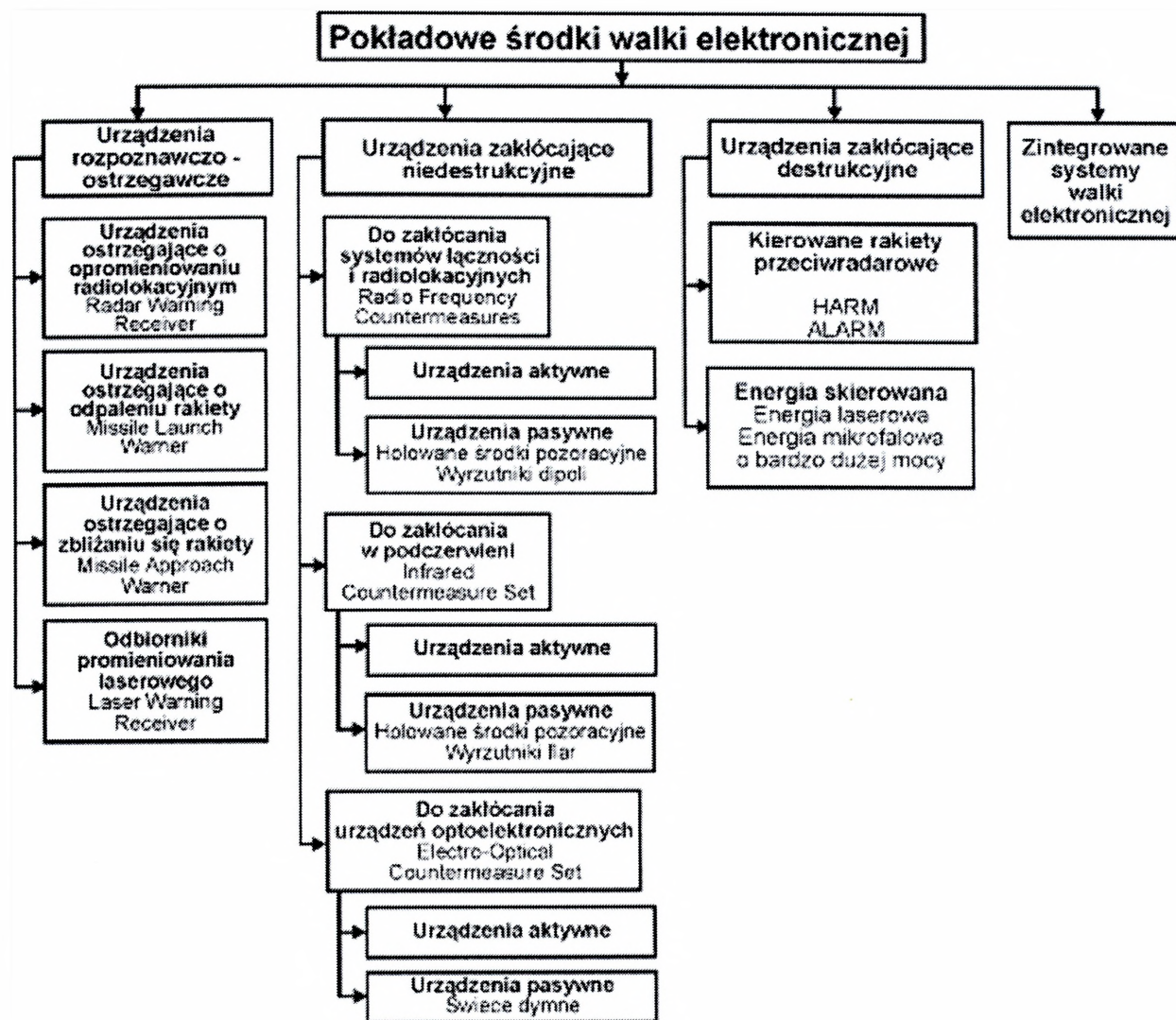
Można przewidywać, że znaczne zwiększenie żywotności samolotów na polu walki będzie możliwe dzięki wprowadzeniu do uzbrojenia holowanych pułapek radiolokacyjnych oraz wyposażeniu samolotów w urządzenia przeciwdziałania elektronicznego w podczerwieni wykorzystujące wiązki ukierunkowanej energii.

### ***B. Pokładowe systemy i środki WE***

Pokładowe systemy walki elektronicznej samolotów tworzą urządzenia służące do: rozpoznawania, zakłócania, mylenia oraz niszczenia elektronicznych środków przeciwnika<sup>62</sup>. Dobór urządzeń dla danego typu samolotu zależy od jego przeznaczenia. W chwili obecnej standardem jest wyposażenie statków powietrznych w radiolokacyjne urządzenia rozpoznawczo - ostrzegawcze oraz pasywne środki przeciwdziałania. W zależności od rodzaju misji mogą być podwieszane specjalne zasobniki, realizujące wszystkie zadania walki elektronicznej. Wykorzystywane są również specjalne samoloty rozpoznania elektronicznego oraz zakłóceń.

---

<sup>62</sup> Treść niniejszego podrozdziału przytoczono za: A. Rypulak. Awionika, przyrządy i systemy pokładowe, zamieszczone w: [http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW\\_pliki/frame.htm](http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW_pliki/frame.htm)



**Rys. 3.8. Klasyfikacja pokładowych środków walki elektronicznej**

Przytoczono za – A. Rypulak. Awionika, przyrządy i systemy pokładowe, zamieszczone w:  
[http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW\\_pliki/frame.htm](http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW_pliki/frame.htm)

Generalnie wszystkie urządzenia elektroniczne można podzielić na trzy grupy:

- urządzenia rozpoznawczo-ostrzegawcze przeznaczone do: wykrycia energii elektromagnetycznej opromieniowującej statek powietrzny, określenia kierunku, z którego nadchodzi, rodzaju urządzenia (choćby w przybliżeniu) oraz oceny stopnia zagrożenia;
- urządzenia zakłócające niedestrukcyjne przeznaczone do: zakłócania lub mylenia urządzeń elektronicznych przeciwnika oraz naprowadzanych środków bojowych, ale bez ich fizycznego niszczenia;
- urządzenia zakłócające destrukcyjne przeznaczone do fizycznego zniszczenia urządzeń elektronicznych przeciwnika lub naprowadzanych środków bojowych.

### *Urządzenia rozpoznawczo - ostrzegawcze*

Urządzenia rozpoznawczo-ostrzegawcze są podstawowym elementem systemu walki elektronicznej każdego bojowego samolotu. Stanowią dla pilota bezpośrednio źródło informacji o zagrożeniach ze strony obrony powietrznej przeciwnika. Aby zapewnić załodze samolotu możliwie największą ilość informacji o ewentualnych zagrożeniach powinny zapewnić efektywne wykrywanie i rozpoznanie całego zakresu sygnałów emitowanych przez nieprzyjacielskie systemy wykrywania i naprowadzania.

#### *Radiolokacyjne urządzenia rozpoznawczo-ostrzegawcze (Radar Warning Receivers - RWR)*

Najczęściej stosowanymi urządzeniami rozpoznawczo-ostrzegawczymi są urządzenia do wykrywania promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez urządzenia radiolokacyjne. Należą one do grupy urządzeń radiolokacyjnych pasywnych i służą do:

- wykrywania promieniowania w paśmie częstotliwości odpowiadającym częstotliwości pracy pokładowych stacji radiolokacyjnych, radarów systemów raketowych ziemia-powietrze i woda-powietrze;
- określania typu (przybliżonego typu) radaru;
- określania kierunku opromieniowanie;
- określania rodzaju pracy radaru;
- przybliżonego określania odległości;
- określania stopnia zagrożenia i wyboru radaru najbardziej zagrażającego;
- rejestrowania raportów z lotów operacyjnych, których analiza pozwala uzyskać informacje dotyczące parametrów odbieranych sygnałów radiolokacyjnych, dzięki czemu istnieje możliwość aktualizacji biblioteki źródeł opromieniowanie służącej do identyfikacji zagrożeń.

#### *Urządzenia ostrzegające o wykryciu pocisku raketowego naprowadzanego na podczerwień*

Począwszy od 1972 r. w około pięćdziesiąt procent samolotów zestrzelonych podczas walk powietrznych zostało zniszczonych przez pociski raketowe

z głowicami samonaprowadzającymi się na podczerwień. Rakiety te mogą być wystrzeliwane z ziemi, morza lub statków powietrznych. Zagrożenie z ich strony jest tym większe, że są one trudno wykrywalne ze względu na pasywny system naprowadzania. Powodowane przez nie wysokie straty zmusiły konstruktorów do opracowania skutecznych środków ostrzegających.

Podstawowym elementem zmniejszania zagrożenia ze strony pocisków rakietowych kierowanych na podczerwień są odbiorniki rozpoznawczo-ostrzegawcze (*Missile Warning System - MWS*), służące do wykrycia oraz określenia stopnia stwarzanego przez nie zagrożenia. W zależności od sposobu wykrywania odpalonego pocisku dzielą się na:

- urządzenia ostrzegające o zbliżaniu się pocisku rakietowego (*Missile Approach Warner-MAW*);
- urządzenia ostrzegające o odpaleniu pocisku rakietowego (*Missile Launch Warner-MLW*).

Zasada pracy urządzenia ostrzegającego o zbliżaniu się pocisku rakietowego (MAW) opiera się na wykorzystaniu radaru dopplerowskiego (tak zwanego „cichego radaru”). Impulsy wypromieniowane przez ten radar, po odbiciu się od zbliżającego się pocisku rakietowego, są odbierane przez odbiornik. Na podstawie zmiany częstotliwości sygnału odbitego w stosunku do sygnału wysłanego (efekt Dopplera) odbiornik określa prędkość lotu wykrytego pocisku. Jest ona wprawdzie mało istotna z punktu widzenia załogi samolotu, pozwala jednak odróżnić odbiornikowi wystrzelony pocisk rakietowy od innych obiektów latających. Inne dane uzyskane za pomocą radaru, takie jak: odległość wystrzelonej rakiety oraz jej azymut, są przesyłane z odbiornika na wskaźnik w kabinie pilota, umożliwiając podjęcie działań mających na celu uniknięcie trafienia samolotu. Poza sygnalizacją świetlną, informującą o odpaleniu pocisku rakietowego, załoga jest również informowana sygnałem dźwiękowym. Dodatkowo odbiornik może również sterować pracą środków pasywnego i aktywnego przeciwdziałania.

Urządzenia ostrzegające o odpaleniu pocisku rakietowego (MLW) działają w zakresie podczerwieni, a także ultrafioletu. Są to odbiorniki wykrywające specyficzne promieniowanie emitowane w tych pasmach, przez silniki pocisków rakietowych, napędzanych niemalże zawsze na paliwo stałe (wyjątek stanowią niektóre po-

ciski rakietowe „ziemia-powietrze”). Detektory podczerwieni wykrywają docierające do nich promieniowanie, które następnie jest analizowane w odbiorniku. Jeżeli wyniki tej analizy potwierdzają zgodność jego cech z promieniowaniem emitowanym przez silniki rakietowe na paliwo stałe, to odbiornik uruchamia sygnalizację świetlną i dźwiękową w kabinie samolotu. Może również przesyłać sygnały do urządzeń przeciwdziałania aktywnego i pasywnego, powodując ich zadziałanie.

#### *Laserowe odbiorniki ostrzegawcze (Laser Warning Receiver)*

W laserowe odbiorniki ostrzegawcze wyposaża się głównie śmigłowce bojowe. Ostrzegają one załogę o opromieniowaniu przez odległociomierz laserowy (*Laser Rangefinder*) lub laserowe urządzenie wskazywania celu (*Laser Designator*). Wiązki promieniowania nowoczesnych urządzeń laserowych oświetlające SP mają w momencie padania na jego powierzchnię średnicę mniejszą od 1m. W związku z tym, początkowo rozmieszczano głowice detektora laserowego wokół kadłuba SP w odpowiednio mniejszych odstępach.

W chwili obecnej stosuje się jeden lub dwa detektory. W przypadku zastosowania jednego, centralnie montowanego detektora, brak jest możliwości określenia kierunku przybycia wiązki laserowej ze względu na ograniczone pole obserwacji pojedynczych detektorów. Wówczas odbiornik ostrzegawczy może służyć jedynie do sygnalizacji opromieniowania samolotu przez stację laserową. Zastosowanie drugiego, centralnie montowanego rozgałęźnika detektorów o szerokim polu obserwacji, umożliwia określenie kierunku opromieniowania, a ponadto zwiększa pewność wykrycia stacji laserowych, ponieważ detektory odbierają wiązki drugorzędne (odbite od powierzchni samolotu). Ze względu na to, że odbita wiązka laserowa nie zmienia swoich właściwości fizycznych w stosunku do wiązki padającej. Detektory promieniowania laserowego muszą spełniać określone wymagania, które decydują o ich jakości i możliwościach wykorzystania bojowego. Odbiornik ostrzegawczy składa się z trzech podsystemów: optycznego, detekcyjnego i przetwarzania.

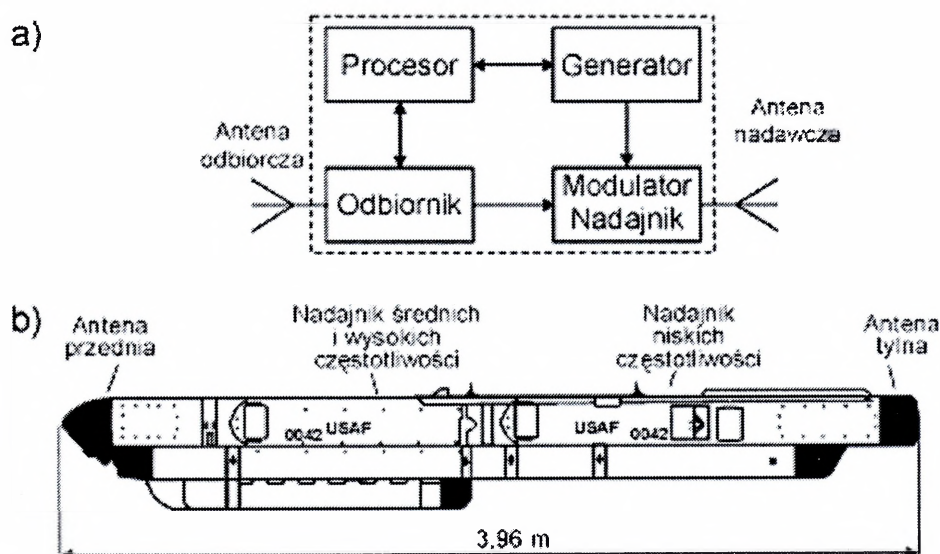
Podstawowe wymagania w stosunku do detektorów to:

- odbieranie bardzo słabych sygnałów w szerokim zakresie warunków oświetlenia zewnętrznego z prawdopodobieństwem większym niż 0,95;
- odbieranie i identyfikacja zarówno promieniowania w postaci fali ciągłej jak i impulsowego

- odróżnianie promieniowania laserowego od optycznej interferencji (szczególnie promieni słonecznych) w celu uniknięcia fałszywych alarmów (dopuszczalna ilość fałszywych alarmów na godzinę powinna wynosić mniej niż jeden);
- odbiór promieniowania w zakresie minimum  $(0,42...1,06) \mu\text{m}$ ;
- rozdzielczość  $3^\circ$  w polu widzenia  $90^\circ$ .

*Aktywne urządzenia zakłócające systemy łączności oraz urządzenia radiolokacyjne (urządzenia zakłócające niedestrukcyjne)*

Zakłócenia aktywne polegają na wysyłaniu przez nadajniki zakłócające sygnałów elektromagnetycznych (fal radiowych) na częstotliwościach pracujących stacji radiolokacyjnych.



**Rys. 3.9. Aktywne urządzenie zakłócające**

a) uproszczony schemat blokowy;

b) podwieszany zasobnik zakłóceń AN/ALQ-184

Przytoczono za – A. Rypulak. *Awionika, przyrządy i systemy pokładowe*, zamieszczone w:  
[http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW\\_pliki/frame.htm](http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW_pliki/frame.htm)

Nadajniki zakłóceń aktywnych są podstawowym środkiem walki elektronicznej. Nowoczesne nadajniki zakłóceń (*Noise Jammers*) są w pełni zautomatyzowane. Dostrojenie nadajnika do odpowiedniej częstotliwości, wybór rodzaju modulacji, włączenie zakłóceń przeciwko stacjom radiolokacyjnym oraz współdziałanie wszystkich elementów urządzenia zapewnia komputer pokładowy. Urządzenia do zakłóceń sy-

gnatów radiolokacyjnych są instalowane na pokładach samolotów lub śmigłowców, albo w specjalnych zasobnikach podwieszanych pod kadłubem lub skrzydłami. Powinny one pokrywać zakres częstotliwości co najmniej od 1 GHz do 18 GHz. Wymaga to zastosowania kilku nadajników. Moc zakłóceń powinna wynosić co najmniej 100 W - przy pracy z falą ciągłą i 600 W - przy pracy impulsowej. Nadajniki zakłóceń aktywnych dzielą się na nadajniki szumowe i mylące. Nadajniki zakłóceń szumowych mogą generować trzy rodzaje sygnałów: zaporowe, wąskopasmowe i wąskopasmowe z płynną zmianą częstotliwości.

#### *Nadajniki zakłóceń szumowych*

Nadajniki zakłóceń zaporowych wytwarzają szumy, których energia jest rozłożona w szerokim paśmie częstotliwości. Z uwagi na ograniczoną moc nadajników zakłócających, energia zakłóceń przypadająca na pasmo przepuszczania danego odbiornika jest mniejsza od innych zakłóceń szumowych. Taki typ zakłóceń może być stosowany przez duże samoloty przeznaczone specjalnie do walki elektronicznej, posiadające duże i ciężkie nadajniki bardzo dużej mocy.

W nadajnikach wąskopasmowych do zakłóceń szumowych dobiera się szerokość widma - w przybliżeniu taką - jaka jest szerokość pasma przepuszczania liniowej części odbiornika zakłócanego. Nadajniki te są w stanie silnie zredukować zasięg stacji radio-lokacyjnej. Najprostszą metodą unikania tego rodzaju zakłóceń jest zmiana częstotliwości pracy radaru.

W nadajniku zakłóceń wąskopasmowych z płynną zmianą częstotliwości połączono zalety zakłócania szeroko- i wąskopasmowego. Umożliwia jednoczesne zakłócenie sygnałów o różnych częstotliwościach, a także o dużym poziomie mocy. Nadajniki zakłóceń szumowych mogą być sterowane za pomocą urządzeń rozpoznawczo-ostrzegawczych lub mogą mieć oddzielne bloki rozpoznania i zakłócania.

#### *Nadajniki zakłóceń mylących*

Nadajniki zakłóceń mylących (*Deceptive Jammers*) są uruchamiane w odpowiedzi na sygnały odbierane od źródła promieniowania elektromagnetycznego, które ma być zakłócanie. Nadajniki te emitują sygnały, które nie mogą być rozpoznane jako zakłócenia. Do zalet tej metody zakłócania można zaliczyć stosunkowo niską moc nadajników, większą odporność na działanie pocisków samonaprowadzających się na źródło zakłóceń oraz dokładne dopasowanie widma sygnałów zakłócających do

pasma przepuszczania liniowej części odbiornika stacji zakłócanej. Podstawową wadą jest konieczność posiadania aktualnych i bardzo dokładnych parametrów stacji zakłócanej. W zależności od typu zakłócanych radarów stosuje się różne metody zakłóceń mylących. Celem jest wprowadzenie w błąd operatorów radarów, a także zerwanie procesów automatycznego śledzenia lub spowodowanie śledzenia sygnałów fałszywych.

Jeżeli zakłócany jest radar obserwacji okrężnej, który służy do nakierowania na wykryty obiekt radaru śledzenia celu i kierowania ogniem, to wytwarza się na jego wskaźniku fałszywy cel znajdujący się na innym kierunku. Wykorzystuje się w tym celu typową wadę najczęściej stosowanej anteny parabolicznej, to znaczy istnienie tak zwanych listków bocznych. Jeżeli znana jest charakterystyka anteny danego typu stacji, wówczas można odbite od samolotu echo zastąpić fałszywym sygnałem wypromieniowanym przez nadajnik zakłóceń aktywnych.

Tabela 3.5

**Podstawowe parametry aktywnych urządzeń zakłócających**

Typ urządzenia	Zakres częstotliwości [GHz]	Moc zakłóceń w impulsie	Liczba nadajników	Nosiciel
		szumowych [W]		
AN/ALQ-100	1,12...8,2	1000 / 50	4	A-6, A-7, A-10, F-14, F-18
AN/ALQ-131	2,5...18	1000 / 400	8	F-4, F-15, F-16, A-10, F-111
AN/ALQ-135	1...18	2000 / 400	3	F-15
AN/ALQ-137	2...20	1000 / 100	10	F-111
AN/ALQ-165	0,7...18	2000 / 200	3	F-14, F/A-18
SPS-141 MWG-E	8,3...10,3	15 / 10	1	Su-22M4
Gardenia	7,1...10,3	-	1	MiG-29
SPS-162	5...7,5	-	1	Su-24
Sorbca	7,1...10,3	-	1	Su-27

Źródło: A. Rypulak. *Awionika, przyrządy i systemy pokładowe*, zamieszczone w: [http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW\\_pliki/frame.htm](http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW_pliki/frame.htm)

Z kolei impulsowe radary śledzenia celu można zmylić w odległości. Również w tym przypadku wytwarzany jest fałszywy impuls symulujący echo odbite od celu. Początkowo fałszywy, silniejszy impuls pokrywa się z rzeczywistym położeniem celu. Stopniowo jednak opóźnia się moment jego wysłania. Powoduje to, że śledzony cel

zaczyna rozdzielać się na dwa, z których jeden jest silniejszy, drugi słabszy. Z reguły, układ śledzenia przesuwa się za sygnałem silniejszym, który coraz bardziej oddala się od rzeczywistego położenia celu. W pewnym momencie impuls przestaje być wytwarzany i radar traci cel.

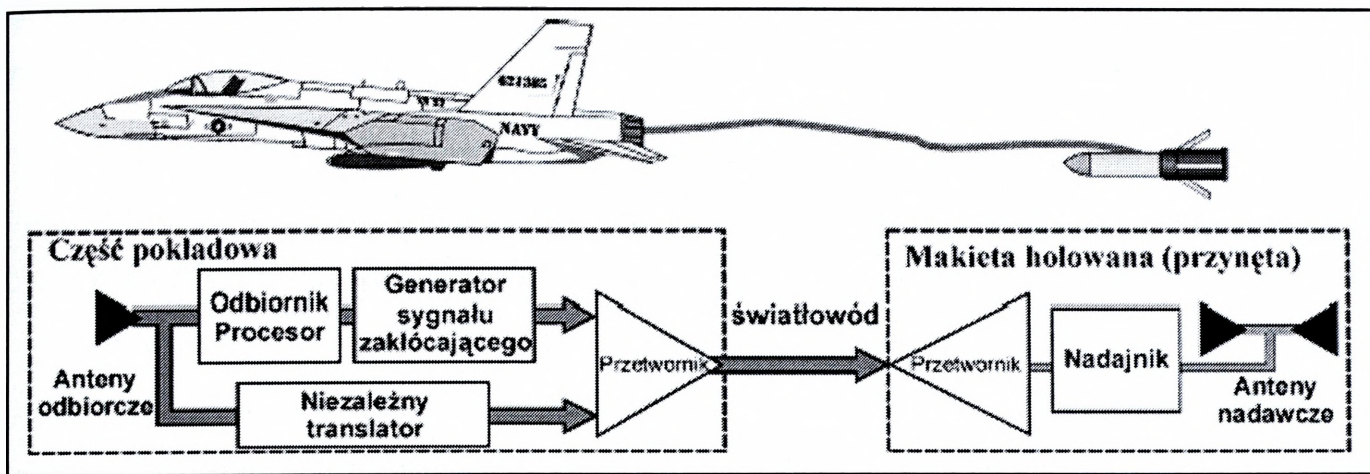
Istnieje również wiele innych metod wytwarzania zakłóceń mylących. Należy jednak pamiętać, że zakłócenia mylące, oprócz wielu zalet posiadają poważną wadę. W przypadku ich wykrycia istnieją bowiem sposoby określenia kierunku, z którego są wy-promieniowane na podstawie emitowanych zakłóceń. Tak więc niewłaściwe ich użycie, np. włączenie zakłóceń na wszelki wypadek, może być bardzo niebezpieczne dla emitującego zakłócenia.

*Pasywne urządzenia zakłócające systemy łączności oraz urządzenia radiolokacyjne*

Do pasywnych urządzeń zakłóceń sygnałów radiolokacyjnych można zaliczyć wyrzutniki dipoli oraz holowane środki pozoracyjne.

Wyrzutniki dipoli służą do wyrzucania dipoli odbijających, wykonywanych najczęściej z bardzo cienkich pasków folii metalowej lub metalizowanych włókien szklanych. Dipole odbijają wiązki promieniowania stacji radiolokacyjnych, tworząc na ich wskaźnikach fałszywe cele. W ten sposób mogą maskować śledzone obiekty, albo imitować obiekty nieistniejące, utrudniając lub wręcz uniemożliwiając wykrycie i śledzenie celów rzeczywistych. Dipole odbijające zakłócają tylko ściśle określone, bardzo wąskie pasmo częstotliwości, a ich długość musi odpowiadać połowie długości zakłócaniej stacji. Dipole odstrzeliwane są w specjalnych nabojach. Naboje mogą być załadowane dipolami o tej samej lub różnych długościach co pozwala na zakłócanie radarów pracujących na różnych częstotliwościach.

Holowane środki pozoracyjne służą do zmylenia pocisków raketowych przeciwnika naprowadzanych radiolokacyjnie poprzez stworzenie pozorowanego celu (przynęty), który jest bardziej atrakcyjny niż prawdziwy samolot. Urządzenie to składa się z dwóch zasadniczych podzespołów. Pierwszy z nich jest na stałe zabudowany na samolocie, zaś drugi jest to cel pozorowany, który wystrzeliwany jest ze specjalnego zasobnika w przypadku pojawienia się zagrożenia. W zasobniku może znajdować się do 4 takich makiet. Makieta jest połączona z samolotem za pomocą światłowodu i holowana za samolotem.



**Rys. 3.10. Holowana pułapka pocisków rakietowych**

Źródło: A. Rypulak. *Awionika, przyrządy i systemy pokładowe*, zamieszczone w:  
[http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW\\_pliki/frame.htm](http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW_pliki/frame.htm)

Po zasygnalizowaniu przez pokładowe urządzenia ostrzegawczo-rozpoznawcze faktu zbliżania się rakiety, wystrzeliwana jest makieta. Odebrany sygnał opromieniowujący jest wzmacniany i przesyłany do makiety, gdzie po ponownym wzmacnieniu jest wysyłany w przestrzeń. W przypadku uszkodzenia wzmacniacza pokładowego, uruchamiany jest generator sygnału zakłócającego znajdujący się również na pokładzie samolotu, który generuje sygnał podobny do sygnału odbitego od samolotu, tyle tylko że o większej mocy. Jest on następnie przesyłany do makiety, tam poddawany wzmacnieniu i wypromieniowany. Jeżeli w tym czasie w kierunku samolotu leci pocisk rakietowy kierowany radiolokacyjnym, to skieruje się on w kierunku sygnału o większej mocy. Zniszczenie makiety nie spowoduje uszkodzenia samolotu, gdyż jest ona za nim holowana w bezpiecznej odległości. W chwili obecnej prowadzone są prace nad makieta pozorującą źródło promieniowania podczerwonego, co pozwoliłoby zabezpieczyć samolot przed niebezpieczeństwem ze strony pocisków rakietowych naprowadzanych na podczerwień.

#### *Urządzenia zakłócające w podczerwieni*

Są to urządzenia, chroniące statki powietrzne przed pociskami rakietowymi, z układami naprowadzania pracującymi w podczerwieni. Na wyposażeniu SP znajdują się dwa rodzaje tych urządzeń: zakłócające i mylące.

Urządzenia zakłócające (aktywne) oślepiają impulsami promieniowania podczerwonego o dużym natężeniu układy naprowadzania pocisków rakietowych, unie-

możliwiając im trafienie w cel. Mogą być zamontowane na stałe lub podwieszane w specjalnych zasobnikach. Źródłem promieniowania zakłócającego są lampy błyskowe wypełnione gazami szlachetnymi.

Urządzenia mylące (pasywne) wytwarzają w pobliżu samolotu lub śmigłowca fałszywe cele, które „ściągają na siebie” układy kierowania pocisków naprowadzających się na podczerwień. Do tych środków należą naboje z mieszanką łatwopalną, wystrzeliwane ze specjalnych urządzeń. Mogą być wystrzeliwane z tych samych urządzeń co di-pole służące do zakłócania sygnałów radiolokacyjnych. Mieszanka łatwopalna spala się w odległości od 50 m do 200 m od chronionego SP, w czasie kilku sekund.

#### *Urządzenia zakłócające promieniowanie laserowe*

Dla zapewnienia kompletnej ochrony samolotu w czasie wykonywania zadań bojowych, konieczne jest uzupełnienie jego systemu obrony skutecznymi środkami aktywnego i pasywnego przeciwdziałania w paśmie laserowym.

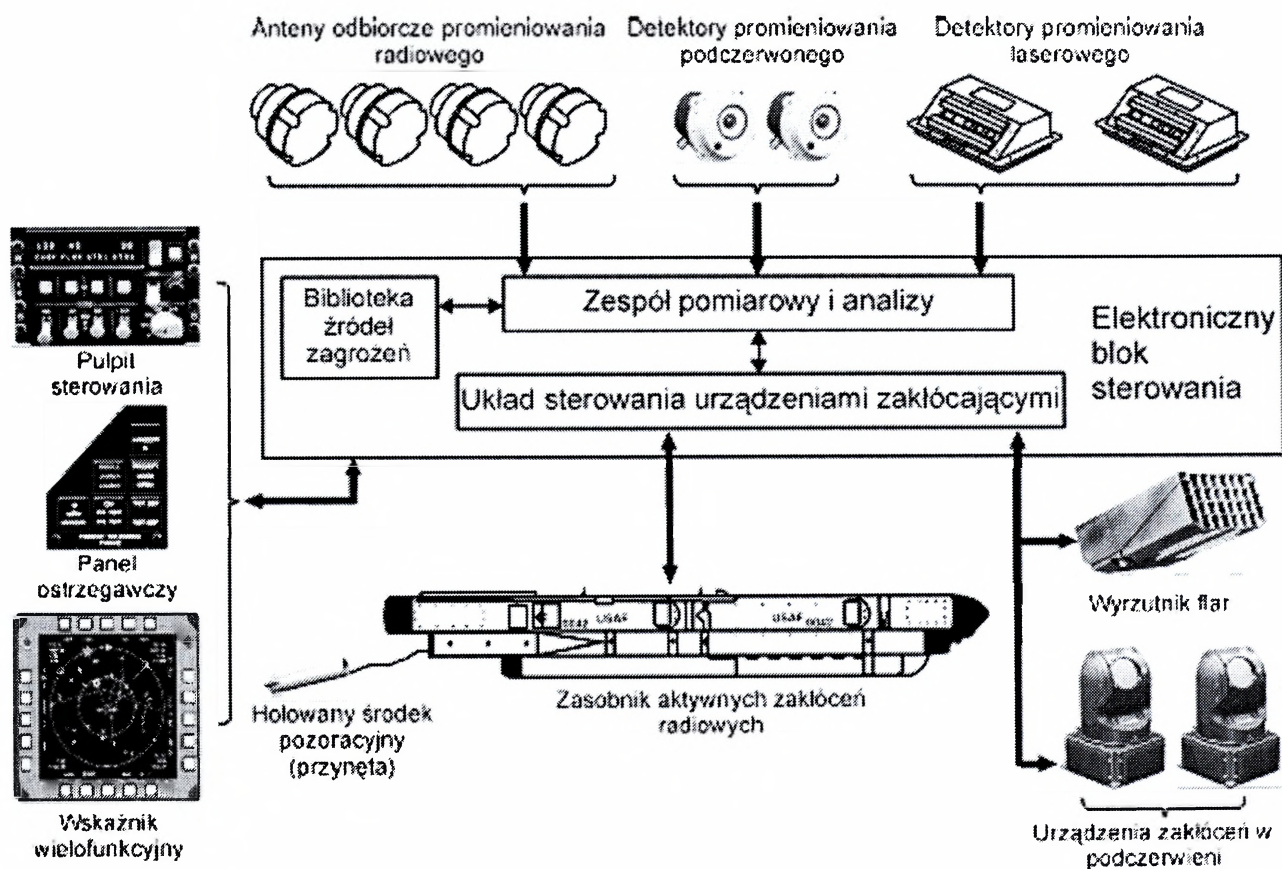
Przykładem urządzenia aktywnego jest system AN/ALQ-24 Nemesis. Pierwotnie był to system zakłóceń aktywnych w podczerwieni, jednakże w chwili obecnej trwają prace nad uzupełnieniem tegoż systemu o głowicę laserową zakłócającą urządzenia laserowe. Zakłócanie pasywne polega na zasłonięciu samolotu chmurą dymu, który uniemożliwia wykorzystanie promieni laserowych.

#### *Urządzenia zakłócające destrukcyjne*

Zadaniem urządzeń zakłócających destrukcyjnych jest zniszczenie celów emitujących energię elektromagnetyczną, a przede wszystkim stacji radiolokacyjnych. Pociski raketowe wyposażone są w bierne układy kierowania, które umożliwiają dokładne na-prowadzanie na źródło promieniowania radiolokacyjnego. Do realizacji tego zadania wykorzystywane są pociski przeciwradiolokacyjne AGM-88 HARM lub ALARM oraz tzw. energia skierowania w postaci promieniowania laserowego oraz mikrofalowego o dużej energii. Środki te są obecnie w fazie badań, a ich wyniki otoczone są tajemnicą. Przykładem broni laserowej może być „Airborne laser” przeznaczony do niszczenia rakiet balistycznych.

### Zintegrowany system walki elektronicznej

Przedstawione uprzednio urządzenia walki elektronicznej służące do wykrywania i zakłócania promieniowania elektromagnetycznego pochodzącego z urządzeń przeciwnika są łączone zwykle w jeden system, który zapewnia kompleksową ochronę statków powietrznych, umożliwiając wykonanie zadania nawet w przypadku przeciwdziałania przeciwnika. Przykładowa struktura takiego systemu przedstawiona jest na rysunku zamieszczonym niżej.



**Rys. 3.11. Struktura zintegrowanego systemu walki elektronicznej**

Źródło: A. Rypulak, *Awionika, przyrządy i systemy pokładowe*, zamieszczone w: [http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW\\_pliki/frame.htm](http://www.kaiss.wsosp.deblin.pl/prezentacje/EW_pliki/frame.htm)

Przedstawione uprzednio urządzenia walki elektronicznej są niezbędnym wyposażeniem współczesnych statków powietrznych. Ich umiejętne zastosowanie, a także wykorzystanie maskujących właściwości terenu oraz odpowiedni manewr w sytuacji zagrożenia, zapewnią nie tylko bezpieczeństwo pilotowi, ale umożliwią mu również wykonanie postawionego przed nim zadania. W celu zmniejszenia zagrożeń ze strony przeciwnika, w zależności od zaistniałej sytuacji, można realizować różne przedsięwzięcia, takie jak: unikanie, uchylanie i przeciwdziałanie.

W niektórych krajach bardzo duży nacisk położono na szkolenie w zakresie uzyskania odpowiednich umiejętności w zakresie walki elektronicznej. W Stanach Zjednoczonych wykorzystywany jest symulator walki elektronicznej (*The Air Force Electronic Warfare Evaluation Simulator*), pozwalający na przygotowanie pilotów do działania w warunkach realnej wojny elektronicznej. Symulator ten umożliwia imitowanie zagrożenia ze środków bojowych naprowadzanych radiolokacyjnie oraz na podczerwień, a stopień jego skomplikowania jest tak duży, że „zwykły” symulator lotu samolotu wygląda przy nim jak dziecięca zabawka.

### **C. Pokładowe systemy obrony i przeciwdziałania elektronicznego samolotów bojowych**

**EA-6B Prowler** jest czteroosobowym samolotem walki radioelektronicznej bazującym głównie na lotniskowcach. Kontrakt na jego produkcję podpisano z firmą Grumman na jesieni 1966 r. Zewnętrznie jest on bardzo podobny do *A-6 Intruder*, z wyjątkiem dłuższej części dziobowej muszącej pomieścić czterech członków załogi i owiewki montowanej na szczycie statecznika pionowego mieszczącej aparaturę zagłuszającą<sup>63</sup>.



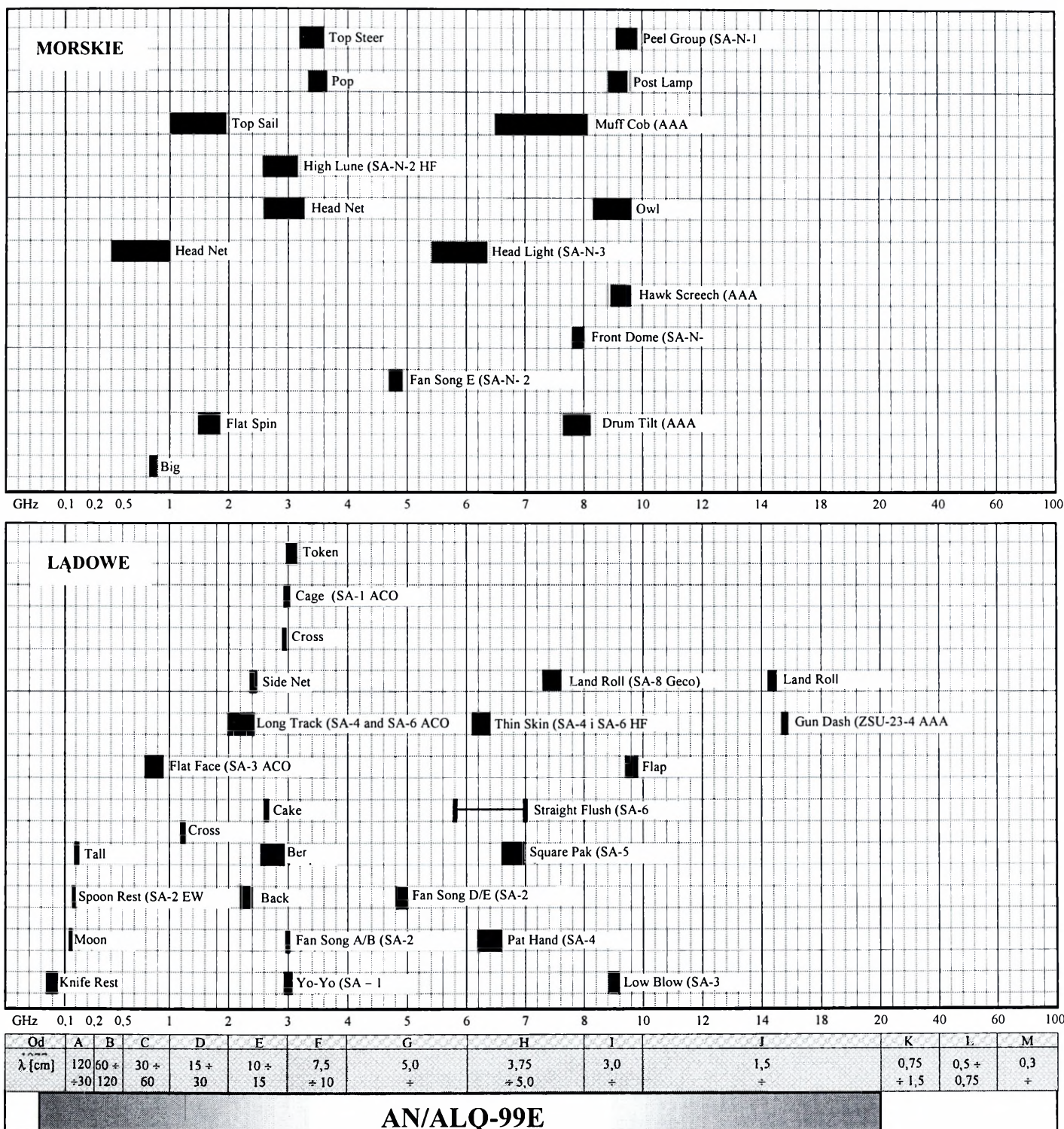
**Rys. 3.12. EA-6B Prowler**

<sup>63</sup> Pierwszy lot odbył się 25 Maja 1968 r. zaś pierwsze egzemplarze trafiły do marynarki latem na wiosnę 1971. Ostatnie egzemplarze serii 'B' oddano 29 Lipca 1991 r. Konstrukcja: identyczna z A-6E z wyjątkiem czteroosobowego kokpitu i zasobnika (czołenka) na stateczniku pionowym. Skrzydła wzmocnione w stosunku do A-6E rekompensujące większy ładunek. Kadłub wydłużony w stosunku do A-6E o 1,37 m. Podwozie: wzmocnione w stosunku do A-6E w celu utrzymania większego ciężaru. Napęd: dwa silniki turboodrzutowe J52-P-408 firmy Pratt & Whitney o ciągu 49,8 kN każdy. Modyfikacja ADVCAP z silnikiem J52-P-409 daje 53,38 kN ciągu każdy. Kokpit: cztery osoby w 2 oddzielnych kabinach. Fotele wyrzucane Martin Baker GRUEA 7.

Dwóch dodatkowych członków załogi pełni funkcje operatorów systemów zakłócania elektronicznego (EWO) za pomocą systemu zagłuszającego ALQ-99. Każdy z operatorów (samodzielnie) jest odpowiedzialny za wykrycie celów, przydzielanie, nastajanie i monitorowanie zagłuszek. Operator na prawym przednim fotelu zajmuje się komunikacją, nawigacją, obronnym zagłuszaniem i wystrzeliwaniem pasków folii.

Tabela 3.6

**Zakres pracy AN/ALQ-99E**



System taktycznego zagłuszania ofensywnego AN/ALQ-99F, montowany w pięciu samodzielnych zasobnikach wyposażonych we własne zasilanie, łącznie 10 radiostacji zagłuszających. Każdy z zasobników pokrywa 1 z siedmiu zakresów częstotliwości. Odbiorniki ESM zamontowane są na stałe w zasobnika na szczycie statecznika pionowego. Napływające sygnały są obrabiane przez komputer AN/AYK-12, a następnie zakłócają przez załogę bądź automatycznie przez system wspomaganie AN/TSQ-142. System nawigacyjny AN/ASN-13.

Samolot nie ma stałego uzbrojenia. Ma możliwość podwieszania rakiet anty radarowych AGM-88A HARM i / lub zasobników zakłócających AN/ALQ-99 TJS na czterech węzłach podskrzydłowych (na sześciu w wersji ADVCAP).

Samolot **EC - 130E *Commando Solo*** to samolot przeznaczony do rozpoznania i walki elektronicznej. Jego podstawowym przeznaczeniem jest emisja zakłócająco-myląca na cywilnych pasmach radiowych AM, FM, HF i telewizyjnych, oraz na częstotliwościach wojskowych, audycji propagandowych, wzywających do poddania się lub obniżających morale żołnierzy i cywilów. Samolot posiada również możliwości skanowania aktywności elektronicznej (transmisji) przeciwnika, skutecznego ich zakłócania (i manipulowania nimi), w limitowanym zakresie może też spełniać zadania wywiadowcze.



**Rys. 3.13. EC-130E/H**

Źródło: <http://www.danshistory.com/elint.shtml>

EC - 130E *Commando Solo* ma zasięg około 2800 mil morskich bez tankowania. Standardową misją jest przelot z maksymalną prędkością, po zadanej trasie, na maksymalnej wysokości umożliwiającej odbieranie lub nadawanie transmisji. Udoskonaleniem *Commando Solo* jest EC - 130E *Rivet Rider*, który posiada większe możliwości samoobrony i może nadawać programy propagandowe (również TV w kolorze) na większym zasięgu, co jest możliwe m.in. dzięki wiszącej antenie holowanej.

Samolot EC - 130H *Compass Call* jest maszyną walki elektronicznej. Służy do zakłócania wszelkiego rodzaju transmisji przeciwnika, a nawet uszkodzania nadajników, w celu przygotowania pola walki pod mające wkrótce nastąpić działania bojowe i podczas ich trwania. Samolot może latać poza zasięgiem obrony powietrznej przeciwnika i z bezpiecznej odległości lokalizować i zakłócać emisję radiową ośrodków dowodzenia przeciwnika w ważnych okresach operacji. Wyposażenie elektroniczne samolotów *Compass Call* określa się kodową nazwą *Rivet Fire*. Samolot może wspomagać własne rozpoznanie dzięki danym z maszyn AWACS, EC - 130E ABCCC, RC - 135, satelitów lub samolotów szpiegowskich.

Obecnie 13 maszyn, które pozostają w eksploatacji, jest poddawanych kolejnym modyfikacjom zaplanowanym na wiele lat i określanych jako Block 20, 25 i 30, które obejmują usprawnienie urządzeń zakłócających, urządzenia do tankowania w powietrzu, systemy nawigacyjne i komunikacyjne.

Załogę samolotu stanowią cztery osoby. Podczas misji na pokładzie pracuje łącznie 13 osób, z czego 9 zajmuje się obsługą wyposażenia elektronicznego.

#### ***D. Systemy obrony samolotów lotnictwa myśliwskiego i uderzeniowego***

Systemy obrony samolotów bojowych posiadają strukturę wieloelementową. Ważnym segmentem każdego systemu są odbiorniki różnego rodzaju emisji stanowiących symptomy zagrożenia samolotu atakiem pocisków rakietowych kierowanych radiolokacyjnie, laserowo lub w podczerwieni. Nowoczesne urządzenia potrafią określić rodzaj emisji, porównać do z bazą danych rozpoznawczych i ustalić dokładnie rodzaj pocisku, kierunek ataku, a nawet wskazać optymalny sposób przeciwdziałania (reakcji). Przeciwdziałanie może być zainicjowane i uruchomione automatycznie lub za akceptacją załogi. Pozostałe elementy systemu samoobrony to właśnie urządze-

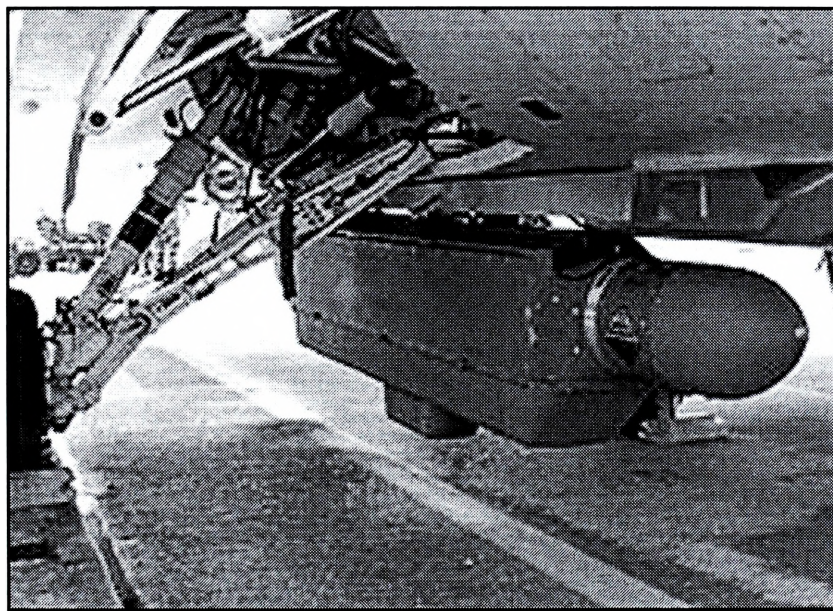
nia przeciwdziałania aktywnego lub pasywnego różnych typów, które zostaną scharakteryzowane niżej.

### **F-16 C/D**

#### **System zakłócania Northrop Grumman AN/ALQ-131**

System zakłócania Northrop Grumman AN/ALQ-131 przenoszony jest przez F-16, F-111, A-10, F-4, F-15, F-5 oraz C-130. Ten zasobnik może skutecznie zagłuszać jednocześnie trzy źródła opromieniowania (zarówno radary typu Continuous Wave, jak i Pulse Doppler) na pięciu różnych pasmach. Ma większe możliwości niż integralny AN/ALQ-162, toteż zaleca się, by stosować go podczas każdej misji bojowej. System może pracować w trybie ręcznym lub częściowo automatycznym.

Długość zasobnika: 2.83 m. Masa zasobnika: 260 - 324 kg



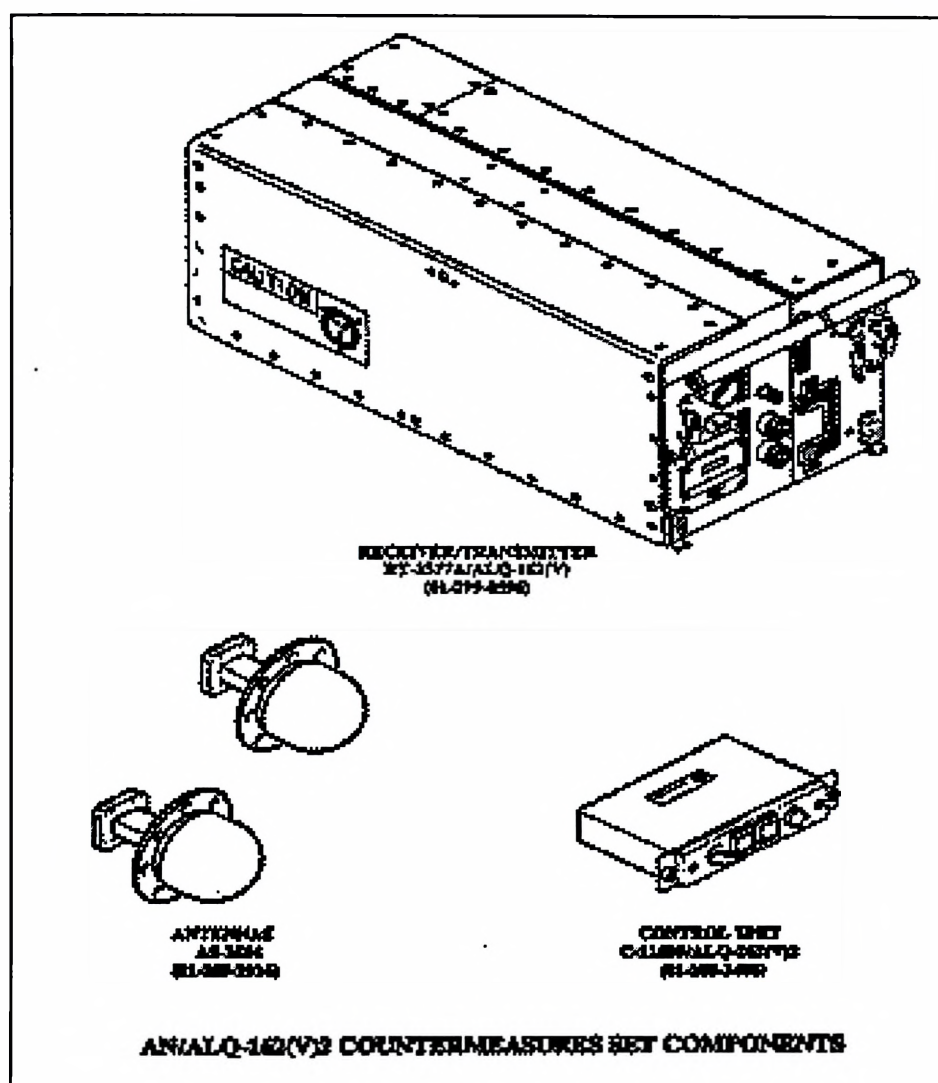
**Rys. 3.14. Zasobnik AN/ALQ-131**

Źródło: <http://www.dsd.es.northropgrumman.com/rf/ANALQ131.html>

#### **System zakłócający AN/ALQ-162**

AN/ALQ-162 jest integralnym systemem zakłócającym. Zagłuszenie działa tylko w przypadku, gdy wrogi radar używa ciągłej wiązki (Continuous Wave), a wersja przeciwdziałająca radarom impulsowo dopplerowskim (Pulse Doppler) jest jeszcze opracowywana. Jest mniej skuteczny niż AN/APG-131, więc zazwyczaj ten drugi tak-

że jest używany. Zaletą wbudowanego systemu jest fakt, że nie zajmuje on węzłów podwieszeń i można dzięki temu przenosić dodatkowe zbiorniki paliwa<sup>64</sup>.



**Rys. 3.15. Składniki zestawu AN/ALQ-162(V)2**

Źródło: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/equip/an-alq-162.htm>

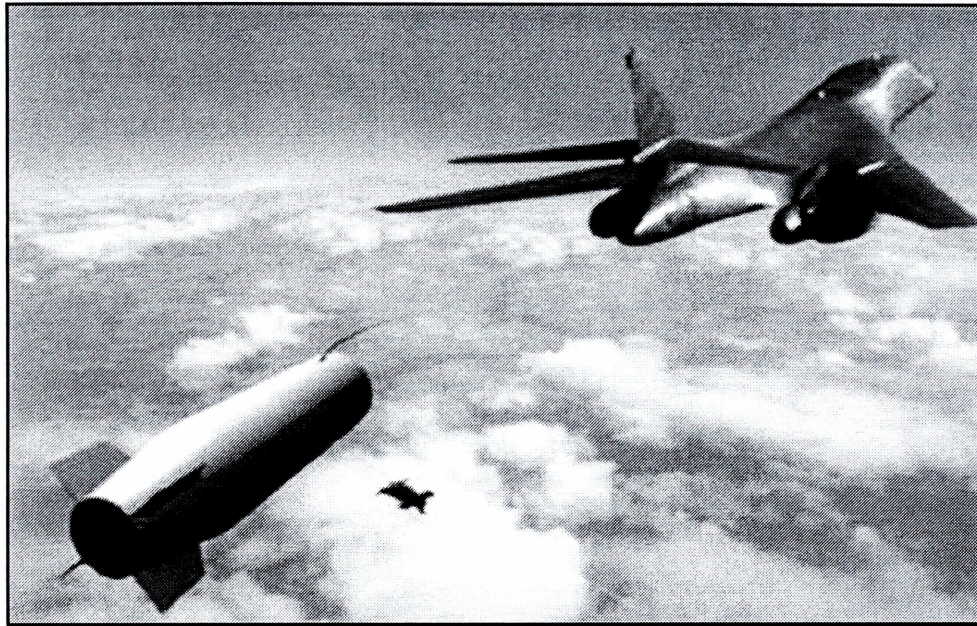
### **Urządzenie zakłócająco-mylące AN/ALE-47**

AN/ALE-47 to integralny wyrzutnik flar i dipoli. Jest on zautomatyzowany, więc załoga nie musi odwracać uwagi od walki, ponieważ środki zakłócające zostaną automatycznie odpalone w najlepszym momencie. Oczywiście pilot ma też możliwość ręcznego ich odpalania. W każdym zasobniku mieści się 15 flar ciepłych lub 30 dipoli zakłócających radar. F-16C/D-50 ma wbudowane 4 zasobniki. Ich masa wynosi: 280 kg. Wymiary (mm): 570x550x1960.

<sup>64</sup> Przytoczono na podstawie: <http://bigmac7.webpark.pl/wyposazenie.html>

### ***Wabik raketowych pocisków kierowanych AN/ALE-50***

AN/ALE-50 AAED (*Advanced Airborne Expendable Decoy*) jest holowanym wabikiem używanym na F-16C/D i B-1B. Znacznie zwiększa on szansę przetrwania samolotu nad polem walki. Może on być używany ręcznie lub automatycznie (integracja z systemem AN/ALE-47 lub AN/ALQ-211(v)4). Przed lądowaniem wabik zostaje odrzucony przez odcięcie kabla łączącego z nosicielem.



***Rys. 3.16. B-1B holujący AN/ALE-50***

Źródło: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/equip/an-ale-50.htm>

### ***System ostrzegania AN/ALR-56M***

AN/ALR-56M jest systemem ostrzegania przed opromieniowaniem radarowym. Działa w szerokim zakresie częstotliwości, zapewniając pełny obraz zagrożeń w promieniu 360 stopni. Informacje o źródłach promieniowania są przekazywane graficznie oraz dźwiękowo (każdy radar ma swoją ikonę oraz kod dźwiękowy).

Przyszłościowe systemy samoobrony możemy charakteryzować analizując projekty opracowane dla samolotów F-22 i Rafale.

### ***F-22A Raptor***

Kompleks WRE samolotu F-22 ma komputery o wysokiej prędkości wykonywania operacji (20 miliardów operacji na sekundę z możliwością rozszerzenia do 50 miliardów, pamięć operacyjna /RAM/ 300 MB, z możliwością rozszerzenia do 650). Są one sprzęgnięte układami światłowodowymi. Obróbka sygnałów odebranych

umożliwia odbiór, analizę, identyfikację i ocenę środków elektronicznych przeciwnika oraz wysłanie sygnałów zakłóceń elektronicznych. W zależności od oprogramowania mogą to być zakłócenia szumowe lub mylące o dowolnej konfiguracji. Zakres częstotliwości jest ograniczony wyłącznie możliwością anten, mogą one być jednak łatwo zmieniane<sup>65</sup>.

System *Spektra* samolotu *Rafale* to przypuszczalnie najbardziej zaawansowanym technologicznie systemem samoobrony samolotu bojowego. *Spectra* jest w pełni zintegrowanym, całkowicie zautomatyzowanym systemem, a jego zaletą jest przede wszystkim zaawansowany, wielospektralny układ ostrzegania o zagrożeniach. Składa się on z części radiolokacyjnej, z czujnikami rozmieszczonymi u nasady skrzydeł i na grzbiecie usterzenia pionowego. Część radiolokacyjna systemu jest w stanie odebrać, przeanalizować, określić kierunek i typ (sklasyfikować) źródła promieniowania radiolokacyjnego, na powierzchni (ziemi lub wodzie) i w powietrzu. Zakres częstotliwości pracy nie jest znany, ale przypuszcza się że jest to 2-40 GHz. System jest w stanie określić położenie kątowe obiektu z dokładnością do zaledwie 1 stopnia w azymucie i elewacji, a analiza mocy sygnału pozwala na przybliżone określenie odległości do promieniującego źródła. Analiza rodzaju pracy znanych stacji radiolokacyjnych (biblioteka danych systemu ma strukturę otwartą – z możliwością jej uzupełniania o nowo wykryte systemy przeciwnika) pozwala na ocenę stopnia zagrożenia. Dodatkowo rejestrator wszystkich czujników systemu *Spectra* pozwala na późniejszą analizę położenia środków radioelektronicznych przeciwnika, czyli w pewnym sensie – prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego przez dowolny samolot *Rafale*<sup>66</sup>.

W systemie *Spectra* pracuje termiczny odbiornik wykrywający odpalenie pocisków przeciwlotniczych różnych typów i śledzących ich lot<sup>67</sup>. Elementem systemu *Spectra* jest też wykrywacz opromieniowania laserowego samolotu (nazywa się DAL - *Détection et Alerte Laser*), jako że współczesne myśliwce coraz częściej stosują dalmierze laserowe w swych pasywnych detektorach optoelektronicznych (nie wyłączając samego *Rafale*). Oba wspomniane urządzenia pozwalają na precyzyjne śle-

<sup>65</sup> System walki radioelektronicznej został opracowany przez firmy Sanders i Lockheed (poprzednio General Dynamics).

<sup>66</sup> Część elektromagnetyczna systemu nosi nazwę DBEM (*Détection et Brouillage Electromagnétique*).

<sup>67</sup> Został on opracowany przez firmę MATRA i nosi nazwę DIR (*Détection Infrarouge*).

dzenie odpalonego do samolotu pocisku, a komputer *Spectry* wskazuje pilotowi optymalny moment do wykonania uniku, w momencie gdy pocisk przeciwlotniczy nie jest już w stanie zareagować na niespodziewaną zmianę położenia celu. Dodatkowo *Spectra* automatycznie steruje pracą czterech wyrzutników flar/dipoli, umieszczonych na grzbiecie kadłuba oraz pracą zasobnika zakłóceń aktywnych. Do zintegrowania całości systemu służy komputer nazywany GIC (*Gestion de l'Interface et Compatibilité*). Kombinacja optymalnego manewru oraz automatycznego użycia pasywnych i aktywnych środków przeciwdziałania daje *Rafale* niespotykane możliwości przetrwania na polu walki.

*Rafale* niewątpliwie pozostaje najbardziej zaawansowanym i najskuteczniejszym samolotem tzw. IV generacji, uwzględniając samoloty JSF. Jako drugi po *Gripenie* wszedł też do regularnej służby. Jest bardzo prawdopodobne, że tego rodzaju systemy permanentnie doskonalone, będą standardem wyposażenia samolotów bojowych przyszłości.

Systemy samoobrony samolotów są najbardziej utajnionymi elementami wyposażenia. Bezpieczeństwo **B-2 Spirit** polega głównie na utrudnionej wykrywalności, jednak ustalono, że bombowiec musi też dysponować skutecznymi środkami przeciwdziałania, na wypadek, gdyby mimo wszystko został on zaatakowany przez przeciwnika. Najważniejszym elementem systemu WRE bombowca jest układ wykrywania i klasyfikacji zagrożeń. Pozwala on załodze na bieżące śledzenie sytuacji wokół samolotu i dokonanie odpowiedniej korekty trasy. Główna filozofia walki na B-2 polega bowiem na jak najdłuższym unikaniu wykrycia, co daje gwarancję bezpiecznego dolotu do celu. System ostrzegania przed zagrożeniami składa się z dużej liczby odbiorników, każdy skanujący określony przedział częstotliwości.

Z chwilą wykrycia i identyfikacji środków emitujących promieniowanie radioelektroniczne, system stara się określić ich położenie, co dokonywane jest metodą wcięcia w czasie lotu pod pewnym kątem do obserwowanego środka. Analizowana jest również moc odbieranego sygnału. Po uzyskaniu niezbędnych informacji system zaznacza położenie środka, a jeśli jest to zestaw przeciwlotniczy, to oznacza też pole jego rażenia, na specjalnym monitorze w kabinie załogi. Na tej podstawie dokonywana jest ocena niezbędnej korekty trasy lotu, przy czym system dalej sugerował taką trasę, która eksponuje najmniejszą skuteczną powierzchnię odbicia radiolokacyjnego w kierunku najbliższego (najgroźniejszego) środka radiolokacyjnego przeciwnika.

AN/APR-50 dokonuje opisanych ocen na podstawie biblioteki danych, wprowadzanych do pamięci sterującego nim komputera. Biblioteka ta może być uzupełniana lub wymieniana na nową.

Należy jeszcze dodać, że możliwości systemu AN/APR-50 są porównywalne z możliwościami systemów rozpoznania elektronicznego montowanych na samolotach specjalnie przeznaczonych do zadań WE (np. EA-6B *Prowler*).

Przypuszczalnie samolot nie ma zamontowanych nadajników zakłócających, gdyż ich praca demaskowałaby jego obecność. Nie wykluczone jest jednak, że istnieje możliwość ich zamontowania, by przeciwdziałać środkom, które pomimo własności *stealth* wykryją i zaatakują bombowiec.

### 3.3. Wnioski

Współczesne operacje zbrojne wytyczyły kierunki prac badawczych i wdrożeniowych w obszarze systemów walki elektronicznej sił powietrznych.

W naziemnych systemach przeciwdziałania elektronicznego prace badawcze i wdrożeniowe zmierzają w kierunku rozszerzenia częstotliwościowego zakresu pracy środków zakłócania elektronicznego, szczególnie w górnym zakresie częstotliwości, a także budowy mobilnych, zrobotyzowanych środków walki elektronicznej wyposażonych w inteligentne zestawy rozpoznawczo-zakłócające. Zakłada się, że takie zestawy powinny być bezzałogowe.

Konstrukcja tych urządzeń powinna być modułowa, co umożliwi ich montowanie na różnych środkach przenoszenia, szybszą naprawę oraz tworzenie zestawów zakłócających w zależności od aktualnych potrzeb;

Dużą uwagę w pracach badawczych przywiązuje się do zwiększenia możliwości naziemnych systemów walki elektronicznej w zakresie zakłócania szerokopasmowych emisji FH. Coraz więcej radiostacji, wykorzystywanych przez abonentów mobilnych, pracować będzie przy pomocy sygnałów szerokopasmowych FH, odznaczających się dużą odpornością na zakłócenia. Posiadanie skutecznych środków i opanowanie metod zakłócania tych sygnałów może mieć duży wpływ na obniżenie skuteczności działań prowadzonych przez przeciwnika.

Ponadto, prace badawcze i wdrożeniowe zmierzają w kierunku wprowadzenia do arsenału aktywnych środków zakłóceń elektronicznych broni elektromagnetycznej wykorzystującej impuls mikrofalowy HPM. Zakłada się, że w przyszłości może to być jedna z najskuteczniejszych broni w arsenale środków zakłócania elektronicznego.

By efektywnie wykorzystać możliwości nowo konstruowanych systemów i urządzeń walki elektronicznej niezbędne są zautomatyzowane systemy kierowania walką elektroniczną zapewniające sprawne kierowanie wszystkimi elementami ugrupowania bojowego, sterowanie systemami rozpoznania, namierzania i zakłócania oraz ściśle współdziałające z elementami rażenia ogniowego. W tym kierunku prowadzone są także intensywne prace badawcze. Wynikiem tych prac w naszych instytutach naukowo-badawczych jest projekt WOŁCZENICA.

Nie mniejszą uwagę przywiązuje się do rozwoju pasywnych środków zakłócania elektronicznego, zarówno maskujących jak i imitujących. Są to środki w miarę tanie, a odznaczają się dużą skutecznością działania, szczególnie w zakresie obniżania wiarygodności prowadzonego rozpoznania przez przeciwnika i mylenia jego środków napadu powietrznego.

W powietrznych systemach obrony indywidualnej prace badawcze i wdrożeniowe dotyczą rozwijania technologii identyfikacji zagrożeń w pełnym zakresie emisji elektromagnetycznej, podczerwieni oraz promieniowania laserowego. Kierunki rozwoju systemów przeciwdziałania elektronicznego obejmują szerokopasmowe systemy analizy i przeciwdziałania poprzez emisje różnego rodzaju zakłóceń, mylenie stacji radiolokacyjnych i uniemożliwianie trafienia kierowanym lub samonaprowadzającym się pociskiem raketowym poprzez wystrzeliwanie lub uwalnianie efektywnych pułapek i wabików oraz manewrowanie. Ważnym kierunkiem w pracach nad nowymi technologiami w WE jest integrowanie systemów obrony pokładowych samolotów bojowych i niektórych pomocniczych z systemami rozpoznania i WE wyspecjalizowanych platform powietrznych przenoszących systemy rozpoznania i zakłóceń elektronicznych.

W dziedzinie walki elektronicznej największy postęp nastąpił w dziedzinie pokładowych systemów obrony samolotów bojowych i pomocniczych. W tym drugim przypadku było to spowodowane koniecznością zabezpieczenia głównie samolotów transportowych wykonujących zadania przewozowe nad obszarami operacji reago-

wania kryzysowego, w warunkach podwyższonego zagrożenia atakiem raketowym lub artyleryjskim.

W dziedzinie wyspecjalizowanych samolotów rozpoznawczych i walki elektronicznej nie są ujawniane nowe technologie i można postawić tezę, iż od kilku lat występuje poszukiwanie nowych rozwiązań lub koncepcji systemowych. Jedną z nich jest idea łączenia na jednej platformie kilku, dotychczas usytuowanych oddzielnie podsystemów. Inne założenia przewidują szerokie użycie do walki elektronicznej samolotów bezzałogowych, które posiadałyby sensory ELINT oraz emitatory zakłóceń albo raketowe pociski samonaprowadzające się na źródła emisji elektromagnetycznej lub emisje innego rodzaju.

## ZAKOŃCZENIE

Rozwój systemów sił powietrznych jest reakcją na nowe zagrożenia i wyzwania. W odniesieniu do systemów rozpoznania i walki elektronicznej sił powietrznych nowym wyzwaniem są zagrożenia powietrzne, czyli nowe i modernizowane samoloty załogowe o zwiększonych możliwościach oraz wykonane w technologii *stealth*, szeroka gama bezzałogowych statków powietrznych o różnorodnych zastosowaniach, raketowe pociski balistyczne i skrzydlate. Zastosowanie tych środków napadu powietrznego powoduje, że coraz trudniej je wykryć, zidentyfikować i zniszczyć. Dlatego zapewnienie ich wykrycia na odległościach umożliwiających skuteczne przeciwdziałanie jest wielkim wyzwaniem dla konstruktorów systemów rozpoznania sił powietrznych. Statki powietrzne wykorzystują coraz szersze spektrum widma elektromagnetycznego. Nowe systemy przeciwdziałania elektronicznego muszą sprostać nowym wyzwaniom i być zdolne do rozpoznania i przeciwdziałania w całym zakresie częstotliwości, a jednocześnie ukrywać swoją działalność przed przeciwnikiem.

Te przesłanki spowodowały potrzebę przeprowadzenia ukierunkowanych badań naukowych w celu ustalenia tendencji rozwojowych naziemnych i powietrznych systemów rozpoznania oraz przeciwdziałania elektronicznego sił powietrznych oraz określenie na tej podstawie kierunków ich rozwoju do 2025 roku.

Badania, których rezultaty zawarte są w niniejszym opracowaniu są rozwiązaniem problemów badawczych wskazanych we wstępie. Dowiodły one, że systemy rozpoznania i przeciwdziałania elektronicznego sił powietrznych zmieniają się ewolucyjnie. Trwa ciągle udoskonalanie stosowanych urządzeń i systemów, a wprowadzenie nowych rozwiązań technologicznych i wynalazków trwa około 15-20 lat. Dlatego zespół autorski przeprowadził szerokie badania obejmujące współczesne rozwiązania w tym zakresie oraz prowadzone prace badawczo-rozwojowe. Określono, że systemy wprowadzane obecnie w przodujących państwach za 15-20 lat będą miały szerokie zastosowanie. Jednocześnie ustalono, że tylko potęgi militarne (i ekonomiczne) będą w stanie budować i wdrażać nowe systemy rozpoznania i walki elektronicznej sił powietrznych, jako całe kompleksy. Inne państwa będą partycypować w określonym i ograniczonym zakresie w budowie tych systemów.

Badania dowiodły również, że rozwój systemów rozpoznania i walki elektronicznej jest nierozdzielnie związany z rozwojem technologicznym i coraz szerszym zastosowaniem wyrafinowanych informatyki oraz innych urządzeń elektronicznych o ciągle zwiększających się możliwościach.

Wykonanie postawionych zadań badawczych umożliwiło rozwiązanie problemów naukowych i osiągnięcie celu badań. Poprzez zastosowanie różnorodnych metod badawczych osiągnięto obiektywne rezultaty dociekań naukowych. Lecz rezultaty tych badań nie są jedyne i ostateczne i będą wymagać w przyszłości dalszych analiz, ocen i propozycji.

**BIBLIOGRAFIA**

1. *Airborne Surveillance*, Sanderson system gets go-ahead from NATO, Stars and Stripes: [www.estripes.com/article.asp](http://www.estripes.com/article.asp).
2. *AJP-01(B) Allied Joint Doctrine (Allied Joint Publication – 01)*, MAS 2000.
3. *AJP-3.3 Joint Air and Space Operations Doctrine*, MAS 1999.
4. Bilski J., Polak Z., Rypulak A.: *Awionika, przyrządy i systemy pokładowe*, cz.I, WSOSP, Dęblin 1996.
5. Czekała Z.: *Parada radarów*, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 1999.
6. FM-34-25-1 Joint Surveillance Target Attack Radar System (Joint STARS), Department of the Army, Washington 1995.
7. Janczak J., Kierunki rozwoju rozpoznania i zakłócania elektronicznego, AON, Warszawa 2001
8. Kayton M., Fried W.R.: *Avionics navigation system, second edition*, John Wiley & Sons, Inc., New York 1997.
9. Kayton M., Fried W.R.: *Elektroniczne układy nawigacji lotniczej*, WKiŁ, Warszawa 1976.
10. Kornikow A, Proszłoje i nastojaszczjeje wojenno-wozdusznych sił: [www.airforce.ru](http://www.airforce.ru).
11. Matarski B., *Analiza możliwości rozpoznania radioelektronicznego z powietrza*, AON, Warszawa 1997.
12. *NATO Alliance Ground Surveillance Capability*, Paris Interoperability Experiment, SHAPE (Project VG): [www.fas.org/irp/program/collect/nato-uav-99](http://www.fas.org/irp/program/collect/nato-uav-99).
13. Naumann K., *Architektura dla AGS*, „Raport” nr 10, Warszawa 2003.
14. *Network Centric Warfare*, Department of Defense Report to Congress, Washington 2001.
15. *Paris Interoperability Experiment. NATO Alliance Ground Surveillance Capability*: [www.fas.org/irp/program/collect/nato-uav99/index](http://www.fas.org/irp/program/collect/nato-uav99/index).

16. Polak Z., Rypulak A.: *Awionika, przyrządy i systemy pokładowe*, cz.II, WSOSP, Dęblin 2000.
17. Praca zbiorowa, *Systemy elektroniczne przeznaczenia operacyjnego państw obcych*, AON, Warszawa 1998.
18. *Project Fact Files, Airborne Stand-Off Radar*, Defense Procurement Agency: [www.mod/dpa/project/astor](http://www.mod/dpa/project/astor).
19. Rybak E. F., Gruszczyński J., *Joint STARS – rewolucja na polu walki*, „Nowa Technika Wojskowa” nr 9, Warszawa 2000.
20. Sienkiewicz P., *Inżynieria systemów*, MON, Warszawa 1983.
21. Stimson G.W.: *Introduction to airborne radars, second edition*, Scitech Publishing, Inc., New Jersey 1998.
22. Sławiński R., *JSTARS – powietrzny radiolokacyjny system rozpoznania celów naziemnych i kierowania uzbrojeniem*, „Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej” nr 4, Poznań 1994.
23. *Transformation and Transition: DARPA's Role in Festering and Emerging Revolution in Military Affairs*, Volume 1 – Overall Assessment, Institute for Defense Analyses, Alexandria 2003.
24. *Transformation and Transition: DARPA's Role in Festering and Emerging Revolution in Military Affairs*, Volume 2 – Detailed Assessments, Institute for Defense Analyses, Alexandria 2003.
25. Tripak J. A., *Seeking a Triple – Threat Sensor*, Air Force Magazine 2002: [www/afa.org/magazine/nov2002/1102treat.asp](http://www/afa.org/magazine/nov2002/1102treat.asp).
26. [www.airforce-technology.com/projects/istars](http://www.airforce-technology.com/projects/istars).
27. [www.globalsecurity.org/intell/systems/images](http://www.globalsecurity.org/intell/systems/images).
28. [www.rydovoy.vif2.ru/militarizm/dokument's/analiz](http://www.rydovoy.vif2.ru/militarizm/dokument's/analiz)

