



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

AON wewn. 5054/98

JAWNE

Do użytku służbowego

Egz. Nr 20.....

Płk dr inż. Zbigniew MORDARSKI

STACJE RADIOLOKACYJNE WOJSK RADIOTECHNICZNYCH SIŁ POWIETRZNYCH RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

51178



WARSZAWA

1998

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OBRONY POWIETRZNEJ

AON wewn. 5054/98



~~Do użytku służbowego~~

Egz. nr20.....

Plk dr inż. Zbigniew MORDARSKI

STACJE RADIOLOKACYJNE WOJSK RADIOTECHNICZNYCH SIŁ POWIETRZNYCH RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

SPIS TREŚCI

Str.

WSTĘP	
1. WIADOMOŚCI OGÓLNE O RADIOLOKACJI	
1.1. Rodzaje radiolokacji	
1.2. Klasyfikacja stacji radiolokacyjnych	
1.3. Parametry stacji radiolokacyjnych	
1.3.1. Parametry taktyczne stacji radiolokacyjnych	
1.3.2. Parametry techniczne stacji radiolokacyjnych	
1.4. Parametry pola radiolokacyjnego	
2. ODLEGŁOŚCIOMIERZE RADIOLOKACYJNE	
2.1. Odległościomierze zakresu centymetrowego	
2.2. Odległościomierze zakresu decymetrowego	
2.3. Odległościomierze zakresu metrowego	
3. WYSOKOŚCIOMIERZE RADIOLOKACYJNE	
4. OBRONA RADIOELEKTRONICZNA STACJI RADIOLOKACYJNYCH	
4.1. Możliwości obezwładniania stacji radiolokacyjnych	
4.2. Przedsięwzięcia obrony radioelektronicznej stacji radiolokacyjnych	
5. KIERUNKI ROZWOJU TECHNIKI RADIOLOKACYJNEJ	
ZAKOŃCZENIE	
BIBLIOGRAFIA	
ZAŁĄCZNIKI	

WSTĘP

W skrypcie opisano w skrócie charakterystyki i możliwości taktyczne naziemnych stacji radiolokacyjnych będących w uzbrojeniu sił powietrznych. Ze względu na zakres kształcenia studentów Wydziału Wojsk Lotniczych i OP nie podano szczegółowych danych taktyczno-technicznych i eksploatacyjnych oraz budowy stacji. Dane te zawarte są w odpowiednich instrukcjach opisów technicznych i eksploatacji oraz instrukcjach pracy bojowej poszczególnych typów stacji.

W skrypcie przedstawiono również podstawowe pojęcia dotyczące podstaw radiolokacji i parametrów taktyczno-technicznych stacji radiolokacyjnych, których znajomość jest potrzebna przy rozwiązywaniu problemów taktycznych. Poruszono również kwestię obrony radioelektronicznej stacji radiolokacyjnych, co jest istotnym problemem na współczesnym polu walki.

Skrypt przeznaczony jest dla studentów i wykładowców Akademii Obrony Narodowej, Wydziału Wojsk Lotniczych i OP. Może on także służyć studentom innych specjalności zajmujących się problematyką wojsk radiotechnicznych.

Materiał teoretyczny zawarty w skrypcie może być przydatny do rozwiązywania zadań podczas organizowania i prowadzenia działań przez pododdziały i oddziały (ZT) radiotechniczne sił powietrznych w złożonych sytuacjach taktyczno-operacyjnych współczesnego pola walki.

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE O RADIOLOKACJI

Pod pojęciem radiolokacji rozumiemy dziedzinę radiotechniki wykorzystującą fale radiowe do wykrywania, określania współrzędnych i innych charakterystyk obiektów.

Obiekty obserwacji radiolokacyjnej są niezwykle różnorodne, należą do nich na przykład: statki powietrzne, okręty, opady atmosferyczne (deszcz, śnieg, grad), duże grupy przelatujących ptaków, elementy ziemi i wody. Wymienione obiekty nazywane są niekiedy celami radiolokacyjnymi.

Urządzenia radiotechniczne przeznaczone do realizacji podanych zadań nazywają się urządzeniami radiolokacyjnymi lub stacjami radiolokacyjnymi. Pracują one na falach elektromagnetycznych o długości od kilku milimetrów do kilku metrów. Średnia moc wypromieniowywanej przez nie energii, waha się od kilku watów do setek i tysięcy kilowatów. Zakres zasięgu działania urządzeń radiolokacyjnych zawiera się od kilku metrów do setek i tysięcy kilometrów.

1.1. Rodzaje radiolokacji

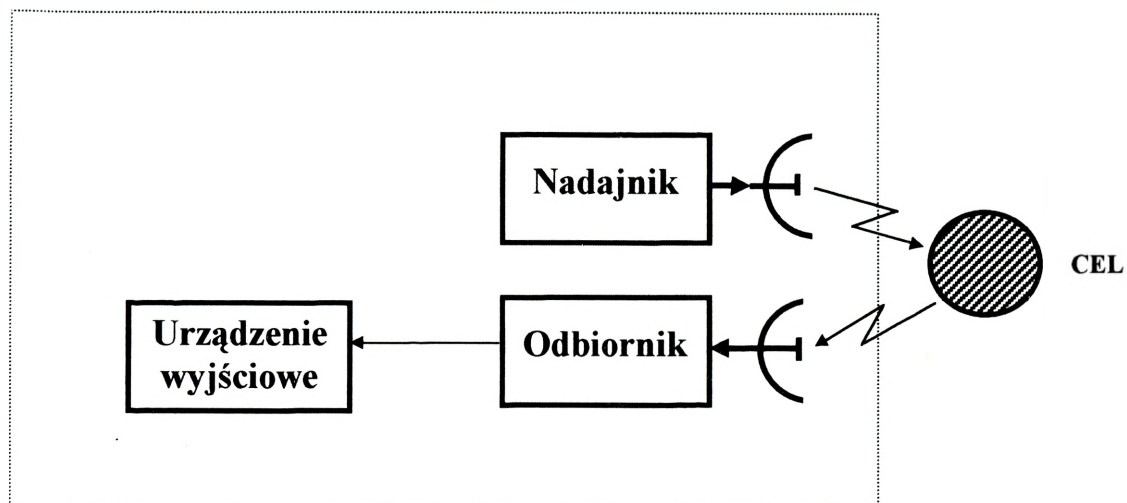
Nośnikami informacji w radiolokacji są sygnały radiowe. Sygnały te mogą być otrzymywane kilkoma sposobami. W związku z tym wyróżnia się następujące rodzaje radiolokacji:

- radiolokację aktywną z odpowiedzią pasywną;
- radiolokację aktywną z odpowiedzią aktywną;
- radiolokację półaktywną;
- radiolokację pasywną.

Radiolokacja aktywna z odpowiedzią pasywną polega na opromieniowaniu obiektu falami elektromagnetycznymi, wypromieniowywanymi przez antenę stacji radiolokacyjnej i odbiorze odbitej od niego energii (rys.1.)

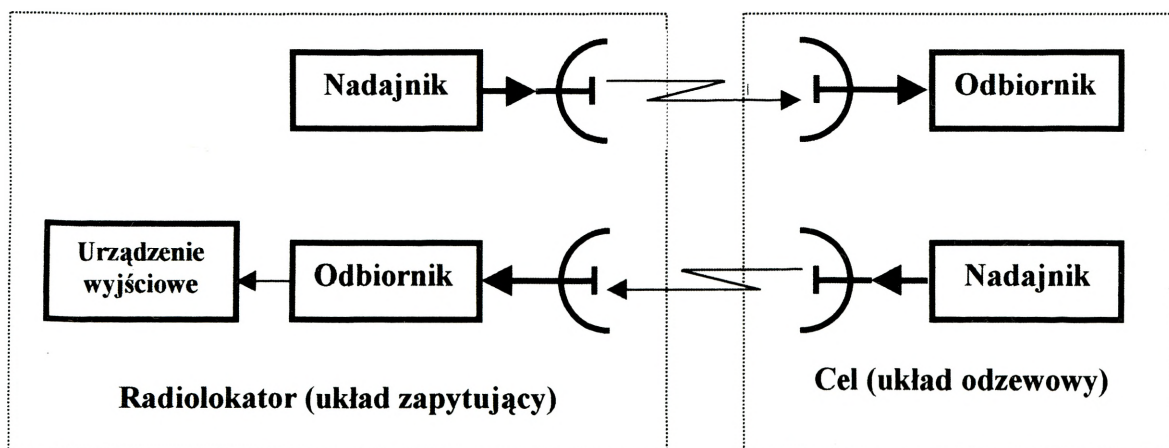
Ważną zaletą tego rodzaju radiolokacji jest to, że umożliwia ona wykrywanie obiektów, których właściwości elektryczne lub magnetyczne różnią się od właściwości otaczającego środowiska i dzięki temu odbijają fale radiowe. Ten rodzaj radiolokacji znalazł najszersze zastosowanie dla celów wojskowych, ponieważ otrzymanie informacji o położeniu

i parametrach wykrywanego obiektu jest możliwe bez konieczności instalowania na nim jakiegokolwiek aparatury "własnej".



Rys.1. Zasada działania radiolokacji aktywnej z odpowiedzią pasywną

Radiolokacja aktywna z odpowiedzią aktywną różni się tym od poprzedniej, że na obiekcie jest umieszczone urządzenie odzewowe (odpowiadające), będące stacją odbiorczo-nadawczą odpowiadającą na sygnał stacji radiolokacyjnej (rys.2.).

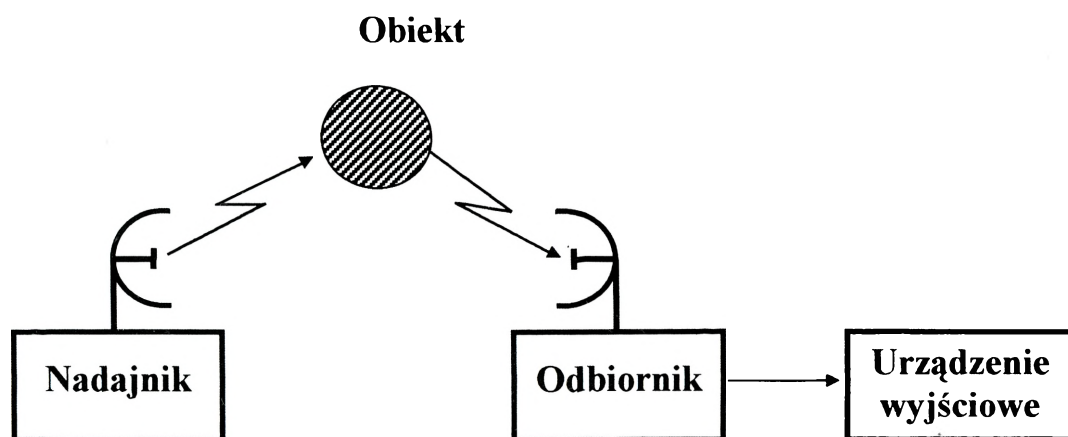


Rys.2. Zasada działania radiolokacji aktywnej z odpowiedzią aktywną.

Ten rodzaj radiolokacji znalazł zastosowanie przy śledzeniu samolotów, rakiet, sztucznych satelitów ziemi, a także ma zastosowanie w nawigacji powietrznej i morskiej. Pozwala na znaczne zwiększenie zasięgu stacji radiolokacyjnej oraz na zwiększenie pewności

otrzymania informacji, poza tym umożliwia rozpoznawanie przynależności państwowej (swoj - obcy) różnych obiektów. Polega to na tym, że specjalne urządzenia zapytujące zainstalowane przeważnie na stacjach radiolokacyjnych, wysyłają sygnały zapytujące, które są odbierane przez urządzenia odzewowe zainstalowane na samolotach własnych, okrętach i innych obiektach. Pod wpływem sygnałów zapytujących urządzenia odzewowe wysyłają odpowiedź w postaci sygnałów zakodowanych, które informują o przynależności obiektu.

Radiolokacja półaktywna polega na tym, że opromieniowanie celu odbywa się z jednej stacji (np. znajdującej się na ziemi), a wykrycie i odbiór odbitego od obiektu sygnału odbywa się przez inne urządzenia (np. znajdujące się na rakiecie) (rys.3.).

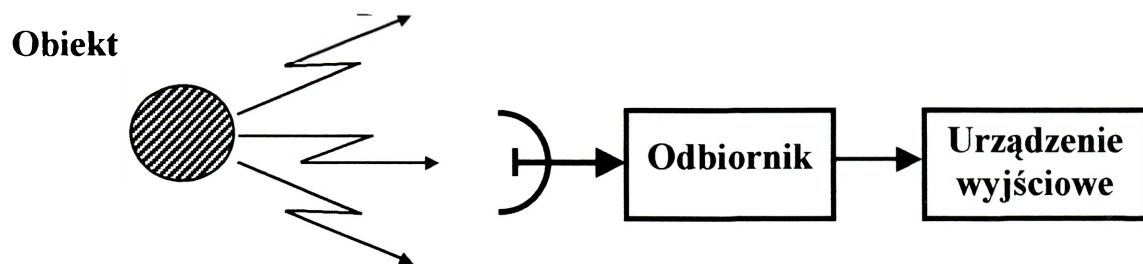


Rys.3. Zasada działania radiolokacji półaktywnej

Ten rodzaj radiolokacji stosowany jest głównie w systemach kierowania pocisków.

Radiolokacja pasywna polega na odbiorze energii wypromieniowanej przez obiekt. Z punktu widzenia radiotechniki wykrycie obiektu polega na wykrywaniu sygnału nadawanego przez ten obiekt (rys.4.).

Ten rodzaj radiolokacji znalazł zastosowanie głównie w systemach samonaprowadzania pocisków na cele promieniujące energię elektromagnetyczną oraz w systemach rozpoznania radioelektronicznego.



Rys.4. Zasada działania radiolokacji pasywnej

1.2. Klasyfikacja stacji radiolokacyjnych

Zastosowanie stacji radiolokacyjnych pozwala wykrywać i określać bieżące współrzędne obiektów na znacznych odległościach, niezależnie od warunków atmosferycznych, pory roku i doby.

Stacje radiolokacyjne można sklasyfikować w zależności od miejsca zamontowania (naziemne, samolotowe, okrętowe), zakresu fal radiowych (metrowe, decymetrowe, centymetrowe, milimetrowe) i taktycznego przeznaczenia.

Według taktycznego przeznaczenia stacje radiolokacyjne można podzielić na następujące typy:

- stacje wykrywania, których głównym zadaniem jest wykrywanie obiektów i określanie współrzędnych na możliwie dużych odległościach;
- stacje wykrywania i naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne;
- stacje radiolokacyjne pomiaru wysokości obiektów powietrznych - wysokościomierze radiolokacyjne;
- stacje naprowadzania rakiet;
- samolotowe celowniki radiolokacyjne, wykrywania, automatycznego śledzenia i przycelowania do wykrytego celu powietrznego;
- dalmierze radiolokacyjne, pozwalające na określenie odległości i względnej prędkości zbliżania się myśliwca do celu;
- samolotowe stacje radiolokacyjne, pozwalające rozwiązywać wiele zadań nawigacyjnych oraz przy zastosowaniu urządzeń przelicznikowych wykonywać

zadania bombardowania w warunkach braku widoczności celu naziemnego (nawodnego);

- radiolokacyjne wysokościomierze samolotowe;
- zapalniki radiolokacyjne stosowane w różnych pociskach i bombach sterowanych;
- stacje radiolokacyjne kierowania lądowaniem samolotów;
- stacje radiolokacyjne pracujące w systemie rozpoznawania przynależności obiektów do sił zbrojnych ("swój-obcy");
- stacje radiolokacyjne nawigacji morskiej.

Współczesne stacje radiolokacyjne pracują w szerokim zakresie fal (Tabela 1).

1.3. Parametry stacji radiolokacyjnych

Wojska radiotechniczne SP tworzą radiolokacyjny system wykrywania ŚNP i naprowadzania na nie rakiet i samolotów lotnictwa myśliwskiego. Podstawowym elementem tego systemu są stacje radiolokacyjne (odległościomierze i wysokościomierze) oraz urządzenia zautomatyzowanego dowodzenia .

Stacje radiolokacyjne charakteryzują parametry taktyczne i techniczne.

1.3.1. Parametry taktyczne stacji radiolokacyjnych

Parametrami taktycznymi stacji radiolokacyjnych nazywamy wielkości (parametry) charakteryzujące je przy wykonywaniu przez nie konkretnych zadań taktycznych.

Najważniejszymi danymi taktycznymi stacji radiolokacyjnych są:

- zakres obserwacji w odległości (w tym maksymalny zasięg);
- sektor obserwacji we współrzędnych kątowych;
- okres przeszukiwania;
- zdolność rozdzielcza (rozdzielność);
- dokładność określania współrzędnych;
- możliwości informacyjne;
- odporność na zakłócenia;
- normy wykorzystania (czas zwijania, włączania, zwijania itp.);
- klimatyczne warunki eksploatacji.

Tabela 1

PASMA CZĘSTOTLIWOŚCI PRACY STACJI R/LOK.

PASMO	CZĘSTOTLIWOŚĆ		PODSTAWOWE ZASTOSOWANIE
	GHz	cm	
UHF	$\frac{0,3-1}{100-30}$		Stacjonarne urządzenia wykrywania dalekiego zasięgu w systemach obrony.
L	$\frac{1-2}{30-15}$		Kontrola obszaru powietrznego na średnich i małych wysokościach. Wykrywanie celów naziemnych. Urządzenia stacjonarne, na pojazdach i okrętach nawodnych
S	$\frac{2-4}{15-7,5}$		Jak pasmo „L”. Możliwość umieszczenia w samolocie i zastosowania jako radiolokatora śledzącego dalekiego zasięgu.
C	$\frac{4-8}{7,5-3,7}$		Kontrola obszaru powietrznego na odległościach kilkudziesięciu km. Radiolokatory śledzące i kierujące ogniem środków p.lot. średniego zasięgu.
X	$\frac{8-12,5}{3,75-2,4}$		Jak pasmo „C”. Pokładowe urządzenia radiolokacyjne i radionawigacyjne. Radiolokatory śledzące.
K _u	$\frac{12,5-18}{2,4-1,66}$		Urządzenia pokładowe.
K	$\frac{18-26,5}{1,66-1,1}$		
K _a	$\frac{26,5-40}{1,1-0,75}$		

Δ Maksymalny zasięg

Przedział obserwacji stacji radiolokacyjnej w odległości jest określony przez maksymalny i minimalny zasięg.

Maksymalny zasięg zależy od szeregu technicznych parametrów stacji radiolokacyjnej oraz od warunków rozchodzenia się fal radiowych i parametrów obiektu.

W rzeczywistych warunkach wykorzystania stacji podlegają one przypadkowym zmianom. Dlatego maksymalny zasięg jest podawany w odniesieniu do określonego prawdopodobieństwa.

Przy opracowywaniu nowych stacji radiolokacyjnych maksymalny zasięg oraz prawdopodobieństwo jego uzyskania są ustalone na podstawie wstępnych prób. Zwykle okazuje się, że maksymalny zasięg stanowi określoną wartość dla pewnego procentu (na przykład: 90%) spośród wszystkich przeprowadzonych pomiarów.

Minimalna odległość wykrycia

Minimalna odległość wykrycia stacji radiolokacyjnej zależy od przedziału obserwacji układu antenowego w kącie położenia. Jest ona różna na poszczególnych wysokościach i wyznacza wielkość martwego stożka.

Dla naziemnych stacji radiolokacyjnych przy małych kątach położenia rzeczywiste wartości minimalnej odległości wykrycia mogą być ograniczone przez rozjaśnienie ekranu wskaźnika odbiciami od przedmiotów terenowych.

Sektor obserwacji w azymucie

Większość istniejących typów stacji radiolokacyjnych prowadzi obserwację okrężną, to znaczy określają one azymut β w przedziale od 0° do 360° .

Niektóre stacje radiolokacyjne prowadzą obserwację sektorową. Wielkość sektora obserwacji ustala się na podstawie potrzeb i założeń taktycznych.

Strefa wykrywania

Strefą wykrywania stacji radiolokacyjnej nazywa się przestrzeń, w granicach której stacja wykrywa i śledzi obiekty z założonym prawdopodobieństwem oraz określa współrzędne obiektów z wymaganą dokładnością.

Pułap ciągłej obserwacji

Pułapem ciągłej obserwacji (śledzenia) obiektów przez stację radiolokacyjną nazywamy maksymalną wysokość, na której obiekty są wykrywane na wszystkich odległościach w granicach strefy obserwacji.

Na niektórych odległościach w granicach strefy wykrywania jest możliwe wykrywanie i śledzenie obiektów na wysokościach większych niż pułap ciągłego prowadzenia przez stację.

Okres obserwacji

Okresem obserwacji stacji radiolokacyjnej nazywamy odcinek czasu, konieczny do opromieniowania wszystkich punktów przestrzeni w strefie obserwacji stacji.

Okres obserwacji określa odcinek czasu między dwoma kolejnymi pomiarami współrzędnych wykrytych obiektów. Przy współczesnych prędkościach obiektów, płynność przemieszczania zobrazowania odbić na ekranach wskaźników oraz dokładność odtworzenia trasy lotu obiektu są tym lepsze im mniejszy jest okres obserwacji.

W stacjach radiolokacyjnych z dookreśną obserwacją przestrzeni, okres obserwacji równy jest czasowi pełnego obrotu systemu antenowego.

Zdolność rozdzielcza w odległości

Zdolnością rozdzielczą stacji radiolokacyjnej w odległości nazywa się minimalny odstęp w odległości między dwoma obiektami, mającymi jednakowe współrzędne kątowe, przy którym jest jeszcze możliwa oddzielna obserwacja i pomiar odległości każdego obiektu.

Zdolność rozdzielcza w azymucie

Zdolnością rozdzielczą stacji radiolokacyjnej w azymucie nazywamy różnicę azymutów obiektów będących blisko siebie oraz znajdujących się na jednakowych odległościach i jednakowych wysokościach, przy której jest jeszcze możliwy oddzielny pomiar azymutu każdego obiektu.

Dokładność określania współrzędnych

Dokładność określania współrzędnych obiektów za pomocą stacji radiolokacyjnej ocenia się na podstawie wartości błędów pomiaru współrzędnych.

Błędy, zależnie od przyczyn ich powstawania, dzielimy na zewnętrzne i błędy aparatury oraz, zależnie od prawidłowości ich powstawania, na duże, systematyczne i przypadkowe.

Duże błędy, powstające w wyniku błędnego liczenia, mogą być łatwo wyeliminowane. Przyjmuje się, że dobrze wyszkolona obsługa stacji radiolokacyjnej nie popełnia tych błędów.

Błędy systematyczne podczas pracy stacji radiolokacyjnej zachowują stałą wartość lub zmieniają się według znanej zależności.

Błędami przypadkowymi są błędy, których nie można uniknąć. Powstają one wskutek przypadkowego charakteru wszystkich przebiegów w blokach i zespołach stacji

radiolokacyjnej, rozchodzenia się fal elektromagnetycznych, odbicia od obiektu, obserwacji ekranu itp.

Dokładność pomiaru odległości - zależy od dokładności pomiaru opóźnienia sygnału odbitego, od błędów spowodowanych nieoptymalną obróbką sygnału, od występowania nie dających się uwzględnić opóźnień sygnału w obwodach nadawczych, odbiorczych i wskaźnikowych, oraz od przypadkowych błędów pomiaru odległości powstających w urządzeniach wskaźnikowych.

Dokładność pomiaru azymutu. Przy pomiarze azymutu błędy systematyczne mogą powstać wskutek niedokładnego orientowania układu antenowego stacji radiolokacyjnej oraz w wyniku wzajemnego przesunięcia między kierunkiem ustawienia anteny a elektryczną skalą znaczników azymutu.

Zdolność informacyjna

Stacje radiolokacyjne zapewniają informację o współrzędnych wszystkich obiektów znajdujących się w strefie obserwacji stacji oraz charakterystyce obiektów i ich przynależności. Informacja otrzymana ze stacji radiolokacyjnej może być oceniana pod względem jakościowym i ilościowym.

Odporność na zakłócenia

Pod pojęciem odporności stacji radiolokacyjnej na zakłócenia rozumiemy możliwość zachowania jej parametrów taktyczno-technicznych podczas oddziaływania różnorodnych zakłóceń radioelektronicznych.

Oddziaływanie zakłóceń objawia się w obniżeniu stosunku energii sygnału do energii szumów na wejściu odbiornika stacji radiolokacyjnej. W wyniku tego obiekt jest wykrywany przez stację z przyjętym prawdopodobieństwem na mniejszych odległościach lub w ogóle nie jest wykrywany.

Ilościowe kryteria oceny odporności stacji radiolokacyjnej mogą być bardzo różne. Zwykle ocenia się odporność stacji na zakłócenia według jej zasięgu podczas oddziaływania zakłóceń.

Wskutek oddziaływania zakłóceń zasięg stacji radiolokacyjnej bez aparatury przeciwzakłóceńowej może zmniejszyć się na tyle, że w praktyce można uważać ją za całkowicie zakłóconą. Dlatego są stosowane różne sposoby zwiększania odporności stacji radiolokacyjnej na zakłócenia.

Uodpornienie stacji radiolokacyjnych na zakłócenia uzyskuje się przez:

- pracę stacji w szerokim zakresie częstotliwości;
- szybkie przestrajanie częstotliwości roboczej;
- użycie stacji wielokanałowej;
- zwiększenie potencjału energetycznego stacji;
- zmniejszenie poziomu listków bocznych charakterystyki kierunkowości anteny;
- zmianę częstotliwości powtarzania impulsów sondujących;
- zmianę polaryzacji promieniowanego sygnału;
- stosowanie specjalnych rodzajów modulacji sygnałów promieniowych;
- stosowanie specjalnych sposobów obróbki odbieranych sygnałów;
- stosowanie różnych urządzeń i układów przeciwzakłóceń w torze odbioru i obróbki sygnału.

1.3.2. Parametry techniczne stacji radiolokacyjnych

Danymi technicznymi stacji radiolokacyjnych nazywa się cały szereg wielkości charakteryzujących stacje z punktu widzenia technicznego i eksploatacyjnego.

Do najważniejszych danych technicznych należą:

- częstotliwość robocza lub zakres częstotliwości roboczych;
- moc promieniowania;
- czułość odbiornika;
- zysk anteny;
- szerokość charakterystyki kierunkowości anteny w płaszczyźnie poziomej i pionowej;
- częstotliwość powtarzania impulsów sondujących;
- prędkość obrotowa anteny;
- rodzaj zasilania i moc pobierana przez stację.

Częstotliwość robocza ma wpływ na wymiary układu antenowego przy wymaganych wartościach szerokości charakterystyki kierunkowości oraz zysku kierunkowego anteny. Stosując w stacjach radiolokacyjnych większe częstotliwości robocze można uzyskać większe dokładności określania współrzędnych i lepsze zdolności rozdzielcze.

Moc promieniowana stacji radiolokacyjnej w praktyce zawsze zależy od mocy impulsowej nadajnika. Jako moc impulsową nadajnika rozumiemy średnią moc w czasie trwania impulsu, przekazywaną z nadajnika do linii przesyłowej. Od energii impulsu nadajnika zależy zasięg stacji radiolokacyjnej.

Przy założonym czasie trwania impulsu, zwiększenie zasięgu stacji można uzyskać przez zwiększenie mocy impulsowej nadajnika.

Czułość odbiornika charakteryzuje zdolność odbierania przez niego słabych sygnałów radiowych. Liczbowo jest określana między innymi czułością rzeczywistą. Rzeczywistą czułością odbiornika jest minimalna moc sygnału doprowadzanego do wejścia odbiornika, przy której jest jeszcze zapewniony odbiór i wykrycie sygnałów odbitych z założonym prawdopodobieństwem.

Zysk kierunkowy anteny charakteryzuje właściwości kierunkowego promieniowania układu antenowego. Często zamiast zysku kierunkowego anteny jest używany termin, zysk energetyczny anteny, nazywany krótko zyskiem. Zasięg stacji radiolokacyjnej w dużym stopniu zależy od zysku energetycznego anteny. W celu zwiększenia zysku energetycznego często zwiększa się wymiary anten.

Częstotliwość powtarzania impulsów sondujących powinna być taka, aby przy założonej prędkości przeszukiwania przestrzeni, liczba impulsów opromieniowujących obiekt była wystarczająca do wykrycia obiektu z założonym prawdopodobieństwem.

Częstotliwość powtarzania impulsów wpływa na zdolność rozdzielczą toru odbiorczo-wskaźnikowego, a tym samym - na widzialność sygnału na ekranach wskaźników.

1.4. Parametry pola radiolokacyjnego

Każda stacja radiolokacyjna tworzy w przestrzeni powietrznej strefę wykrywania. Jest to bryła przestrzenna, wewnątrz której prawdopodobieństwo wykrycia obiektu powietrznego o określonej skutecznej powierzchni odbicia jest nie mniejsza niż określają parametry danej stacji. Ogół stref wykrywania wszystkich stacji radiolokacyjnych tworzy pole radiolokacyjne. Ciągłość zapewniają mu wzajemne stykanie lub przenikanie stref wykrywania. Polem radiolokacyjnym jest przestrzeń powietrzna, w granicach której energia elektromagnetyczna emitowana przez stacje radiolokacyjne zapewnia wykrywanie, śledzenie i określanie charakterystyk obiektów powietrznych z prawdopodobieństwem nie mniejszym niż ustalone dla omawianego systemu.

Podstawowymi parametrami pola radiolokacyjnego są:

- granica pola radiolokacyjnego na rozpatrywanej wysokości;
- wysokość dolnej granicy pola radiolokacyjnego;
- wysokość górnej granicy pola radiolokacyjnego;
- współczynnik przekrycia (warstwowości) pola radiolokacyjnego w danym punkcie.

Powyższe parametry wykorzystuje się do oceny możliwości pododdziałów, związków taktycznych i całości wojsk radiotechnicznych OP, a także innych obliczeń i kalkulacji operacyjno-taktycznych.

Granica pola radiolokacyjnego na rozpatrywanej wysokości jest obwiednią otrzymaną z przecięcia pola umowną płaszczyzną równo oddaloną od powierzchni ziemi (morza) we wszystkich punktach. Przy określaniu granicy pola radiolokacyjnego na małych wysokościach wysokość płaszczyzny przecinającej określa się w stosunku do rzeźby terenu.

Wysokość dolnej granicy pola radiolokacyjnego (H_d) jest najmniejsza wysokość mierzona od powierzchni (rzeźby) terenu, na której przynajmniej jeden pododdział danego ugrupowania może wykrywać i ciągle prowadzić obiekty powietrzne.

Wysokość górnej granicy pola radiolokacyjnego (H_g) jest największa wysokość mierzona względem poziomu morza, na której przynajmniej jeden pododdział danego ugrupowania może wykrywać i ciągle prowadzić obiekty powietrzne.

Przy tworzeniu ugrupowania bojowego WRT dąży się do tego, aby wysokość dolnej granicy pola radiolokacyjnego była mniejsza lub równa najmniejszej możliwej wysokości lotu środków napadu powietrznego względem terenu w danym rejonie.

Powyżej górnej i poniżej dolnej granicy pola radiolokacyjnego istniejące pole radiolokacyjne umożliwia wykrywanie i krótkotrwałe śledzenie obiektów powietrznych, ale nie zapewnia ciągłości ich śledzenia. Ma ono jednak istotne znaczenie z uwagi na możliwość wykrycia obiektów powietrznych przed ich wejściem w przestrzeń ciągłego pola radiolokacyjnego, zwłaszcza na małych wysokościach, przy zakłóceniach i wykrywaniu celów o małej skutecznej powierzchni odbicia.

Współczynnik przekrycia (warstwowości) pola radiolokacyjnego (K_p) w danym punkcie jest wartością liczbową, która wskazuje, ile stref wykrywania posterunków radiolokacyjnych w tym punkcie zachodzi na siebie i wzajemnie przenika. Charakteryzuje on wielowarstwowość pola w każdym punkcie przestrzeni. Wzrost wartości tego współczynnika w granicach od 1 - 3 zwiększa prawdopodobieństwo wykrycia i śledzenia celów powietrznych. Dalsze jego powiększenie wywołuje jednak niekorzystny wzrost równoległego napływu informacji. Dlatego przy tworzeniu ugrupowania bojowego WRT kilkakrotnie

przekrycie pola radiolokacyjnego uważa się za wystarczające, gdyż zapewnia to niezawodne wykrycie i śledzenie obiektów powietrznych.

W płaszczyźnie pionowej pole radiolokacyjne może być jedno- lub dwu- warstwowe. Pole jednowarstwowe w całym ustalonym przedziale wysokości tworzą stacje radiolokacyjne o podobnych parametrach taktyczno-technicznych. Sposób ten niekiedy wykorzystuje się do tworzenia radiolokacyjnych stref uprzedzania w poszczególnych rejonach kraju. Na wysokościach średnich i dużych pole to może mieć jednak współczynnik przekrycia o wartości powyżej 10, co bardzo utrudnia zbieranie, analizę i opracowanie informacji radiolokacyjnej na stanowiskach dowodzenia. Między innymi obecny system radiolokacyjny OP jest oparty na polu dwuwarstwowym.

W polu dwuwarstwowym pierwszą warstwę (od dolnej granicy do wysokości 2500-3000 m.) tworzą stacje radiolokacyjne terenowych kompanii radiotechnicznych oraz wydzielone stacje kompanii miejscowych. Drugą warstwę pola (od wysokości 2000 - 2500 m. do górnej granicy) tworzą pozostałe stacje radiolokacyjne miejscowych kompanii radiotechnicznych. Dolna i górna granica warstw tych pól zależą od typu stacji radiolokacyjnych i przyjętego ugrupowania bojowego batalionu. Im mniejszy jest rejon ugrupowania bojowego batalionu, tym mniejsza jest wysokość górnej granicy pierwszej warstwy pola radiolokacyjnego i odwrotnie.

Z uwagi na walory taktyczne dwuwarstwowe pole radiolokacyjne jest bardzo przydatne, a ze względów ekonomicznych - oszczędniejsze od pola jednowarstwowego. Szczególnie korzystne właściwości tego pola ujawniają się przy znacznie rozbudowanej obronie powietrznej na małych i bardzo małych wysokościach.

Oprócz struktury przestrzennej pole radiolokacyjne charakteryzuje również określona struktura częstotliwości. Pod tym względem pole może być jedno- lub wieloczęstotliwościowe. Pole wieloczęstotliwościowe odznacza się większą odpornością na zakłócenia radiolokacyjne i umożliwia lepsze wykorzystanie warunków rozprzestrzeniania się fal różnych zakresów. Praktycznie WRT tworzą trójczęstotliwościowe pole radiolokacyjne z wykorzystaniem stacji metrowego, decymetrowego i centymetrowego zakresu fal.

Istotny wpływ na strukturę pola radiolokacyjnego i wartość jego parametrów wywierają zakłócenia. W warunkach zakłóceń radioelektronicznych parametrami pola radiolokacyjnego są:

- granica pola namiaru na określonej wysokości;
- wysokość dolnej granicy pola namiaru;
- wysokość górnej granicy pola namiaru.

Odporność pola radiolokacyjnego na zakłócenia ocenia się na podstawie obliczonych parametrów pola danego ugrupowania WRT przy przewidywanej intensywności zakłóceń. Parametry pola w warunkach zakłóceń określa się na podstawie stref wykrywania poszczególnych pododdziałów ugrupowania, przy oddziaływaniu zakłóceń o ustalonej widmowej gęstości mocy. Po obliczeniu i wykreśleniu stref informacji dla każdego pododdziału sporządza się przekroje pola radiolokacyjnego pododdziału lub ugrupowania dla różnych wysokości, po czym określa się wysokość górnej i dolnej granicy oraz granicę zasięgu pola między tymi wysokościami.

Wartości parametrów pola radiolokacyjnego ugrupowania przy zakłóceniach (obliczonych dla kilku rubieży) wykorzystuje się do ujawnienia obszarów o najniższych parametrach pola, stref, w których jego ciągłość może być naruszona, i rejonów, gdzie dolna i górna granica pola odbiega od wartości wymaganej.

2. ODLEGŁOŚCIOMIERZE RADIOLOKACYJNE

Stacje radiolokacyjne będące w uzbrojeniu SP, za pomocą których można określić azymut, odległość, liczbę samolotów w grupie (orientacyjnie), przynależność obiektów powietrznych ("swój-obcy") za pomocą "aparatury rozpoznania" wchodzącej w skład stacji radiolokacyjnych, a także śledzić własne myśliwce przy wykorzystaniu aparatury "odpowiedzi czynnej", nazywane są odległościomierzami radiolokacyjnymi. Stacje te, w zależności od możliwości taktyczno-technicznych i przeznaczenia są wykorzystywane do wykrywania i naprowadzania oraz wykrywania i śledzenia obiektów powietrznych.

Stacje radiolokacyjne wykrywania i naprowadzania przeznaczone są, w zasadzie, do prowadzenia rozpoznania przeciwnika powietrznego, określania bieżących współrzędnych obiektów powietrznych oraz do naprowadzania własnych samolotów na cele powietrzne lub w rejon celu naziemnego. Stacje tego typu posiadają zasięg wykrywania obiektów powietrznych średnio na odległość ponad 200 km, zapewniają dużą dokładność określania bieżących współrzędnych obiektów powietrznych oraz dookreśną obserwację własnej strefy wykrywania.

Dla zapewnienia możliwości naprowadzania własnych samolotów myśliwskich na cele powietrzne przeciwnika, stacje radiolokacyjne powinny określać azymut, odległość i wysokość każdego wykrytego celu radiolokacyjnego oraz własnych samolotów znajdujących się w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnych. Odległościomierze radiolokacyjne określają dwie współrzędne - azymut i odległość do obiektu powietrznego. Do określania trzeciej współrzędnej wysokości lotu obiektu powietrznego, stosowane są wysokościomierze radiolokacyjne. Jeden wysokościomierz lub kilka wysokościomierzy wraz z odległościomierzem radiolokacyjnym tworzą zestaw radiolokacyjny przeznaczony do wykrywania i naprowadzania własnych samolotów na cele przeciwnika.

Stacje radiolokacyjne wykrywania przeznaczone są do prowadzenia rozpoznania obiektów, określania azymutu i odległości, przynależności i składu obiektów. Na stacjach tych nie można określać wysokości, dla określania wysokości lotu obiektu powietrznego stacje te również wyposaża się w wysokościomierze radiolokacyjne.

Niektóre stacje radiolokacyjne będące na wyposażeniu SP są trójwspółrzędne, to znaczy określają azymut, odległość i wysokość obiektu powietrznego.

Wojska radiotechniczne SP posiadają odległościomierze pracujące w zakresie fal centymetrowych, decymetrowych i metrowych.

2.1. Odległościomierze zakresu centymetrowego

Zestaw radiolokacyjny K-66 przeznaczony jest do wykrywania, śledzenia i rozpoznawania obiektów powietrznych, radiolokacyjnego zabezpieczenia naprowadzeń samolotów myśliwskich na cele powietrzne, wskazywania celów wojskom raketowym oraz przekazywania informacji radiolokacyjnej dla zautomatyzowanych systemów dowodzenia.

Zestaw pozwala określić: trzy współrzędne obiektu (azymut, odległość i wysokość); przynależność obiektu powietrznego ("swoj-obcy") i średni azymut zakłóceń. W skład zestawu wchodzi:

a). Zespół dwóch odległościomierzy, a w zespole:

- dwie kabiny obrotowe antenowe z zamontowanymi wewnątrz nadajnikami i odbiornikami;
- dwie przyczepy z zamontowanymi wewnątrz modulatorami nadajników;
- przyczepa z aparaturą obróbki sygnałów oraz aparaturą sterowania i wybierania rodzaju pracy kanałów odbiorczych;
- przyczepa z aparaturą zobrazowania informacji od własnych odległościomierzy i innych stacji radiolokacyjnych;
- przyczepa z częściami zapasowymi i aparaturą kontrolno-pomiarową.

b). Dwa wysokościomierze PRW-13 w składzie:

- dwie kabiny nadawczo-odbiorcze wysokościomierzy;
- dwie przyczepy z aparaturą synchronizacji i przeciwwzakłóceńową.

Ze stacją K-66 mogą współpracować maksymalnie cztery PRW-13.

c). Zespół energetyczny w składzie:

- przyczepa - rozdzielnia napięcia;
- przyczepa - zespół pięciu przetwornic;
- trzy przyczepy ESD-200 - na każdej dwa zespoły prądotwórcze;
- dwie przyczepy - na każdej zespół prądotwórczy AD-200-TSP i zespół prądotwórczy AD-30-T/400.

Stacja K-66 jest bez środków ciągu. Do przewozu stacji niezbędnych jest 21 ciągników do holowania oraz 11 ciągników do przewozu elementów zestawu, znajdujących się w

kontenerach bądź w skrzyniach. Do transportu kolejowego potrzeba 23 wagony. Transport kolejowy K-66 nie mieści się w skrajni.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$, w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000	54000
Zasięg Stacji (km)	42	70	85	120	245	320	380	380

b). Zakres fal: centymetrowy.

c). Liczba kanałów: w każdym odległościomierzu dwa kanały na dwóch kierunkach. Razem podstawowych kanałów odbiorczych w zestawie jest 8, natomiast kanałów pomocniczych AKP i KLB w zestawie jest 16.

d). Moc w impulsie jednego odległościomierza: $P_i = 2,2 \text{ MW}$.

e). Czas trwania impulsu: $5 \mu\text{s}$ i $2,5 \mu\text{s}$ (stosowane w celu zwiększenia rozróżnialności).

f). Prędkość obrotów anteny: 3 lub 6 obr./min.

g). Dokładność określania współrzędnych obiektu powietrznego:

- odległości: $\pm 1000 \text{ m}$;
- azymutu: $\pm 0,8$.

h). Rozróżnialność:

- w odległości: 2000 m na podzakresie 300 km;
1750 m na podzakresie 200 km;
- w azymucie: 1° .

i). Aparaturę nadawczo-odbiorczą stacji nie można przestroić na inną częstotliwość.

j). Układy przeciwzakłóceniamiowe:

- do eliminacji zakłóceń pasywnych: TES, ZARW, NARW;
- do eliminacji zakłóceń aktywnych: SZARW, RC, KLB, TZN.

k). Czas włączenia: 6 minut.

l). Pobór mocy: z sieci 400 Hz do 300 kW (w praktyce około 210 kW);
z sieci 50 Hz do 120 kW (w praktyce około 90 kW).

ł). Czas zwijania i rozwijania: około 32 h. Rzeczywisty czas: 4 doby na przygotowanej pozycji płaskiej (przy pełnej obsadzie etatowej zestawu z wykorzystaniem dwóch dźwigów na samochodach o udźwigu 6 t.).

Stacja może współpracować z: RLS 5N84 "OBRONA", P-14F i P-18 poprzez zobrazowanie na dowolnym wskaźniku w przyczepie z aparaturą zobrazowania informacji od własnych odległościomierzy oraz współpracujących wysokościomierzy i innych RLS; obiektami automatyzacji WP-01M; WP-02M; WP-04M; WP-15M; ASPD; RPT-21; RPT-11; APN oraz wskaźnikiem wyośnym "STRZAŁA" i radiolinią RL-30 "FAZA".

Przyczepy z aparaturą zobrazowania informacji, z aparaturą obróbki sygnałów oraz aparaturą sterowania i wybierania rodzaju pracy kanałów odbiorczych, mają układy aparatury filtrowentylacyjnej zabezpieczającej obsługę przed skażeniem.

Stacja zabezpieczona jest przed pociskami samonaprowadzającymi się. Zabezpieczenie kanałów odległościomierza przed pociskami samonaprowadzającymi uzyskuje się zmianami w promieniowaniu energii przez nadajniki zestawu.

Istnieją następujące rodzaje sterowania promieniowaniem:

- SEKTOR I - nadajnik nie generuje w dowolnym sektorze o szerokości od 0° do 160°;
- SEKTOR II - nadajnik generuje w dowolnym sektorze o szerokości od 0° do 160°;
- CYKLICZNY I - nadajnik generuje na przemian: jeden obrót anteny - generuje, jeden obrót anteny - nie generuje;
- CYKLICZNY II - nadajnik generuje na przemian: dwa obroty anteny - generuje, dwa obroty anteny - nie generuje;
- CZASOWE WYŁĄCZENIE - nadajnik nie generuje raz na obrót, na okres 0,51 s (18°);
- ŁĄCZNY - łączenie dowolnego rodzaju cyklicznego w sektorach;
- ZMIENNY IMPULS SPUSTOWY - zmiana częstotliwości powtarzania co 5 s.

Stacja może być uruchamiana impulsem wyzwalającym wewnętrznym lub zewnętrznym do urządzeń sprzęgniętych z systemem.

W zależności od warunków wykrywania obiektów powietrznych wyróżnia się następujące rodzaje zobrazowania sygnałów echa:

- rodzaj amplitudowy (bez zakłóceń);
- rodzaj amplitudowy z automatycznym przełączeniem na rodzaj zabezpieczenia przed zakłóceniami pasywnymi w czasie ich oddziaływania;
- rodzaj zabezpieczenia przed zakłóceniami pasywnymi.

W każdym z wyżej wymienionych podstawowych rodzajów mogą występować rodzaje uzupełniające, pozwalające zabezpieczać przed zakłóceniami aktywnymi szumowymi, impulsami nie synchronicznymi, odbiciami od przedmiotów terenowych itd.

Stacja posiada cztery wskaźniki radiolokacyjne typu IP-06 o średnicy 40 cm. Jeden wskaźnik o przeznaczeniu: włączania i wyłączania zestawu; wyboru rodzajów pracy; kontroli parametrów aparatury; nadzoru nad pracą operatorów. Dwa wskaźniki operatorów i jeden wskaźnik dowódcy stacji do kontroli pracy operatorów.

Zakresy podstaw czasu tych wskaźników: 100, 200, 300, 400 i 600 km. Przy pracy na zakresie 600 km nie pracują układy TES oraz TASZ i jest ograniczona możliwość wykorzystania układu TZN.

Stacja radiolokacyjna P-37 (Rys.5) jest przeznaczona do wykrywania, rozpoznawania i śledzenia obiektów powietrznych, naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne i wskazywania celów powietrznych wojskom raketowym.

Stacja zabezpiecza: wykrywanie obiektów powietrznych w przedziałach strefy widzialności oraz określanie azymutu i odległości; określanie przynależności "swój-obcy", obiektów powietrznych; wykrywanie oraz określanie azymutu i odległości własnych samolotów wyposażonych w urządzenia odzewowe aktywnej odpowiedzi; określanie średniego azymutu obiektu stosującego zakłócenia aktywne szumowe; określanie azymutu i odległości oraz charakterystyk wybuchów jądrowych.

W skład stacji wchodzi: przyczepa z aparaturą nadawczo-odbiorczą (na zewnątrz przyczepy zamontowany jest układ antenowy); wóz z aparaturą wskaźnikową; przyczepą z aparaturą zabezpieczenia przed zakłóceniami i synchronizacji; dwie przyczepy z zespołami prądotwórczymi do zasilania stacji P-37; dwie przyczepy z zespołami prądotwórczymi do zasilania radiolinii RL-30 "FAZA"; przyczepa z przetwornicą WPL-30; ciągnik gąsienicowy ATS; aparatura punktu odbiorczego radiolinii RL-30 "FAZA" w kontenerach oraz sprzęt pomocniczy zamontowany wewnątrz stacji; naziemne radiolokacyjne urządzenie zapytujące NRZ, część nadawcza radiolinii RL-30 "FAZA" i aparatura BAOBAB.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych:

- zasięg wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1\text{m}^2$, w zależności od wysokości ich lotu:

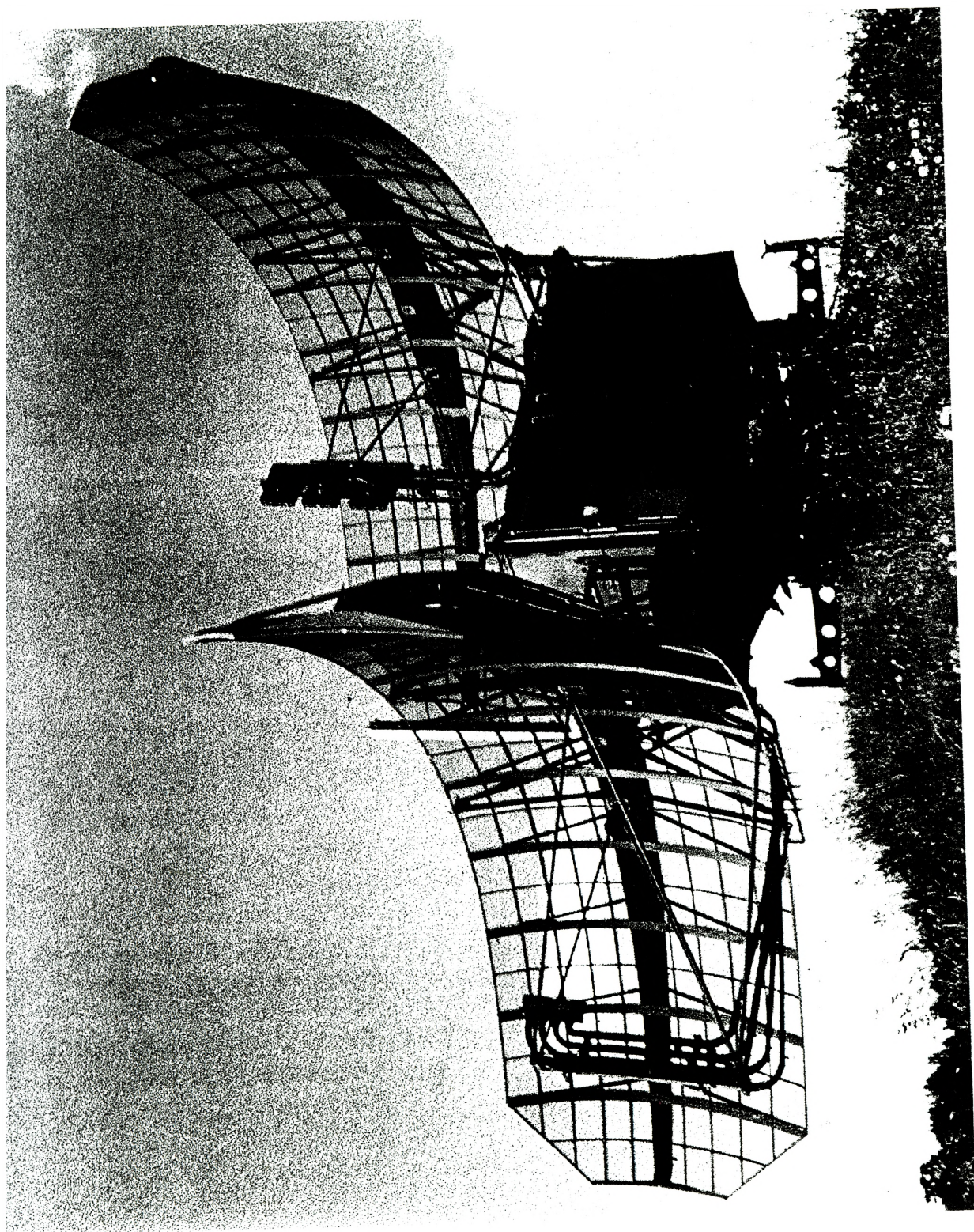


Рис. 5 Станция радиолокационная Р-37

Wysokość lotu (m)	200	300	400	500
Zasięg stacji (km)	35	40	45	50

- zasięg wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 0,3\text{m}^2, 1\text{m}^2, 10\text{m}^2$, w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	Odległości wykrywania (km)		
	$\delta = 0,3\text{m}^2$	$\delta = 1,0\text{m}^2$	$\delta = 10\text{m}^2$
500	35	50	60
1000	50	80	100
5000	75	150	210
10000	135	180	250
20000	-	-	240 z przerwami

- pułap wykrywania przez stację P-37, obiektów powietrznych w zależności od skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 0,3\text{m}^2, 1\text{m}^2$ i 10m^2 :

Skuteczna powierzchnia odbicia (m^2)	0,3	1,0	10
Pułap wykrywania (m)	13000	18000	25000

Górny pułap wykrywania: 18 km

b). Charakterystyka promieniowania: szerokość w płaszczyźnie poziomej: $1,5^\circ$; szerokość w płaszczyźnie pionowej: od $0,5^\circ$ ÷ 28° . Istnieje możliwość pochylenia charakterystyki dla anteny górnej w zakresie $\pm 4,5^\circ$, a dla anteny dolnej $4,5^\circ$ w górę i $7,5^\circ$ w dół.

c). Zakres fal: centymetrowy.

d). Liczba kanałów: stacja ma 5 kanałów. Każdy kanał kształtuje odpowiedni listek charakterystyki antenowej.

e). Moc w impulsie jednego kanału: $P_i = 700\text{ kW}$.

f). Prędkość obrotów anten: $n = 3\text{ obr/min}$ i 6 obr/min .

g). Dokładność określania współrzędnych: odległości - $\pm 500\text{ m}$; azymutu - $\pm 0,5^\circ$.

h). Rozróżnialność: w odległości - 500 m, w azymucie - 1°.

i). Możliwość przestrajania aparatury nadawczo-odbiorczej: stacja nieprzestrajalna, każdy kanał pracuje na stałej (ustalonej) częstotliwości.

j). Układy przeciwzakłóceniami:

- do eliminacji zakłóceń aktywnych: SZARW i regulacja wzmocnienia - układ przeznaczony do zwalczania zakłóceń szumowych o słabej intensywności; FILTR-N - układ przeznaczony do eliminacji zakłóceń niesynchronicznych;

- do eliminacji zakłóceń pasywnych: TES - układ eliminujący następujące zakłócenia: przedmioty miejscowe, chmury pasków folii, chmury atmosferyczne; POLARYZACJA KOŁOWA - układ eliminujący zakłócenia bierne, np. chmury.

Stacja ma dodatkowe układy: NAMIERZANIA - do określania azymutu obiektu stosującego zakłócenia; zespół BU-1 KOMUTATOR-35 - układ zabezpieczający stację przed pociskami samonaprowadzającymi. Polega to na: zmianie częstotliwości powtarzania w każdym obrocie anteny; promieniowaniu co drugi obrót anteny; promieniowaniu w każdym obrocie anteny w określonym regulowanym sektorze; promieniowaniu co drugi obrót anteny w określonym sektorze.

k). Czas włączenia: 7 minut.

l). Zasilanie stacji: z zespołu prądowórczego lub z sieci 3 x 220 V, 50 Hz i 3 x 220 V, 400 Hz. Pobór mocy $P = 75$ kW.

ł). Rezerwowanie aparatury: stacja ma zestaw bloków zapasowych do wozu wskaźnikowego oraz przyczepy zabezpieczenia i synchronizacji.

m). Czas zwijania i rozwijania: załoga 6 osobowa zwija i rozwija sprzęt w ciągu 8 h.

n). Dopuszczalne prędkości transportu: po drogach o twardej i gładkiej nawierzchni: 35 ÷ 40 km/h; po drogach polnych: 20 km/h; po bezdrożach: 10 km/h.

Możliwości bojowe:

Stacja ma możliwości współpracy z urządzeniami zewnętrznymi takimi jak: P-18, PRW-13, PRW-16, może być sprzęgnięta ze wszystkimi obiektami automatyzacji będącymi w uzbrojeniu SP, a także z aparaturą przyrządowego naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne.

W zależności od warunków wykrywania obiektów powietrznych przewidziano następujące rodzaje pracy stacji: amplitudowy (z liniową polaryzacją); amplitudowo-koherentny; koherentny; selekcji polaryzacji.

W amplitudowym rodzaju pracy z liniową polaryzacją zabezpiecza się maksymalną odległość wykrywania obiektów powietrznych.

Amplitudowo-koherentny rodzaj pracy jest podstawowy. Można w tym rodzaju pracy regulować płynnie promień strefy koherentnego rodzaju pracy na wskaźnikach obserwacji okrężnej w zależności od rodzaju impulsu spustowego.

W koherentnym rodzaju pracy odległość wykrywania obiektów powietrznych zmniejsza się od 20 % do 25 % w porównaniu do amplitudowego rodzaju pracy.

W rodzaju pracy "selekcja polaryzacji" osłabiają się zobrazowania meteorologiczne. Ten rodzaj pracy może być stosowany w zależności od miejsca znajdowania się zakłóceń meteorologicznych. W tym rodzaju pracy odległość wykrywania obiektów powietrznych zmniejsza się o 30 % w stosunku do rodzaju pracy bez selekcji.

Stacja posiada trzy wskaźniki w tym: dwa wskaźniki obserwacji okrężnej typu "P", jeden wskaźnik azymut odległości typu "W".

Stacja radiolokacyjna RT-17 (Rys.6.) wyposażona jest w układ rozpoznawczy NRZ, urządzenie aktywnej odpowiedzi BAOBAB i układy przeciwzakłóceniami, przeznaczona jest do wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów powietrznych na małych i bardzo małych wysokościach. Stacja określa dwie współrzędne (azymut, odległość).

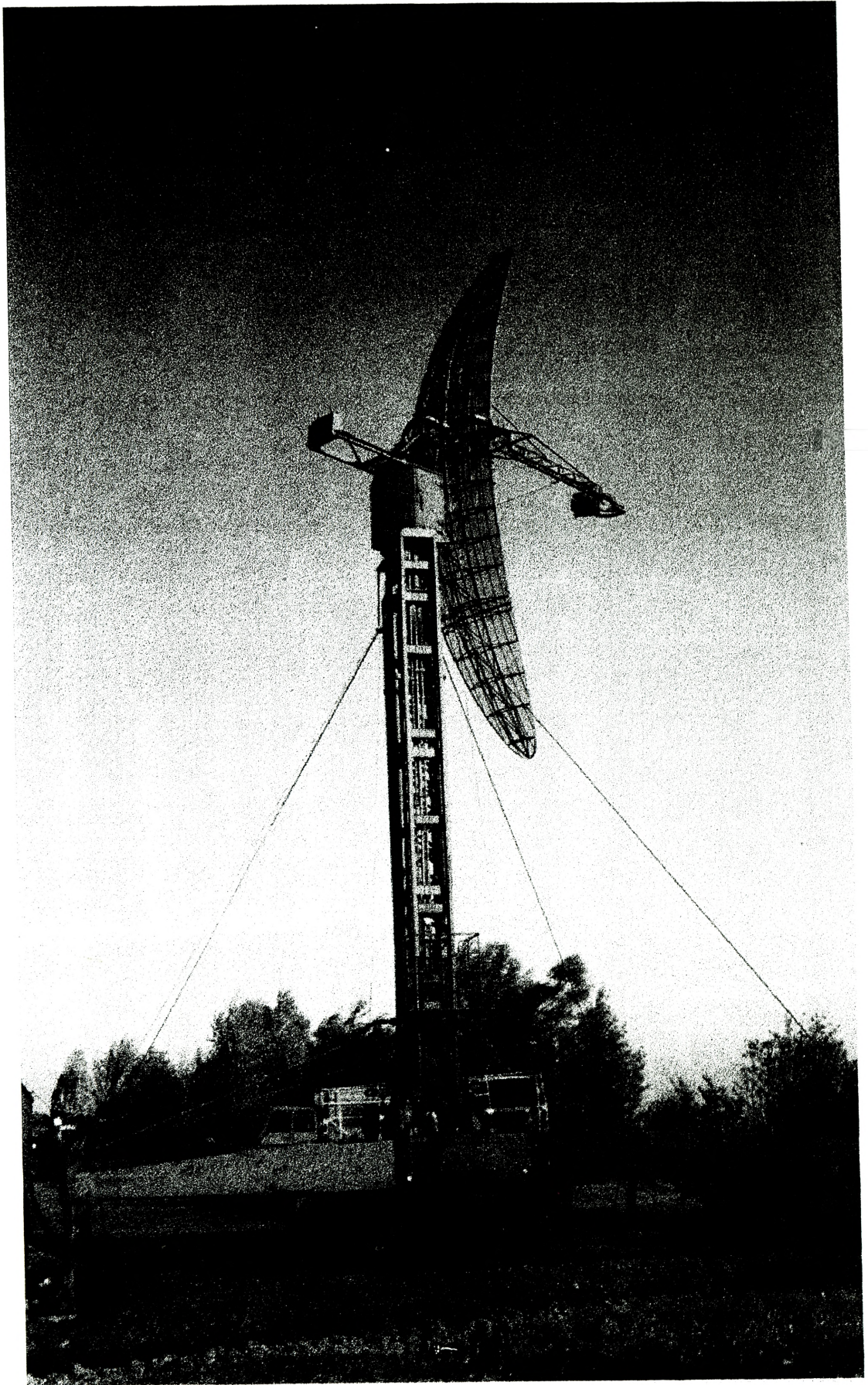
W skład stacji wchodzi: wóz nr 1 - z aparaturą nadawczo-odbiorczą i wskaźnikiem typu "P"; wóz nr 2 z zespołami prądotwórczymi (dwa zespoły prądotwórcze); przyczepa specjalna do przewozu masztu antenowego; przyczepa do przewozu elementów anteny.

Podczas transportu drogowego wóz nadawczo-odbiorczo-wskaźnikowy holuje przyczepę ze zwiniętym masztem antenowym, a wóz zasilania przyczepę do przewozu elementów anteny.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	50	100	200	300	400	500	1000	1500	2000
Zasięgi stacji (km)	43	50	65	70	80	90	100	115	120



Rys.6. Stacja radiolokacyjna RT-17

Zasięgi wykrywania rakiety, której $\delta = 0,3 \text{ m}^2$

Wysokość lotu (m)	50	100	200	300	400	500	1000	1500	2000
Zasięgi stacji (km)	32	37	48	55	59	67	74	85	89

- b). Zakres fal: centymetrowy.
- c). Liczba kanałów: stacja jednokanałowa z podziałem mocy.
- d). Moc w impulsie: $P_i = 700 \text{ kW}$.
- e). Prędkość obrotowa anteny: $n = 6 \text{ obr./min.}$ i 12 obr./min.
- f). Dokładność określania współrzędnych: w odległości - $\pm 300 \text{ m}$; w azymucie - $\pm 1,5^\circ$.
- g). Rozróżnialność: w odległości - 500 m ; w azymucie - 3° .
- h). Możliwości przestrajania aparatury nadawczo-odbiorczej: stacja nieprzestrajalna, inną częstotliwość pracy można uzyskać poprzez zmianę typu magnetronu w nadajniku. Czas konieczny na wymianę magnetronu i przestrojenie odbiornika wynosi około 1 godziny.
- i). Układy przeciwzakłóceniamiowe:
 - do eliminacji zakłóceń aktywnych stosuje się: SZOW - szerokopasmowy wzmacniacz - ogranicznik - wąskopasmowy wzmacniacz. Jest to układ eliminujący zakłócenia impulsowe o bardzo małym czasie trwania; KORELATOR - układ eliminujący zakłócenia niesynchroniczne; INTERGRATOR - układ eliminujący zakłócenia niesynchroniczne oraz poprawiający stosunek sygnału do szumu; LOG - układ logarytmiczny eliminujący zakłócenia przesterowujące odbiornik; SZARW - układ eliminujący zakłócenia szumowe;
 - do eliminowania zakłóceń pasywnych stosuje się: TES cyfrowy (koherentny i autokoherentny); CFAR - cyfrowy układ utrzymania stałego poziomu fałszywego alarmu.
- j). Czas włączenia: 8 minut.
- k). Zasilanie: z dwóch zespołów prądotwórczych typu PAD-36-3/400 lub sieci $3 \times 380 \text{ V}$, 50 Hz . Pobór mocy 15 kW .
- l). Czas zwijania i rozwijania: po 90 minut.
- ł). Dopuszczalne prędkości transportowe: po drogach o twardej i równej nawierzchni do 50 km/h ; po drogach o twardej i zniszczonej nawierzchni do 30 km/h ; po drogach polnych do 15 km/h ; po bezdrożach do 6 km/h .

Stacja ma układy umożliwiające niezależne przesyłanie danych o wykrytych obiektach do aparatury "WOZDUCH", "DUNAJEC", "FAZA". Tablica wyjściowa, przeznaczona do

współpracy zapewnia możliwość przyłączenia trzech urządzeń zewnętrznych, z którymi jest przewidziana współpraca.

Stacja posiada dwa wskaźniki obserwacji okrężnej. Jeden ze wskaźników traktowany jest jako wskaźnik wynośny. Może być wynoszony na odległość do 500 m. Z wynośnego wskaźnika można w pełni sterować pracą stacji.

Posiada następujące rodzaje pracy: LIN (liniowy), LOG (logarytmiczny), KOHO (koherentny), A-KOHO (autokoherentny).

We wszystkich rodzajach pracy: "LIN", "LOG", "A-KOHO" jest możliwość włączenia następujących układów: "KORELATOR", "INTEGRATOR", "CZAB" (wizja czarno-biała) i "OKNO" do określania przedziałów wysokości.

Stacja pracuje na zasadzie impulsowej monoimpulsu amplitudowego. Istotnymi funkcjonalnymi układami charakterystycznymi dla takiego systemu pracy są: system antenowy z podwójnym układem oświetlającym; podwójny system odbiorczy; system estymacji strefy wysokości; układ podziału mocy na dwa układy oświetlające antenę.

W czasie nadawania energia bwcz z nadajnika jest dzielona w układzie podziału mocy i przesyłana dwoma przesuniętymi w elewacji wiązkami.

W czasie odbioru sygnały odbite, odbierane są przez każdą wiązkę oddzielnie i przesyłane do oddzielnego systemu odbiorczego. System odbiorczy zawiera dwa trakty: trakt wykrywania sygnałów; trakt estymacji wysokości.

Sygnały z obu tych traktów są przesyłane i zobrazowane na wskaźnikach obserwacji okrężnej.

Stacja NUR-21 (22) (Rys.7.) przeznaczona jest do wykrywania i śledzenia celów. Stacja występuje w jednostkach OPL. Szczególnie przydatna jest, gdy konieczne jest szybkie przemieszczanie w bardzo trudnych warunkach terenowych i osiągnięcie natychmiastowej gotowości do pracy.

Stacja może być umieszczona na podwoziu gąsienicowym (NUR-21) lub na podwoziu kołowym (NUR-22). Jej antena może być hydraulicznie unoszona na prostokątnej ramie na wysokość 8 m. Osiągnięcie gotowości do pracy zajmie w praktyce do 5 minut. Radiolokator może pracować także, gdy rama jest złożona lub w dowolnym położeniu pośrednim. Umożliwia to optymalne wykorzystanie ukryć terenowych. Stacja przystosowana jest do współpracy z wieloma raketowymi systemami przeciwlotniczymi (OSA, KUB, STRZAŁA 10). Może również stanowić element systemu ostrzegania i kierowania ogniem ZENIT.



Rys.7. Stacja radiolokacyjna NUR-21

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000
Zasięg stacji (km)	45	55	85	95	100

b). Zakres fal: centymetrowy (pasmo S).

c). Prędkość obrotowa anteny: 6 i 12 obr./min.

d). Dokładność określania współrzędnych: w odległości - $\pm 300 \text{ m}$; w azymucie - $\pm 0,6^\circ$.

e). Rozróżnialność: w odległości - 300 m; w azymucie - 3° .

f). Stacja posiada układy do eliminowania zakłóceń aktywnych i pasywnych oraz system przeciwwzakłócenia umożliwiający automatyczną zmianę częstotliwości w przypadku zakłóceń.

g). Czas włączenia: 4 minuty.

h). Czas zwijania i rozwijania: do 10 minut.

i). Możliwość równoczesnego śledzenia do 31 obiektów.

Stacja radiolokacyjna NUR-11 (Rys.8.) jest stacją trójwymiarową, średniego zasięgu. Określa odległość, azymut i wysokość obiektu powietrznego. Stacja zamontowana jest na trzech pojazdach: TATRA 815: z kontenerem odbiorczym, nadawczym i anteną.

Kontenery po zestawieniu z pojazdów mogą pracować jako urządzenia stacjonarne.

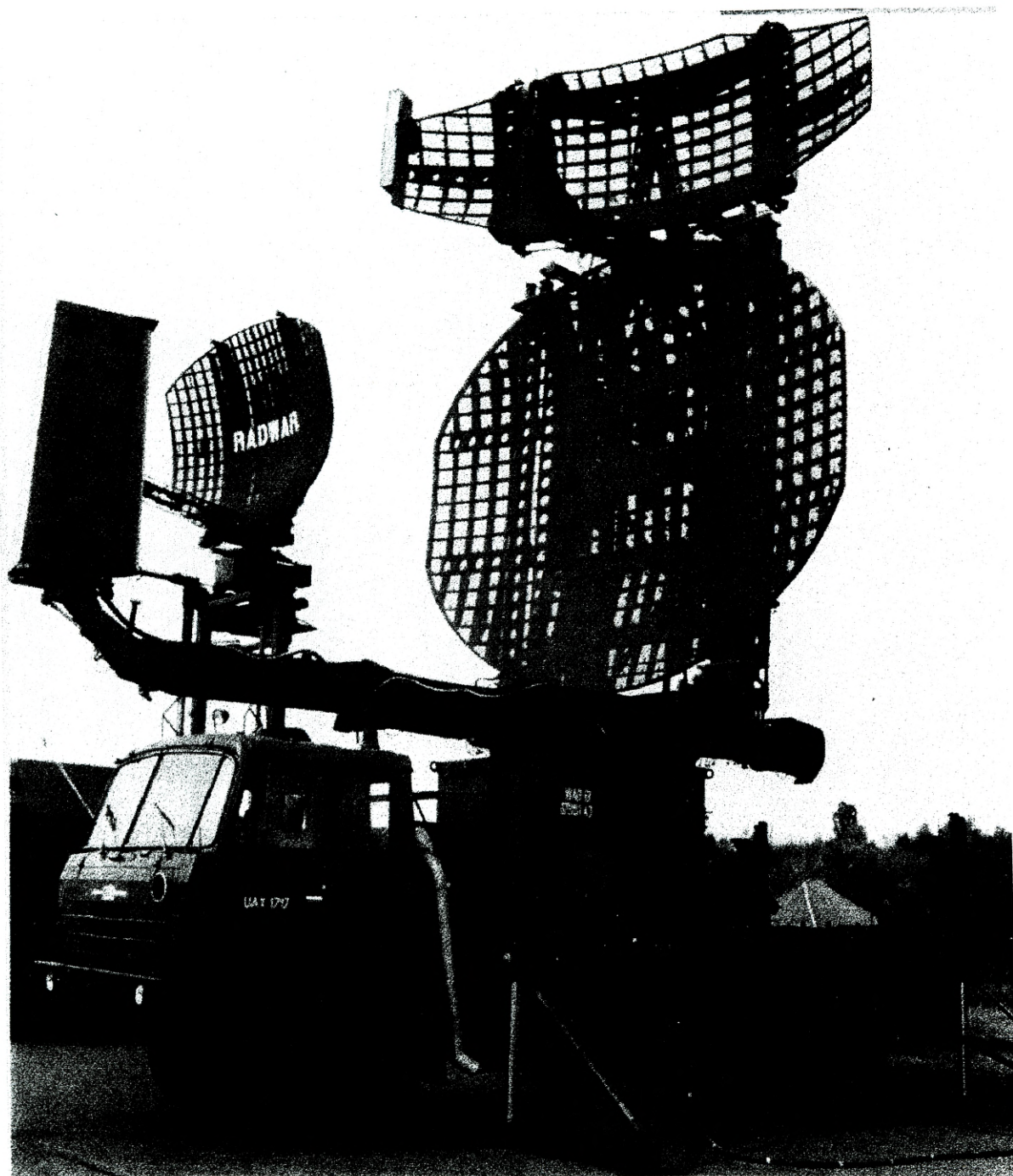
Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000
Zasięg stacji (km)	45	60	90	120	180	195	195

b). Zakres fal: centymetrowy (pasmo S).

c). Prędkość obrotowa anteny: 6 obr./min.



Rys.8. Stacja radiolokacyjna NUR-11

d). Dokładność określania współrzędnych: w odległości - ± 300 m; w azymucie - $\pm 0,5^\circ$; w wysokości - ± 600 m.

e). Rozróżnialność: w odległości - 300 m; w azymucie - $2,5^\circ$; w elewacji - $2,8^\circ$.

f). Możliwość przestrajania: losowy wybór jednej z ośmiu częstotliwości.

g). Układy przeciwzakłóceniamiowe:

- do eliminowania zakłóceń aktywnych: TEW-LIM (zwalcza zakłócenia impulsowe synchroniczne), KORELATOR (zwalcza zakłócenia impulsowe niesynchroniczne);
- do eliminowania zakłóceń pasywnych: TES (poprawa kontrastu zobrazowania), ZRT (zasięgowa regulacja tłumienia).

h). Czas włączenia: 4 minuty.

i). Możliwość równoczesnego śledzenia do 31 obiektów.

2.2. Odległościomierze zakresu decymetrowego

Stacja radiolokacyjna JAWOR-M2 (Rys.9.) występuje w SP w dwóch wersjach: JAWOR-M2M - mobilna; JAWOR-M2P - przewoźna.

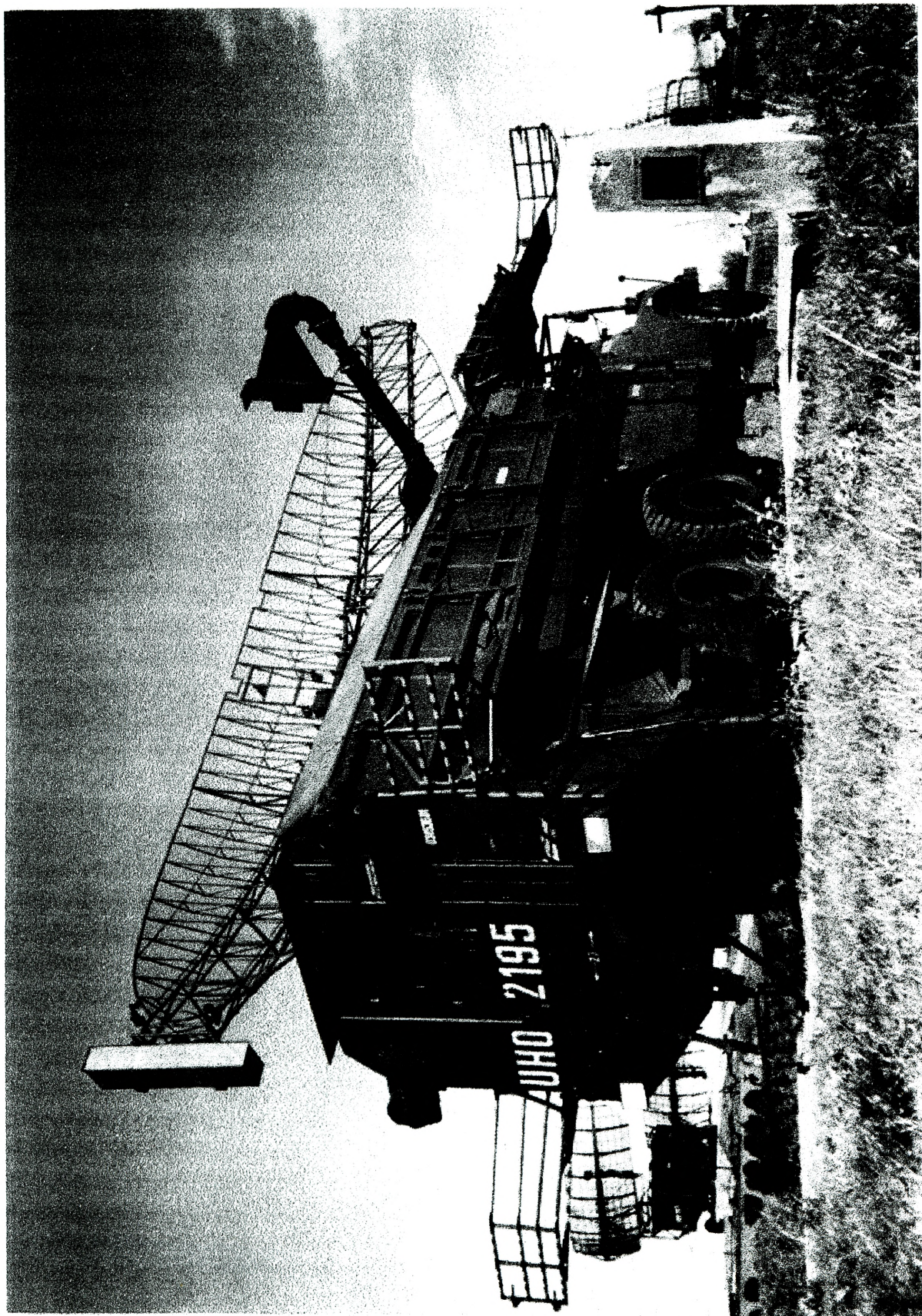
Wersje te różnią się między sobą liczbą jednostek jezdnych oraz wymiarami anten, natomiast pod względem możliwości bojowych różnią się zasięgami (gorsze parametry JAWOR-M2M) oraz czasem rozwijania i zwijania (krótsze czasy dla JAWORA-M2M).

Stacja radiolokacyjna JAWOR-M2 jest przeznaczona do wykrywania, rozpoznawania i śledzenia obiektów powietrznych, naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne i wskazywania celów powietrznych wojskom raketowym.

Stacja zabezpiecza: wykrywanie obiektów powietrznych w przedziałach strefy widzialności; określanie bieżących współrzędnych obiektu: azymutu i odległości; określanie przynależności wykrytych obiektów "swój-obcy".

W skład wersji mobilnej (JAWOR-M2M) wchodzi: wóz antenowo-odbiorczy; wóz nadawczy; wóz wskaźnikowy; dwie przyczepy z dwoma zespołami prądotwórczymi.

W skład wersji przewoźnej (JAWOR-M2P) wchodzi: wóz antenowo-odbiorczy; wóz nadawczy; wóz wskaźnikowy i dwie przyczepy antenowe; przyczepa kablowo-falowodowa, dwie przyczepy z dwoma zespołami prądotwórczymi.



Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania:

- przez stację JAWOR-M2M obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia

$\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000
Zasięg stacji (km)	40	50	60	90	145	160	200

- przez stację JAWOR-M2P obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia

$\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000
Zasięg stacji (km)	40	60	80	110	240	250	240

Górny pułap wykrywania przez stację JAWOR-M2M = 35 km i przez stację JAWOR-M2P = 34 km.

b). Zakres fal: decymetrowy.

c). Charakterystyka promieniowania: szerokość w płaszczyźnie poziomej: $1,7^\circ$ (wersja mobilna), 1° (wersja przewoźna); szerokość w płaszczyźnie pionowej: 40° (dla obu wersji).

d). Liczba kanałów: 2.

e). Moc nadajnika: $P_1 = 2 \times 2,5 \text{ MW}$.

f). Prędkość obrotowa anteny: $n = 3, 6 \text{ i } 9 \text{ obr./min}$.

g). Dokładność określania współrzędnych: odległości $\pm 600 \text{ m}$; azymutu $\pm 0,5^\circ$ dla JAWORA-M2P; $\pm 1^\circ$ dla JAWORA-M2M.

h). Rozróżnialność: w odległości 1,5 km; w azymucie $1,5^\circ$ dla JAWORA-M2P i 2° dla JAWORA-M2M.

i). Możliwości przestrajania aparatury odbiorczo-nadawczej: stację można przestrajac na jedną z 4 zaprogramowanych częstotliwości spośród możliwych 26, oddzielnie dla kanału A i kanału B. Czas przestrajania 1 sek.

j). Układy przeciwwzakłóceniewe: przestrajanie; SZOW - eliminacja zakłóceń o krótkim czasie trwania; KLB - eliminacja zakłóceń odbieranych listkami bocznymi charakterystyki antenowej; KOINCYDENCJA - eliminacja zakłóceń impulsowych nie

synchronicznych; TES koherentny; TES autokoherentny; TES-R różnicowy; SZARW; ZARW; RC.

k). Czas włączenia: 6 minut.

l). Zasilanie z: sieci przemysłowej 3 x 380 V, 50 Hz; zespołu prądotwórczego PAD-100 lub z prądnicy własnej napędzanej silnikiem samochodu TATRA. Pobór mocy nie przekracza 60 kW, w praktyce około 45 kW.

ł). Czas zwijania i rozwijania: 30 min dla wersji mobilnej i 90 min dla wersji przewoźnej.

m). Dopuszczalne prędkości transportu: po drogach o twardej i równej nawierzchni do 60 km/h, po drogach polnych do 15 km/h.

n). Stacja może współpracować z wysokościomierzami RW-31 "NIDA", radiolinią RL-30 "FAZA", obiektami automatyzacji "WOZDUCH" i "DUNAJEC". Ponadto istnieje możliwość współpracy z radionamiernikiem ARP-6 (do namierzania źródeł zakłóceń aktywnych) i trzema wskaźnikami wynośnymi obserwacji okrężnej. Wskaźnik wynośny może być wynoszony na odległość do 500 m.

Stacja radiolokacyjna NUR-31 (32) (Rys.10.) jest produkowana w dwóch wersjach:

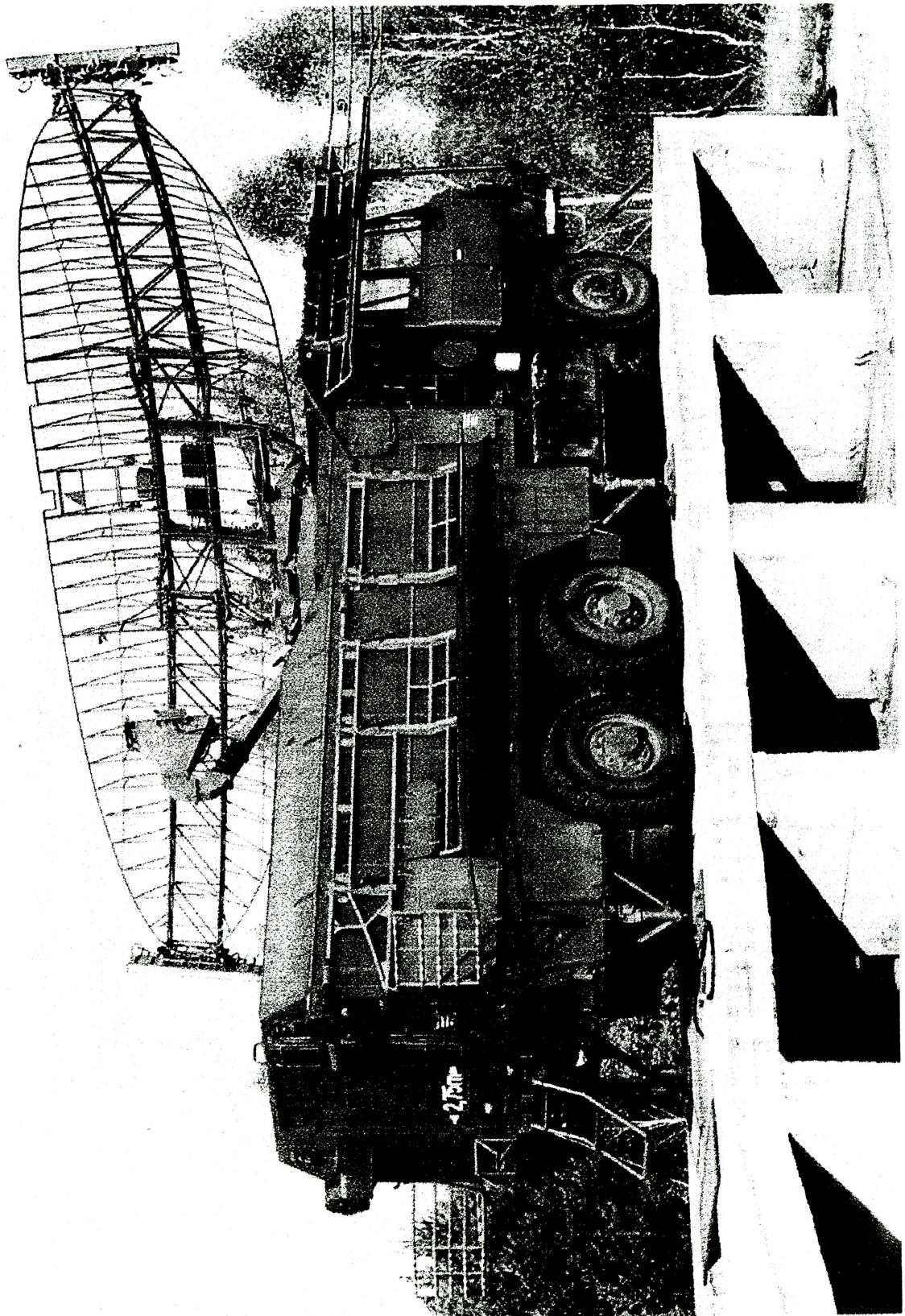
1. NUR-31 (mobilna).

2. NUR-32 (przewidziana do instalowania jako stacjonarna na z góry przygotowywanych pozycjach).

Stacja radiolokacyjna NUR-31 (32) jest przeznaczona do wykrywania rozpoznawania i śledzenia obiektów powietrznych oraz określania dwóch współrzędnych (azymutu i odległości) tych obiektów. Pracą stacji można sterować zdalnie (do 500 m), a konstrukcja jej umożliwia pokonywanie terenów skażonych bronią ABC.

W skład stacji NUR-31 wchodzi: wóz odległościomierza; przyczepa z elektrownią polową wraz z kablem współosiowym o długości 500 m do przyłączenia wynośnego pulpitu zdalnego sterowania stacją; kompletny zestaw części zapasowych na 1000 h pracy, który stanowi oddzielne zespoły konstrukcyjne przewidziane do niezależnego transportu.

W skład stacji NUR-32 wchodzi: stacja NUR-31 o pełnym ukompletowaniu ze zwiniętą anteną i przystawka antenowa odległościomierza radiolokacyjnego z anteną oraz zewnętrzny tor falowodowy i kable.



Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania:

- przez stację NUR-31, obiektów powietrznych i skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$, w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000
Zasięg stacji (km)	30	50	70	90	155	160	160

- przez stację NUR-32, obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$, w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000
Zasięg stacji (km)	30	60	80	110	180	180	180

Górny pułap wykrywania: przez stację NUR-31 - 27 km; przez stację NUR-32 - 28 km.

b). Zakres fal: decymetrowy.

c). Charakterystyka promieniowania stacji NUR-31 i NUR-32 odpowiednio:

- szerokość w płaszczyźnie poziomej: $1,85^\circ$ $1,25^\circ$
- szerokość w płaszczyźnie pionowej: 30° 35°

d). Liczba kanałów nadawczych: stacja jednokanałowa.

e). Moc nadajnika: $P_i = 0,3 \text{ MW}$.

f). Prędkość obrotów anteny: 6 obr./min.

g). Dokładność określania współrzędnych: odległości (dla obu wersji) 300 m; azymutu (dla obu wersji) $0,6^\circ$.

h). Rozróżnialność: w odległości (dla obu wersji) 150 m; w azymucie (dla obu wersji) $3 - 3,5^\circ$.

i). Możliwości przestrajania: losowy wybór 1 pary częstotliwości z ośmiu - automatycznie; wybór 1 pary częstotliwości - ręcznie; wybór 1 częstotliwości - ręcznie.

j). Układy przeciwzakłóceniamiowe:

- do eliminowania zakłóceń aktywnych: LOS, TES, KLB, INT (wizja zintegrowana. Zwalcza zakłócenia impulsowe niesynchroniczne), PEL (peleng - namiar kierunku, z którego występują zakłócenia szumowe);

- do eliminowania zakłóceń pasywnych: TES, ZCB (wizja czarnobiała, poprawa kontrastu zobrazowania), ZRT (zasięgowa regulacja tłumienia).

k). Czas włączenia stacji (dla obu wersji): 4 minuty.

l). Zasilanie stacji: z zespołu prądotwórczego własnego lub dodatkowego oraz z sieci o napięciu 3 x 220/380 V, 50 Hz. Pobór mocy około 21 kW.

ł). Czas rozwijania i zwijania: z załogą 3 osobową - 15 minut dla stacji NUR-31 i 4 godziny dla stacji NUR-32 (na uprzednio przygotowanej pozycji).

m). Dopuszczalne prędkości transportu: po drogach polnych do 15 km/h.

Możliwości bojowe

Stacja zapewnia współpracę z obiektami automatyzacji "WOZDUCH" i "DUNAJEC", radiolinią RL-30 "FAZA" i wysokościomierzami: PRW-16, PRW-13, RW-31.

W stacji zastosowano wiele rodzajów pracy umożliwiających wykrywanie obiektów powietrznych w różnych zakłóceniach stosowanych przez przeciwnika. Właściwy rodzaj pracy jest wybierany przez operatora w zależności od zobrazowania wizji radiolokacyjnej oraz wizji namiaru (pelengu).

Rodzaje pracy: namiar (peleng) - namiar kierunku i mocy zakłóceń aktywnych szumowych; wizja amplitudowa - podstawowy rodzaj pracy stosowany przy braku zakłóceń; TES - tłumienie zakłóceń naturalnych (echa od przedmiotów terenowych); TES adaptacyjny - tłumienie zakłóceń biernych o szerokim widmie częstotliwości dopplerowskich (przemieszczające się chmury, listki folii); ograniczenie sygnałów pośredniej częstotliwości - tłumienie zakłóceń ze źródeł szybko przestrajanych lub szumowych szerokopasmowych; wizja zintegrowana - zwiększenie widzialności sygnałów i kontrola zobrazowania tłumienia zakłóceń impulsowych niesynchronicznych; wizja czarno-biała - poprawa kontrastu zobrazowania; wizja logarytmiczna - rodzaj pracy rezerwowy; zasięgowa regulacja tłumienia - ograniczenie potencjału stacji dla bliskich obszarów; praca z dwoma częstotliwościami nośnymi - podstawowy rodzaj pracy, dający zysk w wykrywaniu obiektów; losowe przestrajanie częstotliwości - nadpromienie stacji od zakłóceń czynnych stosowanych przez przeciwnika; praca sektorowa: TES w sektorze - tłumienie zakłóceń biernych w wybranym sektorze azymutalnym; wyłączenie mocy w sektorze - zabezpieczenie przed pociskami samosterującymi; zmiana częstotliwości nośnej w sektorze - unikanie zakłóceń szumowych wąskopasmowych na częstotliwości pracy.

Stacja etatowa posiada jeden wskaźnik radiolokacyjny obserwacji okrężnej typu "P". Istnieje możliwość podłączenia wskaźnika wynośnego, który może być wyniesiony na odległość 500 m.

Stacja radiolokacyjna NUR-12 (Rys.11.) jest przeznaczona do wykrywania i śledzenia do 120 obiektów powietrznych. Jest to stacja trójwspółrzędna określająca odległość, azymut oraz wysokość. Wykryte obiekty są poddawane procesowi automatycznego śledzenia. Informacje o wybranych obiektach lub grupach obiektów są, w sposób automatyczny, przekazywane do urzędzeń nadrzędnych z pełnym zestawem parametrów, w formacie akceptowanym przez te urządzenia.

Stacja wyposażona jest w urządzenie rozróżniające, czy śledzony obiekt jest "swoj" czy "cudzy" (IFF), z możliwością programowego wyboru rodzaju zapytań.

Stacja zamontowana jest w kontenerach. Do jej transportu potrzeba 5 samochodów "TATRA". Ponadto do postawienia anteny niezbędny jest dźwig.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000	30000
Zasięg stacji (km)	30	60	80	100	250	350	350	350

b). Zakres fal: decymetrowy (pasmo L).

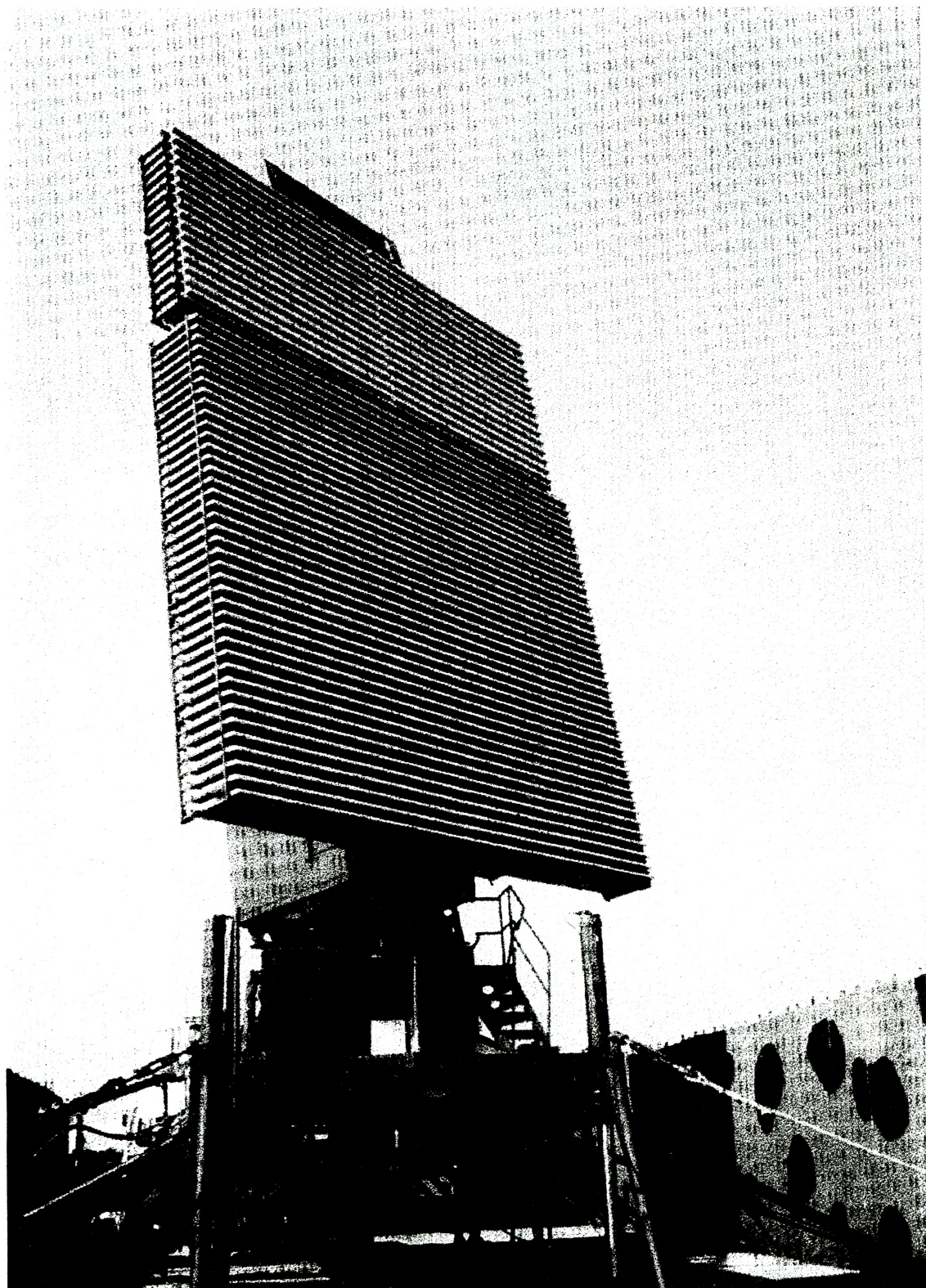
c). Czas trwania impulsu: $t_i = 20 \mu\text{s}$.

d). Moc nadajnika: $P_i = 0,9 \text{ MW}$.

e). Prędkość obrotowa anteny: 6 obr./min.

f). Dokładność określania współrzędnych: odległości - $\pm 100 \text{ m}$; azymutu $\pm 0,5^\circ$; wysokości - $\pm 600 \text{ m}$.

g). Odporność na zakłócenia uzyskano dzięki zastosowaniu różnorodnych środków technicznych, takich jak: szybkie przestrajanie częstotliwości sygnału sondującego (8 częstotliwości), wielowiązkowy układ odbiorczy anteny o niskiej wartości mocy listków bocznych, rozbudowane procesory sygnałowe z układem filtrów cyfrowych TES, kompresja impulsu oraz filtracja podetekcyjna.



Rys.11. Stacja radiolokacyjna NUR-12

- h). Czas włączenia: 4 minuty.
- i). Czas zwijania i rozwijania: 12 godzin.

Możliwości bojowe:

Stacja wyposażona jest w układ umożliwiający automatyczne śledzenie tras maksymalnie 120 obiektów, automatyczną lub półautomatyczną inicjację śledzenia oraz automatyczną numerację tras. Ponadto układ sygnalizuje konieczność ingerencji operatora w niejednoznacznych sytuacjach powietrznych oraz automatycznie formułuje i przesyła do nadrzędnego systemu meldunki obejmujące: numer obiektu, jego trzy współrzędne, cechy przynależności: "swój-obcy", informacje dodatkowe (obiekt grupowy, obiekt silnie manewrujący).

Zabezpieczenie przed zakłóceniami pasywnymi osiągnięto dzięki zastosowaniu indywidualnego procesora sygnałowego w każdej wiązce odbiorczej. W każdym kanale istnieją trzy równoległe pracujące tory obróbki sygnałów, a mianowicie:

- tor obróbki amplitudowej;
- tor filtracji zakłóceń ziemnych;
- tor filtracji zakłóceń pogodowych.

Kryteriami automatycznego wyboru toru są moc i średnia częstotliwość dopplerowska sygnałów zakłóceń. Każdy procesor sygnałowy jest wyposażony w przyłączany (adaptacyjny) cyfrowy bank filtrów TES, pozwalający wydzielić sygnał użyteczny z tła zakłóceń ziemnych lub pogodowych występujących oddzielnie lub łącznie. Zastosowano również wykrywanie zakłóceń czynnych poprzez wyposażenie każdego procesora w układy filtracji podetekcyjnej w celu usunięcia resztek sygnałów pozostałych po eliminacji zakłóceń czynnych i biernych.

2.3. Odległościomierze zakresu metrowego

Stacja radiolokacyjna 5N84 "OBRONA" przeznaczona jest do wykrywania, rozpoznawania i śledzenia obiektów powietrznych na dużych odległościach. Stacja zapewnia: wykrycie obiektów powietrznych i określenie ich współrzędnych (azymutu i odległości); określenie przynależności "swój-obcy"; określenie współrzędnych i charakterystyk wybuchów jądrowych.

W skład stacji wchodzi: naczepa z aparaturą odbiorczo-wskaźnikową, rozpoznawczą i przeciwzakłóceńową; naczepa z aparaturą nadawczą; naczepa z dwoma wskaźnikami

obserwacji okrężnej, aparatura sprzężenia i zdalnego sterowania; naczepa z dodatkową anteną; naczepa z dwoma zespołami prądotwórczymi; naczepa z kabiną rozdzielająco-przetwarzającą z trzema przetwornicami i jednym zespołem prądotwórczym.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania przez stację 5N84 "OBRONA", obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$, w zależności od wysokości ich lotu.

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000
Zasięg stacji (km)	30	60	80	105	230	300	400

Górny pułap wykrywania 35 km.

b). Zakres fal: metrowy.

c). Charakterystyka promieniowania: szerokość w płaszczyźnie poziomej $4^\circ 12'$; szerokość w płaszczyźnie pionowej $11^\circ 20'$ lub 15° w rodzaju pracy gny promień.

d). Liczba kanałów: jeden nadawczy i pięć odbiorczych.

e). Moc nadajnika: $P_1 = 700 \text{ kW}$.

f). Prędkość obrotów anteny: 3 lub 6 obrotów/min.

g). Dokładność określania współrzędnych: odległości $\pm 1200 \text{ m}$; azymutu $\pm 1,2^\circ$.

h). Rozróżnialność: w odległości 3,5 km; w azymucie 8° .

i). Możliwości przestrajania: stacja może być przestrajana na jedną z czterech, uprzednio zaprogramowanych częstotliwości.

j). Układy przeciwzakłóceniamiowe:

- do eliminowania zakłóceń aktywnych: autokompensator korelacyjny, SZARW, RC, układ przestrajania, NARW, SZOW, KLB;

k). Czas włączenia: 4 minuty.

l). Zasilanie stacji: z własnego zespołu prądotwórczego lub sieci przemysłowej 3 x 380 V, 50 Hz. Pobór mocy nie większy niż 150 kW. W tym 50 kW dla układu przeciwołodziennego anteny głównej.

ł). Czas rozwijania i zwijania: na uprzednio przygotowanej pozycji wynosi 24 h.

m). Dopuszczalne prędkości transportu: po drogach bitych do 40 km/h; po bezdrożach do 10 km/h. Pojazdy mogą pokonywać wzniesienia i spadki do 20° z bocznym pochyleniem do 15° .

Możliwości bojowe

Stacja może współpracować z obiektami automatyzacji "WOZDUCH" i "DUNAJEC", radiolinią RL-30 "FAZA" i wysokościomierzami PRW-13, PRW-11.

W stacji zastosowano trzy rodzaje przeszukiwania przestrzeni powietrznej: dolny promień - dla zwiększenia zasięgu wykrywania na małych i średnich wysokościach. Podczas pracy w rodzaju dolny promień, maksymalny kąt położenia obiektu wykrywanego wynosi 12° . W tym wypadku szerokość (promień) stożka martwego wynosi $4,7 H_0$, gdzie H_0 - wysokość lotu obiektu powietrznego; górny promień - dla zwiększenia pułapu wykrywania i górnej strefy ze spadkiem zmniejszenia się zasięgów wykrywania na małych i średnich wysokościach. Podczas pracy w rodzaju górny promień maksymalny zakres wykrywania w kącie położenia wynosi 17° i szerokość stożka martwego wynosi $3,3 H_0$; przełączanie - dla kolejnego przełączania górnego i dolnego promienia.

W stacji przewidziano następujące rodzaje pracy: amplitudowy, jako podstawowy rodzaj pracy; koherentny i autokoherentny z bramkowaniem (można ustawić tłumienie zakłóceń w jednym lub dwóch sektorach bramkowych w azymucie i odległości).

Stacja radiolokacyjna P-18 (Rys.12.) przeznaczona jest do wykrywania, rozpoznawania i śledzenia obiektów powietrznych i określania ich dwóch współrzędnych (azymut, odległość).

Stacja składa się z: samochodu z aparaturą radiolokacyjną; samochodu z urządzeniem masztowo-antenowym, dwóch przyczep, na każdej przyczepie jest zamontowany zespół prądotwórczy.

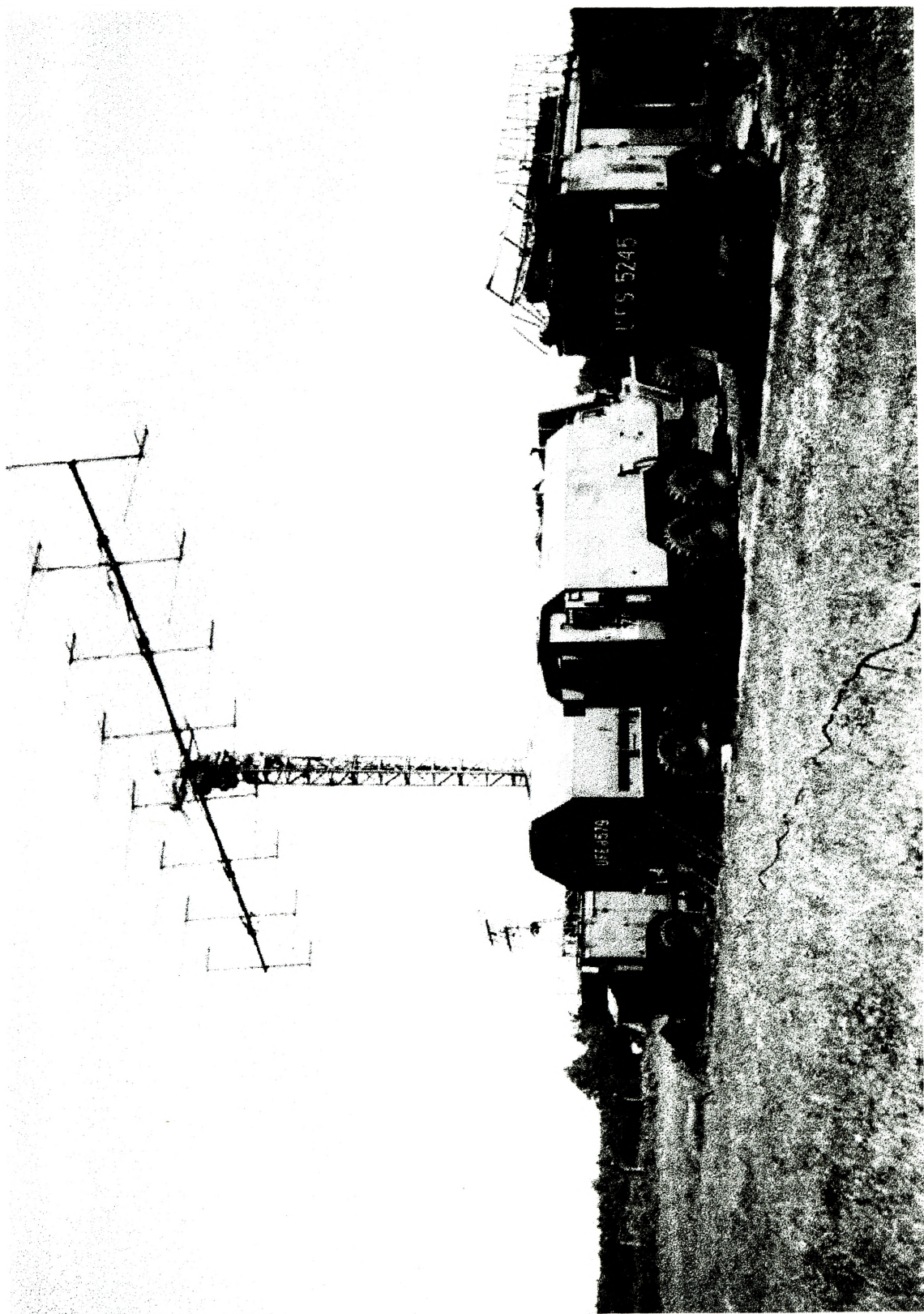
Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania przez stację P-18 obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$, w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	16000
Zasięg stacji (km)	30	50	60	80	210	250	260

Górny pułap wykrywania: 33 km.

b). Zakres fal: metrowy.



Rys. 12. Stacja radiolokacyjna P.-18

c). Charakterystyka promieniowania: szerokość w płaszczyźnie poziomej 8° ; szerokość w płaszczyźnie pionowej 30° .

d). Liczba kanałów: jeden z podziałem mocy na dolne i górne piętro w stosunku 6 : 4.

e). Moc nadajnika: $P_i = 180 \text{ kW}$.

f). Prędkość obrotów anteny: 2, 4; 6 obr./min. i 0,4 do 6 obr./min płynnie regulowanych.

g). Dokładność określania współrzędnych: odległości $\pm 1,8 \text{ km}$; azymutu w przedziale odległości $20 + 50 \text{ km} \pm 1^\circ 30'$ i w przedziale odległości $50 + 100 \text{ km} \pm 1^\circ$.

h). Rozróżnialność: w odległości 2 km; w azymucie 8° .

i). Możliwości przestrajania: stacja ma możliwość przestrajania na jedną z czterech częstotliwości pracy według określonego programu. Czas przestrajania 8 sek.

j). Układy przeciwwzakłóceńowe:

- do eliminacji zakłóceń aktywnych stosuje się: przestrajanie i TZN;
- do eliminacji zakłóceń pasywnych stosuje się: SCR;

Stacja posiada również aparaturę do obrony przed samonaprowadzającymi się pociskami raketowymi umożliwiającą włączenie i wyłączenie promieniowania energii elektromagnetycznej.

k). Czas włączenia stacji: 3 minuty.

l). Zasilanie: z sieci przemysłowej $3 \times 220/380 \text{ V}$, 50 Hz lub zespołów prądotwórczych. Pobór mocy nie większy niż 12 kW.

ł). Czas rozwijania i zwijania: na wysokość N: 60 min; na wysokość W: 90 min.

m). Dopuszczalne prędkości transportu: po drogach o równej i twardej nawierzchni do 40 km/h; po drogach polnych do 10 km/h.

Możliwości bojowe

Stacja może pracować samodzielnie oraz poprzez układy sprzężenia z P-37, 5N84 "OBRONA", wysokościomierzami: PRW-13, PRW-9.

Sprzężenie stacji P-18 z wysokościomierzem PRW-13 może tworzyć samodzielny zespół, który zapewnia wykrywanie obiektów powietrznych, w tym nisko lecących. Stację P-18 sprzęga się również ze stacją 5N84 "OBRONA" dla pokrycia jej "stożka martwego".

3. WYSOKOŚCIOMIERZE RADIOLOKACYJNE

Wysokościomierze radiolokacyjne przeznaczone są do określania wysokości obiektów powietrznych wykrytych przez stacje radiolokacyjne wykrywania i naprowadzania oraz stacje wykrywania.

Niektóre typy wysokościomierzy są wykorzystywane również do wykrywania obiektów nisko lecących w dookrężnym rodzaju pracy lub w zadanych sektorach azymutalnych. W tym wypadku wysokościomierze powyższe samodzielnie określają azymut, odległość i wysokość lotu obiektów powietrznych.

Wysokościomierze radiolokacyjne SP pracują w zakresie fal centymetrowych.

Stacja radiolokacyjna RW-31 (Rys.13.) jest przeznaczona do określania wysokości lotu obiektów powietrznych. Ponadto może być wykorzystywana jako stacja radiolokacyjna do wykrywania obiektów powietrznych nisko lecących w rodzaju pracy dookrężnej i sektorowej.

W skład stacji radiolokacyjnej RW-31 wchodzi trzy wozy i dwie przyczepy: wóz antenowy z hydraulicznym zespołem napędowym; wóz nadawczo-odbiorczy; wóz operacyjny z aparaturą wskaźnikową, obróbki sygnałów, przeciwwzakłóceńową i pomiarową; zespół prądotwórczy PAD-36-3/4005; przyczepa do przewozu kabli.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości lotu w rodzaju pracy dookrężnej.

Wysokość lotu (m)	50	100	300	500
Zasięgi stacji (km)	-	40	65	85

Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości lotu przy wysokościowym rodzaju pracy:

Wysokość lotu (m)	1000	5000	10000	20000	30000
Zasięg stacji (km)	110	180	220	240	240



Rys . 13. Wysokościomierz radiolokacyjny RW-31

- b). Zakres fal: centymetrowy, pasmo S.
- c). Charakterystyka promieniowania: szerokość w płaszczyźnie poziomej $2^\circ \div 3^\circ$; szerokość w płaszczyźnie pionowej $0,85^\circ$.
- d). Liczba kanałów: stacja dwukanałowa.
- e). Moc nadajnika $P_1 = 900$ kW dla każdego kanału.
- f). Prędkość obrotowa anteny n: $1 \div 6$ obr./min.
- g). Dokładność określania współrzędnych: w odległości ± 1000 m ; w azymucie $\pm 2^\circ$; wysokości ± 500 m.
- h). Rozróżnialność: w odległości 1000 m; w azymucie 3° ; w kącie elewacji $0,85^\circ$.
- i). Możliwości przestrajania aparatury nadawczo-odbiorczej: stacja nieprzestrajalna, inną częstotliwość pracy można uzyskać poprzez zmianę magnetronu. Czas potrzebny na wymianę magnetronów w obu kanałach wynosi 1,5 godziny.
- j). Układy przeciwzakłóceniamiowe:
 - do eliminowania zakłóceń aktywnych stosuje się: SZOW - szerokopasmowy wzmacniacz - ogranicznik - wąskopasmowy wzmacniacz. Jest to układ eliminujący zakłócenia impulsowe o bardzo małym czasie trwania; KOINCYDENCJA - układ eliminujący zakłócenia niesynchroniczne;
 - do eliminowania zakłóceń pasywnych stosuje się: TES koherentny TES autokoherentny i TES-R. Ponadto można stosować następujące układy przeciwzakłóceniamiowe: RC - w przypadkach zakłóceń długimi impulsami; NARW - zabezpiecza odbiornik przed przesterowaniem w warunkach zakłóceń szumowych; ZARW - zmniejsza wzmocnienie odbiornika na bliskich odległościach.
- k). Zasilanie: z zespołu prądotwórczego typu PAD-100-3/400 lub sieci 3 x 380 V 50 Hz.
- l). Czas zwijania i rozwijania 30 minut.
- ł). Dopuszczalne prędkości transportowe: po drogach o twardej i równej nawierzchni do 60 km/h; po drogach o twardej i zniszczonej nawierzchni do 35 km/h; po drogach polnych do 15 km/h; po bezdrożach do 6 km/h.

Możliwości bojowe

Stacja może pracować samodzielnie lub w komplecie stacji radiolokacyjnej będącej odległościomierzem. Może również współpracować z obiektami automatyzacji typu "WOZDUCH", "DUNAJEC". Do stacji można jednocześnie podłączyć dwa urządzenia

zewnętrzne np. "JAWOR-M2" i "WOZDUCH-1M". Współpraca z urządzeniem zewnętrznym może odbywać się na odległość nie przekraczającą 300 m.

Stacja pracuje w systemie dwukanałowym (diversity). Posiada następujące rodzaje pracy: praca jednokanałowa A lub B; praca dwukanałowa A + B, A x B, A² + B². Podstawowym rodzajem pracy jest A + B. Rodzaj A x B uodparnia stację na zakłócenia impulsowe. Rodzaj A² + B² uodparnia na zakłócenia impulsowe typu szumowego.

Ponadto w stacji wykorzystuje się takie rodzaje pracy jak: amplitudowa, SZOW, KOINCYDENCJA, KOHO, A-KOHO. Stacja ma dwa wskaźniki wysokości o zakresach wysokości: 0 ÷ 20 km, 0 ÷ 40 km, 0 ÷ 80 km, 20 ÷ 40 km, 40 ÷ 60 km, 60 ÷ 80 km oraz jeden wskaźnik obserwacji okrężnej.

Stacja radiolokacyjna PRW-16 jest przeznaczona do określania wysokości lotu obiektów powietrznych.

W skład stacji wchodzi dwie przyczepy: przyczepa nr 1 z aparaturą nadawczo-odbiorczą i wskaźnikową oraz przyczepa nr 2 z dwoma zespołami prądotwórczymi. Transport stacji realizuje się za pomocą dwóch ciągników.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000
Zasięg stacji (km)	35	70	80	100	150	170	170

b). Zakres fal: centymetrowy.

c). Charakterystyka promieniowania: szerokość w płaszczyźnie poziomej 2,3°; szerokość w płaszczyźnie pionowej 0,5°;

d). Liczba kanałów: stacja jednokanałowa.

e). Częstotliwość wahań: 6 wahań/minutę.

f). Dokładność określania współrzędnych: odległości $\pm 1000 \text{ m}$; azymutu $\pm 2^\circ$; wysokości $\pm 100 \text{ m}$.

g). Rozróżnialność: w odległości 1500 m; w azymucie 2,5° w kącie elewacji 0,5°.

h). Możliwości przestrajania aparatury nadawczo-odbiorczej:

- w amplitudowym rodzaju pracy: R - ręczne przestrajanie (po naciśnięciu przycisku "nadajnik" aparatura przestraja się o $30 \div 40$ MHz); Z - zakłócenia szerokopasmowe (nadajnik przestraja się dopóty, dopóki na wyjściu odbiornika pojawi się sygnał bez zakłóceń); P - nadajnik przestraja się od impulsu do impulsu.

- w koherentnym rodzaju pracy: aparatura przestraja się na trzy stałe częstotliwości.

i). Układy przeciwzakłóceniami: do eliminowania zakłóceń aktywnych (szumowych) stosuje się przestrajanie na inne częstotliwości pracy; do eliminowania zakłóceń niesynchronicznych - układ TZN; do eliminowania zakłóceń pasywnych - układ TES, ZARW, RC, NARW.

j). Czas włączenia do pracy 3 minuty.

k). Zasilanie: z sieci $3 \times 220/380$ V, 50 Hz poprzez przetwornicę WPL-30 lub zespołu prądotwórczego.

l). Czas zwijania i rozwijania: 45 minut bez wynosu konsoli wskaźnika wysokości, z wynosem 2,5 h.

ł). Dopuszczalne prędkości transportu: po drogach asfaltowych 35 km/h; po drogach utwardzonych 25 km/h; po bezdrożach 8 km/h.

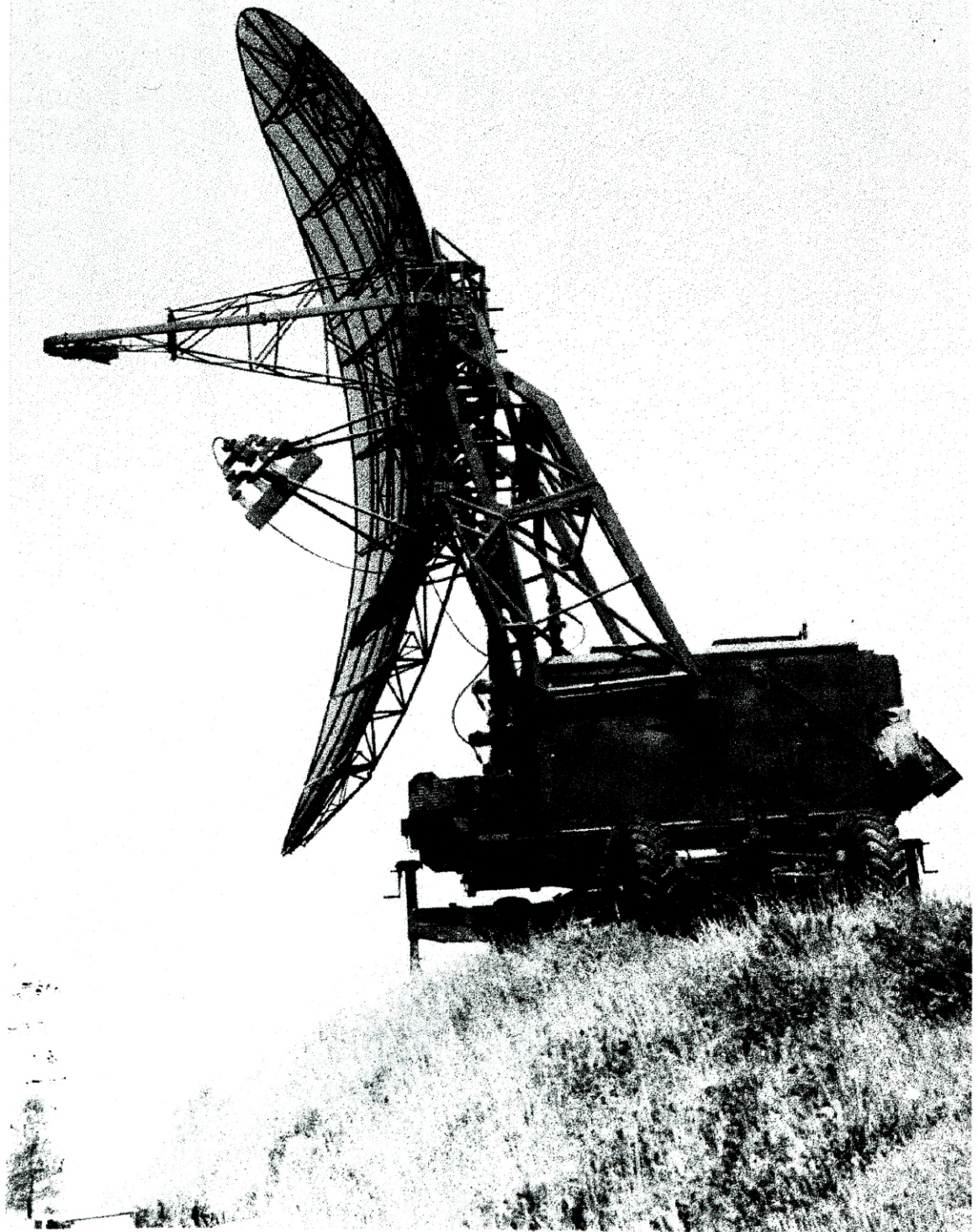
Możliwości bojowe

Stacja może współpracować w zestawie z dowolną stacją radiolokacyjną obserwacji okrężnej lub obiektami automatyzacji "WOZDUCH", "DUNAJEC". Szafa wskaźnika wysokości może być wyniesiona na odległość do 300 m od pozostałej aparatury.

Posiada dwa rodzaje pracy: amplitudowy i koherentny. Może zabezpieczać następujące sposoby poszukiwania przestrzeni powietrznej: obserwację sektorową w płaszczyźnie poziomej w sektorze 5° , 10° , 20° oraz w kącie położenia od $0 \div 20^\circ$; śledzenia za celem poprzez sterowanie ręczne. Do obrony przed samonaprowadzającymi się pociskami raketowymi stosuje się automatyczne przełączanie "PRACA-EKWIWALENT".

Stacja radiolokacyjna PRW-13 (Rys.14.) jest przeznaczona do określania wysokości lotu obiektów powietrznych, a także do wykrywania i śledzenia obiektów nisko lecących w dookreślonym rodzaju pracy stacji.

W skład stacji wchodzi trzy przyczepy: przyczepa antenowa z zamontowanym wewnątrz kabiny nadajnikiem i odbiornikiem; przyczepa wskaźnikowa z zamontowaną wewnątrz przyczepy aparaturą wskaźnikową, synchronizacji, przeciwzakłóceniami



Rys. 14. Wysokościomierz radiolokacyjny PRW-13

i podstawowym zespołem prądowórczym; przyczepa zasilania z rezerwowym zespołem prądowórczym i przetwornicą sieciową.

Transport kołowy stacji realizuje się za pomocą trzech samochodów typu KRAZ.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	50	100	300	500	1000	5000	10000	20000
Zasięg stacji (km)	32	46	77	95	110	250	310	310

Maksymalny pułap określania wysokości 85 km.

b). Zakres fal: centymetrowy.

c). Charakterystyka promieniowania: szerokość w płaszczyźnie poziomej 2° ; szerokość w płaszczyźnie pionowej 1° .

d). Liczba kanałów: stacja jednokanałowa. Nadajnik ma gotowe do pracy dwa magnetrony, przy czym może pracować tylko jeden magnetron.

Czas przejścia z jednego magnetronu na drugi 2 sekundy.

e). Moc nadajnika: $P_1 = 1,35 \text{ MW}$.

f). Prędkość obrotowa anteny: 6 lub 10 obr./min.

g). Dokładność określania współrzędnych: wysokości $\pm 300 \text{ m}$; odległości $\pm 1000 \text{ m}$; azymutu $\pm 2^\circ$.

h). Rozróżnialność: w odległości 2 km; w azymucie 3° .

i). Możliwości przestrajania aparatury nadawczo-odbiorczej: stacja nie ma możliwości przestrajania układów nadawczo-odbiorczych na inną częstotliwość. Istnieje natomiast możliwość zmiany częstotliwości poprzez wymianę magnetronu na inny (czas wymiany 1 h) lub przejście na inny kanał (2 sek.).

j). Układy przeciwzakłóceniami: KLB, TES koherentny; TES autokoherentny; SELEKCJA (koincydencja).

k). Czas włączenia: 8 minut.

l). Zasilanie: z sieci 3 x 220/380 V, 50 Hz poprzez przetwornicę lub zespołu prądowórczego.

ł). Czas zwijania i rozwijania: do 4,5 h.

m). Dopuszczalne prędkości transportu: po drogach o twardej i równej nawierzchni do 40 km/h; po drogach polnych do 20 km/h.

Możliwości bojowe

Stacja może być sprzężona elektrycznie ze stacjami radiolokacyjnymi P-37, P-14F, P-18 oraz z obiektami automatyzacji "WOZDUCH" i "DUNAJEC".

Posiada następujące rodzaje pracy: SELEKCJA - do eliminowania zakłóceń nie synchronicznych; AMPLITUDA - jest podstawowym rodzajem pracy; TES - do tłumienia zakłóceń pasywnych.

Stacja ma dwa wskaźniki radiolokacyjne: jeden wskaźnik typu "RH" do określania wysokości i jeden wskaźnik obserwacji okrężnej typu "P" do określania azymutu i odległości obiektów powietrznych nisko lecących.

Stacja radiolokacyjna PRW-9 została wyprodukowana w dwóch wersjach: PRW-9 i PRW-9a. Przeznaczona jest do określania wysokości lotu obiektów powietrznych.

Stacja radiolokacyjna PRW-9 i PRW-9a ma w zasadzie te same zespoły radioelektroniczne i elektromechaniczne. Aparatura radiolokacyjna jest rozmieszczona w nadwoziu, które w stacji PRW-9 jest zamontowane na przyczepie samochodowej, a w PRW-9a na podwoziu samochodu KRAZ.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	50	100	300	500	1000	5000	10000	20000
Zasięg stacji (km)	-	35	70	85	100	150	150	150

Maksymalny pułap określania wysokości 45 km.

b). Charakterystyka promieniowania: szerokość w płaszczyźnie pionowej 25'; szerokość w płaszczyźnie poziomej: 2,5°.

c). Liczba kanałów: stacja jednokanałowa.

d). Moc w impulsie: $P_i = 500 \div 700 \text{ kW}$.

e). Prędkość obrotów anteny: wysokościomierz może pracować w rodzaju pracy sektorowej z prędkością obrotów 40°/min.

f). Dokładność określania współrzędnych: wysokości ± 100 m; azymutu $\pm 2^\circ$; odległości ± 1000 m.

g). Rozróżnialność: w odległości 1500 m; w azymucie 2,5°.

h). Możliwości przestrajania aparatury nadawczo-odbiorczej: przy amplitudowym rodzaju pracy istnieją trzy sposoby przestrajania: R - ręczne przestrajanie (po naciśnięciu przycisku nadajnik przestaja się o 30 ÷ 40 MHz); Z - zakłócenia szerokopasmowe (nadajnik przestaja się dopóty, dopóki na wyjściu nie znikną zakłócenia); P - zakłócenia nakierowane (przestrajanie od impulsu do impulsu); przestrajanie punktowe na trzy stałe częstotliwości.

i). Układy przeciwzakłóceń: do eliminowania zakłóceń aktywnych - szumowych stosuje się przestrajanie na inną częstotliwość pracy; do eliminacji zakłóceń nie synchronicznych wykorzystuje się filtr zakłóceń niesynchronicznych i do eliminowania zakłóceń pasywnych układ TES, ZARW, RC, NARW.

j). Czas włączenia: 3 minuty.

k). Zasilanie: z sieci 3 x 220/380 V, 50 Hz poprzez przetwornicę WPL-30; z zespołu prądowczego AD-30T/230/Cz 400. Pobór mocy: 15 kW.

l). Czas zwijania i rozwijania: bez wynoszenia wskaźnika 45 minut, z wynoszeniem 2,5 h.

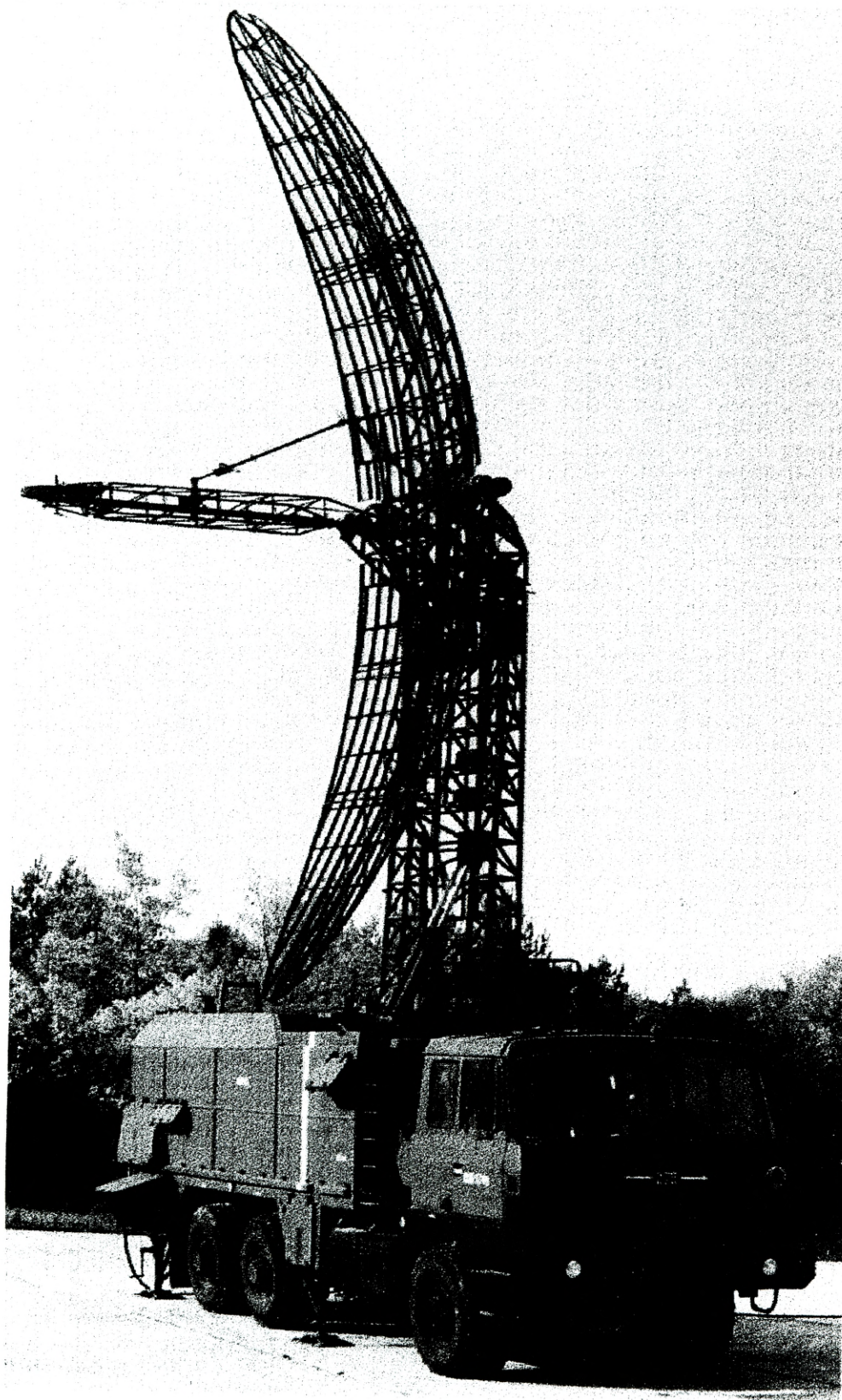
ł). Dopuszczalne prędkości transportu: po drodze asfaltowej 35 km/h; po drogach utwardzonych 25 km/h; po bezdrożach 8 km/h.

Możliwości bojowe

Stacja radiolokacyjna PRW-9 może współpracować z dowolną stacją radiolokacyjną będącą w uzbrojeniu SP oraz obiektami automatyzacji "WOZDUCH" i "DUNAJEC".

Posiada dwa rodzaje pracy: amplitudowy i koherentny. Wskaźnik wysokości może być wyniesiony na odległość do 300 m od miejsca rozwinięcia stacji. Stacja posiada następujące rodzaje poszukiwań: obserwację sektorową w płaszczyźnie poziomej (w sektorze 5°, 10° i 20°); śledzenie za celem poprzez sterowanie ręczne.

Stacja radiolokacyjna NUR-41 (Rys.15.) jest mobilną stacją radiolokacyjną średniego zasięgu, służącą do określania trzeciej współrzędnej, to jest wysokości celu. Może być również wykorzystywana do wykrywania celów nisko lecących.



Rys.15. Wysokościomierz radiolokacyjny NUR-41

Współpracuje ze stacją radiolokacyjną NUR-31 tworząc zestaw trójwymiarowy z możliwością pracy wysokościomierza bez załogi.

Stacja składa się z:

- pojazdu TATRA 815 i przyczepy do przewozu anteny;
- pojazdu STAR 266 z elektrownią PAD 36.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

a). Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych o skutecznej powierzchni odbicia $\delta = 1 \text{ m}^2$ w zależności od wysokości ich lotu:

Wysokość lotu (m)	100	300	500	1000	5000	10000	20000	30000
Zasięg stacji (km)	35	50	70	110	170	240	240	240

b). Zakres fal: centymetrowy (pasmo S).

c). Częstotliwość wahań w elewacji 15 lub 6/min.

d). Pokrycie w elewacji: - 2° do + 30°.

e). Dokładność określania współrzędnych: odległości - $\pm 800 \text{ m}$; wysokości - 300 m; azymutu - $\pm 1^\circ$.

f). Rozróżnialność: w odległości - 200 m; w azymucie - 3°; w elewacji - 0,8°.

g). Stacja posiada układy przeciwwakłóceniowe umożliwiające automatyczną zmianę częstotliwości w przypadku zakłóceń (8 częstotliwości) oraz układy do eliminowania zakłóceń aktywnych i pasywnych.

h). Czas włączenia: 4 minuty.

i). Czas zwijania i rozwijania: 30 minut.

4. OBRONA RADIOELEKTRONICZNA STACJI RADIOLOKACYJNYCH

Doświadczenia z konfliktów i wojen lokalnych dowodzą, że wszelkie działania wojenne rozpoczęły się zmasowanym użyciem środków radioelektronicznych, w celu obezwładnienia systemów radioelektronicznych przeciwnika. Szczególną skutecznością w tym zakresie odznaczały się działania sił powietrznych, w walce z obroną powietrzną. Taktykę działania sił powietrznych podczas pokonywania OP charakteryzowało kompleksowe przeciwdziałanie radioelektroniczne (niszczenie, zakłócanie) systemu rozpoznania, w tym głównie rozpoznania radiolokacyjnego. Obezwładnienie systemu radiolokacyjnego pozbawiło częściowo lub w całości informacji o sytuacji powietrznej aktywnych środków obrony powietrznej, a zatem wpływało na skuteczność działań tych środków.

Można stwierdzić, że celem obezwładnienia radioelektronicznego systemu radiolokacyjnego jest obniżenie skuteczności działań obrony powietrznej. Ewentualny przeciwnik będzie się starał wyeliminować w pierwszej kolejności te elementy systemu radiolokacyjnego, które stanowią podstawowe źródło informacji, czyli stacje radiolokacyjne.

W celu uniemożliwienia lub znacznego zmniejszenia efektów oddziaływania ŚNP przeciwnika na system radiolokacyjny, należy w wojskach radiotechnicznych realizować określone przedsięwzięcia techniczne i organizacyjno-taktyczne z zakresu obrony radioelektronicznej.

Obrona radioelektroniczna obejmuje techniczne i organizacyjne przedsięwzięcia zabezpieczające obiekty radioelektroniczne przed porażeniem środkami samonaprowadzającymi się na źródła promieniowania elektromagnetycznego, przed obezwładnieniem radioelektronicznym oraz przedsięwzięcia zapewniające kompatybilność elektromagnetyczną.

4.1. *Możliwości obezwładniania stacji radiolokacyjnych*

Walka z systemami radiolokacyjnymi polega głównie na obezwładnieniu radioelektronicznym oraz na niszczeniu stacji radiolokacyjnych z wykorzystaniem broni samonaprowadzającej się na źródło promieniowania energii elektromagnetycznej.

Obecnie uważa się, że użycie przez lotnictwo środków samonaprowadzających się na źródła promieniowania elektromagnetycznego z jednoczesnym stosowaniem zakłóceń jest podstawowym warunkiem skutecznego obezwładniania systemu radiolokacyjnego przeciwnika.

Podstawowym elementem systemu radiolokacyjnego są stacje radiolokacyjne rozwinięte na posterunkach radiolokacyjnych. Na wyposażeniu wojsk radiotechnicznych znajdują się impulsowe stacje radiolokacyjne zakresu metrowego, decymetrowego i centymetrowego. Są to stacje różnych generacji opartych na technice lampowej, tranzystorowej i układach scalonych pracujące w zakresie częstotliwości 150 do 4000 MHz. Niektóre urządzenia nadawcze stacji radiolokacyjnych wytwarzają wielowiązkowe charakterystyki promieniowania lub też posiadają kilka częstotliwości w jednej wiązce (pracują na zasadzie diversity częstotliwości).

Rozwój techniki umożliwił budowę urządzeń radiolokacyjnych, o zwiększonym zasięgu, dokładności i rozróżnialności np. stacje pełnokoharentne NUR, które pracują na zasadzie kompresji impulsu. Kompresja impulsu powoduje nie tylko zmniejszenie czasu, trwania impulsu do wartości zapewniającej dużą rozróżnialność, ale jednocześnie uodparnia stacje na zakłócenia radioelektroniczne. Najnowsze stacje radiolokacyjne, w które wyposaża się wojska radiotechniczne, to pełnokoharentne, trójwspółrzędne o dobrych właściwościach w zakresie eliminowania zakłóceń aktywnych i pasywnych. Stacje te zasadniczo zwiększają odporność systemu radiolokacyjnego na zakłócenia radioelektroniczne.

Jednym ze sposobów obezwładniania systemu radiolokacyjnego jest niszczenie stacji radiolokacyjnych przy użyciu przeciwradiolokacyjnych pocisków raketowych.

Pociski przeciwradiolokacyjne wyposażone są w bierne układy kierowania, które umożliwiają dokładne naprowadzanie na źródło promieniowania energii elektromagnetycznej. Układ zapamiętywania położenia celu umożliwia trafienie nawet wówczas, gdy podczas lotu pocisku nadajnik przerwie pracę. Odłamkowo-burząca część bojowa pocisku trafiając w cel niszczy skutecznie zarówno antenę, jak i całe urządzenie radioelektroniczne. Zasadniczą zaletą pocisków przeciwradiolokacyjnych jest to, że powodują one nie tylko czasową przerwę w pracy stacji radiolokacyjnej, jak to ma miejsce w przypadku zastosowania środków zakłócających, lecz prowadzą do jej zniszczenia lub znacznego uszkodzenia. Poszczególne typy używanych obecnie przeciwradiolokacyjnych pocisków raketowych różnią się między sobą szybkością wprowadzenia do głowicy raket danych taktyczno-technicznych stacji radiolokacyjnych, które mogą być zwalczane oraz zdolnością głowicy do precyzyjnej selekcji

właściwego sygnału, w warunkach obezwładniania radioelektronicznego. Pociski przeciwradiolokacyjne są zazwyczaj odpalane z samolotów. Podobne działanie mają również samoloty bezpilotowe z ładunkiem niszcącym, naprowadzane na źródło promieniowania.

Drugim sposobem obezwładniania systemu radiolokacyjnego jest zakłócanie pracy stacji radiolokacyjnych za pomocą urządzeń walki radioelektronicznej.

Zakłóceniami dla stacji radiolokacyjnych są różnego rodzaju sygnały docierające przez antenę do odbiornika, a także celowo wprowadzane zmiany elektrycznych właściwości ośrodka rozprzestrzeniania się fal i obiektów odbijających.

Utrudniają one normalną pracę stacji i często uniemożliwiają całkowicie realizację wykrywania i ciągłego śledzenia obiektów powietrznych.

Środki walki radioelektronicznej montowane są wewnątrz samolotów lub też na zewnątrz w podwieszanych zasobnikach. Urządzenia zakłócające pokrywają zazwyczaj szeroki zakres częstotliwości i mogą zakłócać kilka stacji radiolokacyjnych jednocześnie. Nadajniki zakłóceń aktywnych mają możliwość generowania zakłóceń imitujących (o strukturze podobnej do sygnału użytecznego) oraz zakłóceń maskujących (silne zakłócenia szumowe). Moc zakłóceń wynosi od kilkuset wat do kilku kilowat. Nadajniki pokrywają zakres częstotliwości od 0.1 do 40 GHz. Do maskowania obiektów powietrznych lub ich imitacji wykorzystywane mogą być również pasywne urządzenia zakłócające sygnały radiolokacyjne. Odbijają one wiązkę promieniowania stacji radiolokacyjnych tworząc na ich wskaźnikach fałszywe cele. Najczęściej do maskowania celów powietrznych, używane są dipole odbijające wykonane z bardzo cienkich pasków folii metalowej lub papierowej metalizowanej. Dipole odbijające zakłócają tylko ściśle określone pasmo częstotliwości, a ich długość zależy od długości fali zakłócanej stacji radiolokacyjnej. Zakłócanie w szerokim paśmie osiąga się przez wystrzelenie dipoli o różnych długościach, przez co można zakłócać w paśmie częstotliwości 0.1-50 GHz.

Do obezwładniania systemu radiolokacyjnego, oprócz środków walki radioelektronicznej występujących na samolotach lotnictwa taktycznego, mogą być wykorzystywane samoloty i śmigłowce walki radioelektronicznej. Dysponują one urządzeniami o mocy zakłóceń kilku kilowat i pokrywają cały zakres częstotliwości wykorzystywany przez stacje radiolokacyjne. Dla celów obezwładniania mogą być również wykorzystywane środki bezpilotowe przeznaczone do prowadzenia aktywnych i pasywnych zakłóceń.

Reasumując należy powiedzieć, że państwa sąsiednie posiadając środki walki radioelektronicznej mogą skutecznie obniżyć możliwości bojowe wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów powietrznych.

4.2. Przedsięwzięcia obrony radioelektronicznej stacji radiolokacyjnych

Na obecnym etapie rozwoju radioelektroniki i wciąż rosnącego nasycenia sił zbrojnych techniką radioelektroniczną, coraz większego znaczenia nabiera problem obrony radioelektronicznej rozumianej jako zespół przedsięwzięć zmierzających do zapewnienia własnym środkom i systemom radioelektronicznym niezawodnej, niczym niezakłóconej pracy.

Do podstawowych przedsięwzięć obrony radioelektronicznej zaliczamy:

1. Przedsięwzięcia techniczne polegające na wykorzystaniu układów przeciwzakłóceń, anten kierunkowych, manipulacji mocą nadajników, zmianie częstotliwości i rodzaju pracy, odbiorze jednej informacji na kilku urządzeniach końcowych oraz automatycznym zapisie informacji.

2. Przedsięwzięcia polegające na jednoczesnym wykorzystaniu do tego samego celu kilku środków o różnych parametrach i organizowaniu skrytych posterunków.

3. Przedsięwzięcia zapewniające kompatybilność elektromagnetyczną polegającą na właściwym rozdziale częstotliwości pracy urządzeń radioelektronicznych, ograniczeniu przestrzennym i czasowym promieniowania energii elektromagnetycznej, właściwym wyborze rejonów rozwinięcia urządzeń radioelektronicznych.

Jak widać z powyższej charakterystyki obrona radioelektroniczna obejmuje szeroki wachlarz przedsięwzięć. Obrona radioelektroniczna w wojskach radiotechnicznych polega głównie na zabezpieczeniu stacji radiolokacyjnych przed obezwładnieniem radioelektronicznym i porażeniem bronią samonaprowadzającą się na źródło promieniowania elektromagnetycznego oraz zapewnieniu kompatybilności elektromagnetycznej.

Zwiększenie odporności na zakłócenia stacji radiolokacyjnych zapewnia realizacja przedsięwzięć technicznych i organizacyjno-taktycznych. Osobnym problemem wymagającym rozpatrzenia jest obrona przed środkami samonaprowadzającymi się na źródło promieniowania.

Przedsięwzięcia techniczne

W celu uodpornienia stacji radiolokacyjnych na zakłócenia aktywne, jak i pasywne, stacje radiolokacyjne wyposaża się w układy techniczne. Istnieje szereg układów zmniejszających stopień oddziaływania zakłóceń na stacje radiolokacyjne.

Do podstawowych układów przeciwzakłóceńowych należy zaliczyć:

1. Układy automatycznej regulacji wzmacniania (natychmiastowej automatycznej regulacji wzmocnienia NARW oraz szumowej automatycznej regulacji wzmocnienia SZARW).
2. Selektory wykorzystujące różnice w parametrach czasowych sygnałów impulsowych (układy koincydencji, filtry zakłóceń niesynchronicznych, korelator).
3. Układy „diversity częstotliwości”.
4. Układy kompensacji listków bocznych KLB.
5. Układy SzOW (szerokopasmowy wzmacniacz - ogranicznik wąskopasmowy).
6. Układy przestrajania.
7. Układy TES (tłumienie ech stałych).
8. Układy zasięgowej automatycznej regulacji wzmocnienia (ZARW).
9. Układ wzmacniacza z charakterystyką liniowo-logarytmiczną.
10. Układy kompresji impulsu.
11. Inne urządzenia poprawiające warunki prowadzenia rozpoznania w zakłóceńach radioelektronicznych.

Układ natychmiastowej automatycznej regulacji wzmocnienia (NARW) jest układem regulującym wzmocnienie odbiornika stacji radiolokacyjnej, w przypadku pojawienia się na wejściu odbiornika impulsu trwania większego niż impuls sondujący stacji lub o zbyt dużej amplitudzie.

W przypadku wystąpienia sygnałów impulsowych niesynchronizowanych, wykorzystuje się do ich eliminacji selektory (układ koincydencji, filtr zakłóceń niesynchronicznych), których praca oparta jest na zasadzie wykorzystania różnicy parametrów czasowych sygnałów impulsowych. Stacje, w których występuje cyfrowe opracowanie sygnału, posiadają układy o podobnym przeznaczeniu (korelator) pracujące jednak na cyfrowej analizie odebranego sygnału.

Układ „diversity częstotliwości” stanowią dwa układy nadawczo-odbiorcze pracujące na różnych częstotliwościach z określonymi zależnościami czasowymi. Praca tego układu pozwala wyeliminować zakłócenia stosowane w wąskim paśmie. Ponadto układ ten stwarza

możliwości wyboru różnych kombinacji składania sygnału w odbiorniku, co wpływa na poprawę wyróżnialności sygnału użytecznego z zakłóceń.

Układ kompensacji listków bocznych (KLB) jest układem przeciwzakłóceniovym przeznaczonym do zwalczania zakłóceń, zarówno aktywnych jak i pasywnych, odbieranych listkami bocznymi charakterystyki stacji radiolokacyjnej. Zasada pracy tego układu pozwala na wyselekcjonowanie spośród wszystkich sygnałów tylko tych, które są odbierane przez listek główny charakterystyki stacji radiolokacyjnej.

Układ SZOW (szerokopasmowy wzmacniacz - ogranicznik wąskopasmowy) przeznaczony jest do eliminowania zakłóceń impulsowych o krótkim czasie trwania, pochodzących ze źródeł zakłóceń przestrajanych w szerokim paśmie częstotliwości.

Układ przestrajania zapewnia możliwość zmiany częstotliwości roboczej stacji radiolokacyjnej. Zmiana tej częstotliwości może odbywać się poprzez przestrajanie ręczne, automatyczne od impulsu do impulsu oraz odstrajanie się od częstotliwości zakłócającej.

Układ tłumienia ech stałych (TES) pozwala tłumić sygnały odbite od obiektów stałych lub wolno poruszających się. Źródłem ech stałych mogą być stacjonarne obiekty położone w pobliżu stacji radiolokacyjnej, powierzchnia ziemi lub morza albo chmury dipoli, jako źródła zakłóceń celowych.

Układ zasięgowej automatycznej regulacji wzmocnienia (ZARW) zabezpiecza stały poziom sygnału wejściowego odbiornika, w przypadku odbioru sygnałów odbitych od obiektów znajdujących się w różnych odległościach od stacji radiolokacyjnej. Eliminuje on głównie zakłócenia pasywne stosowane w bliskiej odległości od stacji.

Układ kompresji impulsu przeznaczony jest do tłumienia zakłóceń biernych o jednakowej strukturze oraz poprawia możliwość wykrywania sygnałów użytecznych na tle zakłóceń od obiektów naziemnych, dzięki większej rozróżnialności niż w układach konwencjonalnych.

Zastosowanie w odbiorniku wzmacniaczy z charakterystyką liniowo-logarytmiczną umożliwia normalną pracę odbiornika w warunkach zakłóceń o dużej amplitudzie. W zakresie stałych sygnałów wzmocnienie wzmacniacza jest wprost proporcjonalne do amplitudy sygnału wejściowego. Dla silnych sygnałów charakterystyka wzmacniacza ma przebieg logarytmiczny i sygnały te są mocno tłumione.

Stacje radiolokacyjne wyposażone są z reguły w dwa wskaźniki obserwacji okrężnej, co pozwala na zobrazowanie sygnałów z odbiornika w różnych wariantach. W tym przypadku można zobrazować na oddzielnych wskaźnikach sygnały w różnych kombinacjach, a dzięki

temu poprawi się jakość zobrazowania i zwiększy prawdopodobieństwo wyróżnienia znacznika celu na tle zakłóceń.

Niektóre stacje radiolokacyjne posiadają układy umożliwiające określenie położenia źródła zakłóceń. Daje to możliwość zobrazowania na wskaźniku znacznika wskazującego azymut, na którym występuje maksymalny sygnał zakłóceń. Operatorzy stacji radiolokacyjnych mają możliwość wyboru niektórych parametrów w czasie pracy. Zmieniając czas trwania impulsu, częstotliwość powtarzania itp., mogą w określonych warunkach poprawić możliwość stacji radiolokacyjnych w zakresie wykrywania obiektów powietrznych w zakłóceniach radioelektronicznych.

Przedsięwzięcia organizacyjno-taktyczne

Przedsięwzięcia organizacyjno-taktyczne obejmują szereg metod i sposobów, których realizacja ma istotny wpływ na zmniejszenie skuteczności oddziaływania zakłóceń radioelektronicznych.

Do podstawowych przedsięwzięć organizacyjno-taktycznych realizowanych w wojskach radiotechnicznych należy zaliczyć:

1. Przyjęcie odpowiedniego ugrupowania bojowego.
2. Dobór częstotliwości roboczych pracy stacji.
3. Tworzenie skrytych posterunków radiolokacyjnych.
4. Właściwe wykorzystanie układów przeciwzakłóceńowych.
5. Zmianę częstotliwości roboczych.
6. Maskowanie operacyjne i bezpośrednie.
7. Wykorzystanie informacji o obiektach powietrznych z innych źródeł rozpoznania.
8. Szkolenie obsługi stacji radiolokacyjnych w warunkach zakłóceń.

Skuteczność oddziaływania środków zakłóceń radioelektronicznych przeciwnika można zmniejszyć organizując odpowiednio ugrupowanie bojowe wojsk radiotechnicznych. Ugrupowanie takie powinno zapewnić wykrywanie i śledzenie środków napadu powietrznego na małych wysokościach, pomimo zakłóceń. Ze względu na posiadane siły, warunki terenowe, niewielkie możliwości w zakresie wykrywania obiektów na małych wysokościach w warunkach stosowania przez przeciwnika zakłóceń, należy określić pewne obszary, w których prawdopodobieństwo działania ŚNP przeciwnika jest szczególnie duże. Na tych obszarach wojska radiotechniczne powinny tworzyć ugrupowanie o takim nasyceniu i z

użyciem takich stacji radiolokacyjnych, które zapewniłyby utworzenie strefy informacji o wymaganych parametrach. Ważnym elementem jest wyposażenie posterunków radiolokacyjnych na zagrożonych kierunkach w stacje radiolokacyjne najbardziej odporne na zakłócenia, o różnych zakresach częstotliwości, tworząc wieloczęstotliwościową strefę informacji.

Dobór częstotliwości pracy stacji radiolokacyjnych powinien zapewnić maksymalne odstępy, nie dopuszczając do obezwładnienia jednym nadajnikiem zakłóceń kilku urządzeń w wąskim paśmie częstotliwości.

Znaczną odporność ugrupowania bojowego wojsk radiotechnicznych na zakłócenia zapewnia utworzenie skrytych posterunków radiolokacyjnych, z możliwością uruchomienia ich w okresie pełnej gotowości bojowej. Pomimo, że przeciwnik ma możliwość natychmiastowego rozpoznania pracujących stacji radiolokacyjnych na tych posterunkach, to po ich włączeniu do pracy powstanie konieczność wydzielenia dodatkowych sił do zakłócania oraz nie pozwoli to działać przeciwnikowi według wcześniej przygotowanych planów i koncepcji.

Właściwe wykorzystanie układów przeciwwzakłóceńowych jest istotnym przedsięwzięciem organizacyjno-taktycznym, decydującym o możliwościach prowadzenia rozpoznania radiolokacyjnego w warunkach stosowania przez przeciwnika zakłóceń. Jednak zastosowanie układu przeciwwzakłóceńowego powoduje obok tłumienia zakłóceń, tłumienie sygnałów użytecznych. Dlatego, wykorzystując te układy należy znaleźć kompromis między eliminacją i tłumieniem zakłóceń, a ograniczeniami strefy informacji. Poszczególne układy powinny być włączone przez obsługi stacji radiolokacyjnych dopiero w warunkach uniemożliwiających śledzenie obiektów powietrznych na tle zakłóceń. Włączanie to powinno nastąpić po określeniu rodzaju zakłóceń i przeanalizowaniu możliwości poszczególnych układów przeciwwzakłóceńowych w zakresie ich eliminacji.

Odrębnym problemem jest użycie układów przestrajania. Już w czasie pokoju, należy dla każdej stacji radiolokacyjnej (jeżeli istnieje taka możliwość) zaplanować częstotliwości zapasowe, na które te stacje mogą być przestrajane. Użycie układów przestrajania powinno nastąpić w takim czasie, aby przeciwnik był przekonany o skuteczności stosowanych przez niego zakłóceń.

Skuteczność oddziaływania zakłóceń radioelektronicznych można także zmniejszyć poprzez odpowiednie przedsięwzięcia wykonywane w ramach maskowania operacyjnego i bezpośredniego. Maskowanie operacyjne, w tym przypadku, polegać ma na organizowaniu pozornych posterunków radiolokacyjnych. Posterunki takie obok spełnienia podstawowego

warunku, jakim jest promieniowanie energii elektromagnetycznej, powinny posiadać wszystkie cechy posterunków rzeczywistych. Zarówno upozorowana rozbudowa inżynierska, jak i sylwetki urządzeń powinny być tak dobrane, aby przeciwnik nie mógł na podstawie dostępnych środków rozpoznania określić przeznaczenia posterunków. Częstotliwość oraz zasięg promieniowania energii elektromagnetycznej z tych posterunków nie powinny odbiegać zbyt od posterunków zasadniczych, ale tworzyć wieloczęstotliwościową strefę informacji, która w połączeniu ze strefą informacji radiolokacyjnej rzeczywistych posterunków zdezorganizuje działania przeciwnika, zmusi go jednocześnie do użycia części sił, w celu zakłócania posterunków pozorowanych.

Maskowanie bezpośrednie polega głównie na ukrywaniu przed przeciwnikiem podstawowych parametrów taktyczno-technicznych stacji radiolokacyjnych, charakterystycznych cech promieniowania przez te stacje energii elektromagnetycznej oraz sposobu wykorzystania tych środków w trakcie działań bojowych. Dlatego celowe jest ograniczenie promieniowania energii elektromagnetycznej przez środki, które nie muszą prowadzić rozpoznania. Sprawdzenie i strojenie układów stacji radiolokacyjnych powinno odbywać się tylko na częstotliwości roboczej, a sprawdzenie układów przestrajania tylko w ekranowanych schronach i pomieszczeniach. Ograniczyć należy również treningi i szkolenia obsługi stacji radiolokacyjnych ostatnio wprowadzanych na uzbrojenie.

System radiolokacyjny, obok własnych źródeł informacji, ma możliwości uzyskania informacji o sytuacji powietrznej z innych źródeł. Wykorzystanie danych o obiektach zakłócających z innych źródeł rozpoznania, jest kolejnym przedsięwzięciem organizacyjno-taktycznym prowadzonym w ramach obrony przed obezwładnieniem radioelektronicznym. Informacja z innych źródeł jest szczególnie wykorzystywana w czasie stosowania przez przeciwnika zakłóceń. Do takich źródeł informacji można zaliczyć pododdziały rozpoznania radioelektronicznego, środki rozpoznania radiolokacyjnego wojsk raketowych, okrętów marynarki wojennej oraz środki rozpoznania radiolokacyjnego wojsk OPL.

Istotny wpływ na możliwości systemu radiolokacyjnego, w zakresie zmniejszania wpływu zakłóceń radioelektronicznych, ma przygotowanie obsługi stacji radiolokacyjnych i stanowisk dowodzenia do pracy bojowej w warunkach zakłóceń. Znajomość problemów rozpoznania, obezwładniania radioelektronicznego oraz zwalczania zakłóceń ma nie mniejsze znaczenie od znajomości zasad eksploatacji stacji radiolokacyjnych.

W treningach systemu OP i ćwiczeniach taktyczno-bojowych należy stworzyć pozorację nalotu przeciwnika powietrznego oraz zapewnić realne zobrazowanie obiektów powietrznych

w warunkach zakłóceń. Należy w tym celu stosować realne nadajniki zakłóceń rozmieszczone na posterunkach radiolokacyjnych lub imitatory sygnałów radiolokacyjnych.

W szkoleniu taktyczno-specjalnym obsługa stacji radiolokacyjnych należy wyrabiać nawyki prowadzenia rozpoznania w warunkach zakłóceń radioelektronicznych i właściwego użycia układów przeciwwzakłóceńowych. Poznanie możliwości przeciwnika w zakresie stosowania zakłóceń radioelektronicznych oraz znajomość metod i sposobów zmniejszania skuteczności ich oddziaływania na elementy systemu radiolokacyjnego, może znacznie ograniczyć ich negatywny wpływ na rezultaty działań bojowych.

Obrona systemu radiolokacyjnego, w przypadku zastosowania przez przeciwnika zakłóceń, może przebiegać według następującego scenariusza:

1. Zmiana częstotliwości roboczej zakłócanych stacji.
2. Włączenie odpowiednich układów przeciwwzakłóceńowych.
3. Uruchomienie skrytych posterunków radiolokacyjnych.
4. Realizacja przedsięwzięć maskowania.

5. Wykorzystanie informacji o obiektach powietrznych z innych źródeł rozpoznania (np. rozpoznania radioelektronicznego).

W określonej sytuacji nie wszystkie przedstawione w powyższym, przykładowym, scenariuszu przedsięwzięcia muszą być realizowane. Zależać to będzie od tego, które z nich wyeliminują wpływ zakłóceń na tyle, że parametry strefy informacji radiolokacyjnej zabezpieczą niezbędne dane dla dowodzenia wojskami w systemie obrony powietrznej.

Przedsięwzięcia obrony przed środkami samonaprowadzającymi się na źródła promieniowania elektromagnetycznego

Obrona przed niszczeniem ogniowym, a przede wszystkim przed bronią samonaprowadzającą się na źródło promieniowania energii elektromagnetycznej ma na celu zachowanie żywotności wojsk radiotechnicznych.

Doświadczenia z wojen i konfliktów zbrojnych potwierdzają znaczenie nowoczesnych środków walki do jakich zaliczane są pociski przeciwradiolokacyjne. Małe gabaryty pocisków i ich niewielka skuteczna powierzchnia odbicia utrudniają ich wykrycie. Pociski przeciwradiolokacyjne są zwykle odpalane z rejonu znajdującego się poza zasięgiem środków ogniowych i zbliżają się do celu z prędkością rzędu 2-3 Ma, osiągając go w tak krótkim czasie, że praktycznie nie ma możliwości podjęcia przeciwdziałania.

W wojskach radiotechnicznych stosuje się w zasadzie pasywne formy obrony przed pociskami przeciwradiolokacyjnymi, polegające na realizacji określonych przedsięwzięć o charakterze technicznym i organizacyjno-taktycznym.

Techniczne sposoby obrony przed pociskami przeciwradiolokacyjnymi polegają na tym, że stacje radiolokacyjne (np. P-37, K-66, RT-17, PRW-13, PRW-16, NUR-31, NUR-32) wyposażone są w układy umożliwiające wyłączenie wysokiego napięcia (przerywają promieniowanie) oraz zmianę częstotliwości powtarzania impulsów. Promieniowanie, w zależności od typu stacji radiolokacyjnej, może być wyłączane w dowolnie wybranych sektorach, a częstotliwość powtarzania może być zmieniana w czasie pełnego obrotu anteny. Układy poszczególnych stacji radiolokacyjnych różnią się szerokością sektora, w którym wyłączane jest wysokie napięcie.

Do przedsięwzięć organizacyjno-taktycznych należą czynności nie wymagające zmian konstrukcyjnych w stacjach radiolokacyjnych, a ich istota polega na odpowiednim wykorzystaniu stacji radiolokacyjnych w czasie działań bojowych. Do przedsięwzięć tych zaliczyć można:

1. Jednoczesną pracę kilku stacji radiolokacyjnych opromieniowujących samolot - nosiciel pocisków przeciwradiolokacyjnych.
2. Zastosowanie dodatkowych źródeł promieniowania o parametrach zbliżonych do pracującej stacji radiolokacyjnej.
3. Ograniczenie czasu pracy stacji radiolokacyjnych i innych urządzeń promieniujących energię elektromagnetyczną.
4. Systematyczne szkolenie obsługi urządzeń radiolokacyjnych w celu wyrobienia odporności psychicznej do działania w warunkach zagrożenia bronią samonaprowadzającą się na źródło promieniowania elektromagnetycznego.

Przedsięwzięcia zapewniające kompatybilność elektromagnetyczną

Kompatybilność elektromagnetyczna ma na celu wyeliminowanie zakłóceń radioelektronicznych pochodzących od szkodliwego oddziaływania na siebie własnych urządzeń.

Zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej osiąga się poprzez realizację określonych przedsięwzięć, do których można zaliczyć:

1. Systematyczną analizę i ocenę sytuacji radioelektronicznej.

2. Racjonalny przydział częstotliwości roboczych dla poszczególnych urządzeń radioelektronicznych.

3. Zachowanie gwarantowanych odstępów częstotliwości.

4. Korelację czasu pracy poszczególnych urządzeń radioelektronicznych.

5. Właściwy wybór miejsca pracy urządzeń radioelektronicznych z uwzględnieniem ekranujących właściwości terenu.

6. Wykrywanie źródeł wzajemnych zakłóceń i likwidację ich skutków.

Systematyczna analiza, ocena i prognoza sytuacji radioelektronicznej ma na celu określenie zakresu przedsięwzięć zapewniających kompatybilność elektromagnetyczną. Prowadzić się ją powinno począwszy od pary pojedynczych urządzeń radioelektronicznych wchodzących w skład ugrupowania bojowego, a skończywszy na wszystkich urządzeniach danego ugrupowania bojowego.

Głównym celem racjonalnego rozdziału częstotliwości roboczych dla poszczególnych urządzeń radioelektronicznych jest zabezpieczenie potrzeb w zakresie wykorzystania częstotliwości, co umożliwia pracę tych urządzeń bez wzajemnych zakłóceń. Rozdział częstotliwości jest zasadniczym sposobem zapewnienia kompatybilności.

W przypadku kiedy rozdział częstotliwości roboczych nie daje zadowalających rezultatów, zakłócenia możemy eliminować poprzez zachowanie odstępu terytorialnego, tzn. przyjęcia odpowiedniej odległości pomiędzy urządzeniami radioelektronicznymi.

Oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego stacji radiolokacyjnych jest bardzo duże, np. przy odległości wzajemnej stacji pracujących na jednakowych częstotliwościach wynoszącej 500-1000 m, niemożliwe jest prowadzenie rozpoznania radiolokacyjnego, ze względu na trudności z wyróżnieniem znacznika obiektu powietrznego na wskaźnikach stacji radiolokacyjnych.

Jeżeli likwidacja wzajemnych zakłóceń jest niemożliwa przez zachowanie odstępu terytorialnego, kompatybilność elektromagnetyczną należy zapewnić poprzez rozłożenie w czasie pracy urządzeń radioelektronicznych lub zakazie ich wykorzystywania w określonym przedziale czasowym. Zakaz pracy powinien obejmować te urządzenia, które w danym okresie czasu nie są związane bezpośrednio z prowadzeniem działań bojowych lub ich wyłączenie nie zmniejszy możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych.

Przy wyborze miejsca pracy urządzeń radioelektronicznych należy uwzględnić właściwości terenu w celu zmniejszenia intensywności występowania wzajemnych zakłóceń. Większość stacji radiolokacyjnych znajdujących się w uzbrojeniu naszych sił zbrojnych oddziałuje na siebie tylko w zasięgu horyzontu radiowego. Dlatego też wszelkie

przeszkody terenowe takie jak: wzniesienia, zabudowania, lasy, które przewyższają linię horyzontu radiowego, stanowią dobre ekrany oddzielające od siebie poszczególne urządzenia radioelektroniczne.

Podstawowym warunkiem osiągnięcia odpowiednich rezultatów kompatybilności elektromagnetycznej jest systematyczna i dokładna znajomość sytuacji radioelektronicznej oraz jej analizowanie i prognozowanie na najbliższy okres działań. Konieczne jest dokonywanie systematycznej analizy wzajemnego oddziaływania na siebie urządzeń radioelektronicznych, wyznaczenie punktów kolizyjnych w pracy poszczególnych urządzeń i przygotowanie poleceń dotyczących doboru urządzeń radioelektronicznych oraz wyboru miejsca ich rozmieszczenia. Należy określić również prawo pierwszeństwa i czas pracy dla poszczególnych stacji.

Kierunki doskonalenia przedsięwzięć obrony radioelektronicznej systemu radiolokacyjnego

Ciągły rozwój środków walki radioelektronicznej powoduje konieczność stałego doskonalenia przedsięwzięć obrony radioelektronicznej systemu radiolokacyjnego, będącego podstawowym źródłem informacji obrony powietrznej.

Rozwój technologii półprzewodnikowych powoduje, że należy liczyć się ze wzrostem, zarówno mocy źródeł zakłóceń, jak i coraz bardziej złożonym algorytmem obezwładniania radioelektronicznego. Dlatego też, należy dążyć do nowych rozwiązań technicznych oraz doskonalić przedsięwzięcia organizacyjno-taktyczne uodparniające system radiolokacyjny przed obezwładnianiem radioelektronicznym.

Przedsięwzięcia techniczne powinny zapewnić zastąpienie sprzętu starej generacji nowymi stacjami radiolokacyjnymi, odpornymi na zakłócenia radioelektroniczne. Na uwagę zasługuje rozwiązanie zastosowane w nowej trójwspółrzędnej stacji NUR-11. Układ antenowy stacji NUR-11 zbudowany jest z dwóch anten, nadawczej i odbiorczej. Kierunkowe tych anten są przesunięte o pewien kąt, co pozwala wyselekcjonować obiekt na tle zakłóceń. Kolejnym przedsięwzięciem technicznym zwiększającym odporność systemu radiolokacyjnego na zakłócenia, jest radiolokacja bistatyczna i multistatyczna. Polega ona na rozmieszczeniu nadajnika i odbiornika radiolokacyjnego w różnych miejscach, co powoduje, że odbiornik znajduje się poza zasięgiem charakterystyki promieniowania urządzeń zakłócających. Pozwala to uzyskiwać informację o obiektach powietrznych, pomimo zakłóceń.

Przedsięwzięcia techniczne powinny być uzupełnione przedsięwzięciami organizacyjno-taktycznymi.

Jednym ze sposobów zwiększenia odporności systemu radiolokacyjnego na obciążenie radioelektroniczne byłoby stworzenie sieci stacji radiolokacyjnych. Każda stacja radiolokacyjna tej sieci powinna mieć dostęp do informacji z całej sieci. Umożliwiłoby to zakłócanej stacji wykorzystanie danych o obiektach powietrznych pochodzących z sąsiednich nie zakłócanych stacji.

Ważnym zadaniem jest również doskonalenie przedsięwzięć obrony przed pociskami przeciwradiolokacyjnymi. Skuteczność działania pocisków przeciwradiolokacyjnych zależy przede wszystkim od precyzji ich naprowadzania na źródła promieniowania. Współczesne pociski przeciwradiolokacyjne wykorzystują najczęściej głowice samonaprowadzające się z kilkoma systemami naprowadzania.

Uzyskanie zwiększonej odporności stacji radiolokacyjnych na zagrożenie pociskami samonaprowadzającymi się na źródła promieniowania elektromagnetycznego można osiągnąć poprzez:

1. Bardzo małe listki boczne charakterystyki promieniowania.
2. Możliwie mały poziom mocy impulsowej.
3. Imitatory sygnału własnego (pułapki odciągające pociski przeciwradiolokacyjne od anteny stacji radiolokacyjnej).
4. Radiolokację multistatyczną.
5. Wykorzystanie monoimpulsowych stacji radiolokacyjnych, które położenie obiektów powietrznych określają na podstawie tylko kilku odbitych od nich impulsów.

Wymienione wyżej metody i środki stosowane w odpowiednim zakresie, dla różnego typu stacji radiolokacyjnych, powinny pozwolić na znaczne zwiększenie odporności przed pociskami samonaprowadzającymi się na źródła promieniowania elektromagnetycznego.

Podczas prowadzenia działań bojowych użytkownicy środków radioelektronicznych powinni elastycznie stosować przedsięwzięcia obrony radioelektronicznej w zależności od potrzeb, mając zawsze na uwadze wykonanie postawionych przed nimi zadań bojowych.

Spełnienie wymagań stawianych obronie radioelektronicznej jest zasadniczym warunkiem nawiązania równorzędnej walki z przeciwnikiem wyposażonym w doskonałe środki walki radioelektronicznej, w celu zapewnienia obronie powietrznej informacji o sytuacji powietrznej. Wymagania te wyznacza nowoczesność stosowanych, przez państwa sąsiednie, środków walki radioelektronicznej oraz zasady ich użycia.

5. KIERUNKI ROZWOJU TECHNIKI RADIOLOKACYJNEJ

Podstawowym zadaniem systemu radiolokacyjnego jest zdobywanie, opracowywanie i dostarczanie systemowi dowodzenia informacji o sytuacji powietrznej nad terytorium RP i w pobliżu jej granic.

Podstawowym źródłem informacji jest strefa informacji radiolokacyjnej, wytworzona przez pracujące środki radiolokacyjne. Deficyt informacji występuje zwłaszcza w zakresie małych wysokości lotu celów powietrznych. Związane jest to z "kurczeniem" i nieszczelnością strefy informacji radiolokacyjnej na tych wysokościach (ograniczone zasięgi stacji radiolokacyjnych). Obszary niedoboru informacji zwiększą się w przypadku działania przeciwradiolokacyjnego ze strony przeciwnika, które obejmować będą między innymi:

- stosowanie zakłóceń radioelektronicznych;
- zmniejszenie skutecznej powierzchni odbicia;
- lot na małych i bardzo małych wysokościach.

Kompleksowe stosowanie zakłóceń maskujących nalot i wprowadzających dezinformację może spowodować łączne zmniejszenie strefy informacji na małych wysokościach o około 60% (podniesienie dolnej granicy strefy). Ponadto spowoduje tworzenie się dodatkowych "dziur" w strefie informacji.

Współczesne samoloty są w stanie pokonywać system OP z zachowaniem wysokiego "bezpieczeństwa" w przedziale wysokości 70-150 m, a w warunkach sprzyjających nawet na mniejszych wysokościach.

Realizowane są przedsięwzięcia zmierzające do zmniejszenia skutecznej powierzchni odbicia poprzez: ulepszanie konfiguracji samolotów: zastosowanie materiałów kompozytowych, które nie odbijają fal elektromagnetycznych; wykonanie bardzo efektywnych pokryć maskujących i tłumiących lub rozpraszających energię sygnałów radiolokacyjnych (zmniejszenie skutecznej powierzchni odbicia - technika "stealth").

Rozwój techniki radiolokacyjnej - począwszy od jej powstania aż do chwili obecnej nie był równomierny. I tak na przykład po burzliwym i wszechstronnym rozwoju w czasie II wojny światowej nastąpił kilkuletni okres, w którym rozszerzano zakres zastosowań i doskonalono konstrukcję urządzeń, nie wprowadzając jednak istotnie nowych metod lub rozwiązań. Na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych w technice radiolokacyjnej osiągnięto ogromny postęp, spowodowany szybkim rozwojem techniki lotniczej i raketowej.

Uwidoczniło się to zarówno w zakresie metod i systemów, jak też technologii i konstrukcji urządzeń. Można tu przykładowo wymienić takie osiągnięcia, jak: opracowanie metod kodowania i kompresji impulsów, metody monoimpulsowej, wprowadzenie nowych metod walki z zakłóceniami, przestrajanie od impulsu do impulsu, diversity częstotliwości, wprowadzanie stacji radiolokacyjnych "trójwymiarowych", elektronicznego przeszukiwania przestrzeni, koherentnych nadajników dużej mocy, małoszumowych odbiorników, automatycznej cyfrowej obróbki informacji radiolokacyjnej. Obecny okres w światowej technice radiolokacyjnej można scharakteryzować jako poświęcony przede wszystkim rozwijaniu i ulepszaniu metod opracowanych w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych, doskonaleniu konstrukcji i technologii urządzeń oraz poszukiwaniu nowych metod. Co nie wyklucza wprowadzania nowych metod, takich jak: stacje radiolokacyjne, pozahoryzontalne, impulsowo-dopplerowskie, system bistatyczny, stacje radiolokacyjne wielofunkcyjne, szerokie zastosowanie EMC.

Wobec opanowania techniki nadajników koherentnych, znajdują szerokie zastosowanie metody kodowania i kompresji impulsów. W urządzeniach średniego zasięgu stosuje się w niektórych przypadkach kompresję impulsu do efektywnej szerokości 10 ns (efektywna szerokość pasma - B - rzędu 100 MHz) co umożliwia wyróżnienie odbić pochodzących od poszczególnych części samolotu (wykorzystanie do rozpoznania typów samolotów).

Prowadzi się badania nad jeszcze bardziej skomplikowanymi typami modulacji oraz systemami o zmiennych rodzajach modulacji, sterowanymi automatycznie przez maszyny cyfrowe. Opracowywane są i stosowane rozmaite układy kompensacji sygnałów zakłócających, pochodzących od listków bocznych anteny.

Coraz szersze zastosowanie znajduje cyfrowa obróbka sygnałów. Duże zastosowanie znajdują układy ultradźwiękowe, które umożliwiają optymalną obróbkę skomplikowanych sygnałów.

W krajach zachodnich trwa intensywny rozwój techniki radiolokacyjnej. Przed stacjami radiolokacyjnymi stawia się wysokie wymagania: wielofunkcyjność - możliwość jednoczesnego śledzenia kilku celów, określanie w 3-ech współrzędnych ich położenia, odporność na zakłócenia radiolokacyjne oraz możliwość współpracy z EMC.

Nowe typy stacji radiolokacyjnych wykorzystują wyższe częstotliwości (30-300 GHz). W nowych wielofunkcyjnych urządzeniach radiolokacyjnych łączy się funkcje wykrywania celów, nawigacji i naprowadzania środków rażenia.

Istotnym problemem współczesnej radiolokacji jest wykrywanie obiektów wykonanych w technice "stealth". Przeciwdziałanie skutkom techniki "stealth" można realizować poprzez:

- a) pracę radaru na różnych długościach fali;
- b) Zwiększanie ilości impulsów echa poddawanych przetwarzaniu koherentnemu;
- c) Obserwację statków powietrznych z różnych kierunków;
- d) Zastosowanie radaru bistatycznego.

Obiekty wykonane w technice "stealth" zachowują swoje właściwości przy częstotliwościach pracy stacji radiolokacyjnych od około 1 GHz do około 20 GHz (1,5 - 30 cm). Przy zastosowaniu w stacjach radiolokacyjnych fal bardzo krótkich poniżej 1,5 cm lub bardzo długich powyżej 100 cm skuteczna powierzchnia odbicia obiektów wykonanych w technice "stealth" wzrasta.

Jednak konsekwencją zastosowania fal bardzo krótkich jest przede wszystkim zmniejszenie zasięgu radaru, ze względu na gwałtowny wzrost tłumienia fal elektromagnetycznych. Obserwację obiektów można wtedy realizować jedynie na małych odległościach.

Dużo uwagi poświęca się opracowaniu nowych stacji obserwacji okrężnej - pozahoryzontalnych, które powinny zapewnić śledzenie sytuacji powietrznej na głębokości 3000 - 10000 km. Radary takie pracują najczęściej na falach dekametrowych. Są przeznaczone głównie do wykrywania rakiet międzykontynentalnych. Umożliwiają ponadto wykrywanie obiektów wykonanych w technice "stealth".

W stadium opracowania znajdują się nowe perspektywiczne systemy radiolokacyjne. Do takich można zaliczyć bistatyczny system radiolokacyjny. Zasada działania systemu polega na wykorzystaniu jednego nadajnika dużej mocy zamontowanego na pokładzie samolotu i nieograniczonej liczby naziemnych i pokładowych odbiorników. Przelot samolotu z nadajnikiem na dużej wysokości i głębokości oraz pasywna praca wszystkich posterunków odbiorczych zapewnia skrytość pracy oraz duże możliwości wykrywania celów.

Rozwój techniki radiolokacyjnej powinien przede wszystkim zapewnić:

- a) polepszenie parametrów strefy informacji radiolokacyjnej;
- b) wykrywanie obiektów wykonanych w technice "stealth";
- c) efektywną pracę w warunkach oddziaływania zakłóceń radioelektrycznych i rakiet przeciwradiolokacyjnych.

ZAKOŃCZENIE

Skrypt napisany został w oparciu o istniejące wyposażenie w sprzęt radiolokacyjny Wojsk Radiotechnicznych SP. Skrypt nie ujmuje stacji radiolokacyjnych, które w najbliższym czasie zostaną wycofane z eksploatacji.

Skrypt nie wyczerpuje całokształtu zagadnień dotyczących naziemnych stacji radiolokacyjnych. Ze względu na zakres programu kształcenia studentów Wydziału Wojsk Lotniczych i OP nie podano szczegółowych danych taktyczno-technicznych i eksploatacyjnych oraz budowy stacji. Dane te zawarte są w odpowiednich instrukcjach pracy bojowej oraz w opisach technicznych poszczególnych typów stacji.

BIBLIOGRAFIA

1. Adamczyk A.: Rozpoznanie radiolokacyjne w obronie powietrzczypospolitej Polskiej.
Wyd. AON, Warszawa, 1992.
2. Adamczyk A., Antczak S.: System radiolokacyjny jakłt zakłóceń radioelektronicznych.
Wyd. AON, Warszawa, 1993.
3. Blomka R.: Naziemne stacje radiolokacyjne Wojsk Obrony PowiKraju i Wojsk Lotniczych Frontu.
Wyd. ASG WP, Warszawa, 1986.
4. Blomka R.: Wybrane zagadnienia z podstaw radiolokacji.
Wyd. ASG WP, Warszawa, 1985.
5. Informator sprzętu radiolokacji i automatyzacji. Wyd. DWOPK, W: 1984.
6. Zaręba W.: Obrona radioelektroniczna wojsk radiotechnicznych.
Wyd. AON, Warszawa, 1993.

PODSTAWOWE DANE TAKTYCZNO-TECHNICZNE STACJI RADIOLOKACYJNYCH

Charakterystyka	ODLEGŁOŚCIOMIERZE (zakresu)											WYSOKOŚCIOMIERZE (zakresu)			
	cm				dcm				m			cm			
	K-66	RT-17	NUR-11	NUR-22	NUR-31	NUR-32	NUR-12	J-M2P	J-M2M	5N84	P-18	PRW-13	PRW-16	RW-31	NUR-41
100	50	45	45	30	30	30	40	30	30	30	46	35	30	35	
300	70	60	55	50	60	60	60	70	60	50	77	70	65	50	
500	90	90	85	70	80	80	70	80	80	60	95	80	85	70	
1000	100	120	95	90	110	100	110	120	105	80	110	100	110	110	
5000	-	180	100	155	180	250	240	145	230	210	250	150	180	170	
10000	-	195	-	160	180	350	250	160	300	250	310	170	220	240	
20000	-	195	-	160	180	350	240	200	400	260	310	170	240	240	
30000	-	-	-	-	-	350	-	-	-	260	310	170	240	240	
Górny pułap wykrywania (km)	1,5	21	5	27	28	30	34	35	35	33	85	45	80	30	
Dokładność pomiaru współrzędnych	1000	300	300	300	300	100	600	600	1200	1800	1000	1000	1000	800	
	-	-	600	-	-	600	-	-	-	-	300	100	500	300	
Liczba środków transportu	0,8	1,5	0,5	0,6	0,6	0,5	1	0,5	1,2	1,5	2	2	2	1	
	-	2	-	2	1	-	2	3	-	2	-	-	3	2	
	18	2	3	-	1	5	2	5	7	2	3	2	2	2	
	4d	1h 30'	2h	10'	15'	12h	30'	2h 30'	24h	1h	4h 30'	2h 30'	30'	30'	
	4d	1h 30'	2h	10'	15'	12h	30'	2h 30"	24h	1h	4h 30'	2h 30'	30'	30'	
	6'	8'	4'	4'	4'	4'	6'	6'	4'	3'	8'	3,5'	7'	4'	



OZNACZENIA PASM CZĘSTOTLIWOŚCI

(zachodnie)

Oznaczenie	Zakres częstot. (GHz)	Zakres dł. fali (cm)
A	0,1 - 0,25	300 - 120
B	0,25 - 0,5	120 - 60
C	0,5 - 1	60 - 30
D	1 - 2	30 - 15
E	2 - 3	15 - 10
F	3 - 4	10 - 7,5
G	4 - 6	7,5 - 5
H	6 - 8	5 - 3,75
I	8 - 10	3,75 - 3,0
J	10 - 20	3 - 1,5
K	20 - 40	1,5 - 0,75
L	40 - 60	0,75 - 0,5
M	60 - 100	0,5 - 0,3

(polskie)

Oznaczenie	Zakres częstot. (GHz)	Zakres dł. fali (cm)
Uwcz	0,3 - 1	100 - 30
L	1 - 2	30 - 15
S	2 - 4	15 - 7,5
C	4 - 8	7,5 - 3,75
X	8 - 12,5	3,75 - 2,75
K _u	12,5 - 18	2,4 - 1,66
K	18 - 26,5	1,66 - 1,1
K _a	26,5 - 40	1,1 - 0,75
Zakres milimetry	powyżej 40	