

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

Stefan

~~7-26/S~~

AON wewn. 4979/97

JAWNE
PODANE

Egz. Nr 21

~~74 505/S~~

Kpt. dypl. inż. Zbigniew SKWAREK

MOŻLIWOŚCI BOJOWE WOJSK RADIOTECHNICZNYCH SIŁ POWIETRZNYCH



60193



WARSZAWA

1997

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ
WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OBRONY POWIETRZNEJ
KATEDRA WOJSK OBRONY POWIETRZNEJ



ZASTRZEŻONE

AON wewn. 4979/97

~~77 505/S~~

POUFNE

Egz. nr. 21

Przeklasyfikowana z *Zastawki Pa. jawne*

podstawa przekl. Wykaz Aktualnych Wojskowych

Wydawnictw Wewnętrznych sz. gen. 1527/01

data i podpis 2.12.05, *Kolek Anna*

JAWNE

Kpt. dypl. inż. Zbigniew SKWAREK



**MOŻLIWOŚCI BOJOWE
WOJSK RADIOTECHNICZNYCH
SIŁ POWIETRZNYCH**

WSTĘP

Jedną z najstarszych zasad sztuki operacyjnej w działaniach wojsk jest zaskoczenie. Zaskoczenie wojsk OP przez przeciwnika powietrznego może nastąpić w wyniku nagłego pojawienia się i działania jego środków napadu powietrznego (ŚNP) nad terytorium kraju.

Przeciwnik dążąc do uzyskania zaskoczenia może stosować:

- lot na małych wysokościach z uwzględnieniem rzeźby terenu;
- zakłócenia radioelektroniczne;
- ŚNP o małej skutecznej powierzchni odbicia fal elektromagnetycznych;
- loty demonstracyjne oraz inne sposoby działań.

Uzyskanie zaskoczenia zależy od możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych (WRt). Znajomość możliwości bojowych WRt w całości, a także ich poszczególnych ogniw organizacyjnych (tj. pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych) jest niezbędna w celu racjonalnego planowania działań bojowych i stawiania wojskom realnych do wykonania zadań bojowych.

W tym też kontekście należy rozpatrywać możliwości bojowe WRt, jako zdolność pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych w realizacji określonych zadań, wyrażoną za pomocą określonych parametrów¹, nazywanych również wskaźnikami.

Istotą określania możliwości bojowych jest wyznaczenie wartości (liczbowych, ilościowych) poszczególnych parametrów, porównania ich z wartościami założonymi (modelowymi, wymaganymi) i dokonanie na tej podstawie oceny prawdopodobnego stopnia wykonania zadania bojowego.

Możliwości bojowe określa się w trakcie planowania działań bojowych pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych WRt, w przypadku organizo-

¹ Parametr (gr. parametreo=odmierzam, równam) w matematyce: wielkość (literowa) występująca we wzorach i wyrażeniach, która w zależności od rozpatrywanego problemu może być uważana za stałą lub zmienną; w technice: wielkość charakterystyczna dla danego procesu lub urządzenia. Słownik wyrazów obcych PWN 1980

wania i tworzenia systemu od nowa, poprawy istniejącego ugrupowania lub od-
twarzania zniszczonych w czasie działań bojowych niektórych elementów ugru-
powania tych wojsk.

Wartości poszczególnych parametrów odwzorowujących możliwości bo-
jowe pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych WRt określa się w za-
leżności od potrzeb, ale zawsze dla konkretnego ugrupowania bojowego, kon-
kretnego zadania i określonej sytuacji operacyjno - taktycznej.

Sam proces określania możliwości bojowych jest wyjątkowo trudny, a
uzyskane wyniki są jedynie wysoce przybliżone. Wynika to ze specyfiki działań
WRt, szybkości zmian sytuacji powietrznej, krótkotrwałość realizowanych za-
dań, probabilistycznego charakteru oraz krótkiego czasu reakcji na zaistniałe sy-
tuacje w powietrzu. Proces określania możliwości bojowych WRt może być
wspomagany techniką mikrokomputerową.

Treść niniejszego skryptu zawiera, oprócz teorii możliwości bojowych
wojsk radiotechnicznych SP, również metody ich określania oraz przykłady obli-
czeń wybranych zadań operacyjno - taktycznych i interpretacji wyników.

Niniejszy skrypt, uwzględniający w swej treści program nauczania w Aka-
demii Obrony Narodowej, przeznaczony jest głównie dla studentów Wydziału
WLOP AON. Może być wykorzystywany również przez oficerów innych spe-
cjalności wojskowych.

Parametr - wielkość, która w określonych warunkach zadania zachowuje stałą wartość. Słownik języka pol-
skiego. PWN 1993.

1. PODSTAWY TEORII MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH WRt SP

Postawione przed wojskami obrony powietrznej (OP) zadanie osłony wojsk oraz ważniejszych rejonów i obiektów na obszarze kraju, wymaga zniszczenia lub obezwładnienia ŚNP przeciwnika jeszcze przed wykonaniem przez niego zadania bojowego.

Aby rozpocząć walkę z przeciwnikiem powietrznym na nakazanych rubieżach, siły powietrzne (SP) w swoim składzie posiadają rodzaj wojsk prowadzący rozpoznanie przestrzeni powietrznej, który umożliwia terminowe przygotowanie oraz użycie aktywnych sił walki. Tym rodzajem wojsk są wojska radiotechniczne (WRt) SP, które swoimi siłami i środkami organizują radiolokacyjny system wykrywania, powiadamiania oraz zabezpieczenia działań bojowych aktywnych sił walki.

Efektywność użycia bojowego aktywnych sił walki oraz skuteczność zwalczania przeciwnika powietrznego w dużej mierze zależy od możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych SP a w szczególności od:

- posiadania wymaganej strefy rozpoznania radiolokacyjnego;
- zdolności informacyjnej;
- efektywności radiolokacyjnego zabezpieczenia działań bojowych pododdziałów, oddziałów (ZT) lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych oraz zakłóceń radioelektronicznych;

We współczesnych działaniach bojowych, bez rozpoznania radiolokacyjnego nie do pomyślenia jest racjonalne i skuteczne wykorzystanie aktywnych sił walki. Podczas przygotowania i prowadzenia działań bojowych, poszczególnych rodzajów wojsk SP, powinno się pamiętać o możliwościach bojowych wojsk radiotechnicznych SP i ich praktycznym wykorzystaniu, w różnych sytuacjach, podczas prowadzenia działań bojowych z przeciwnikiem powietrznym.

Wyrażenie „możliwości” pochodzi od słowa możliwość (możność), które oznacza, że: coś jest, będzie możliwe; że coś może być, istnieć, nastąpić; praw-

dopodobieństwo, ewentualność; szanse, perspektywy, widoki na coś, zdolności siły (jako to, od czego szanse zależą)².

Możliwość (możność) jakiegoś podmiotu działania w określonym czasie może być rozumiana w trojakim znaczeniu:

1. logicznym - stwierdzenie możliwości działania zredukowane jest do twierdzenia o niesprzeczności założeń danego działania, o którym się mówi, że jest możliwe do wykonania;
2. oceniającym - jakieś przedsięwzięcie jest możliwe do wykonania, tzn. przy jego realizacji nie nastąpią pewne zdarzenia niepożądane;
3. wykonalności dyspozycyjnej lub sytuacyjnej:
 - a) dyspozycyjna możliwość - siła, sprawność intelektualna lub manipulacyjna i wiedza oraz chęć dostateczna by dane działanie wykonać;
 - b) sytuacyjna możliwość - wykonanie danego działania w określonych okolicznościach nie jest udaremnione przez te właśnie okoliczności³.

Ponadto w różnych materiałach źródłowych, możliwości bojowe określane są jako np.:

„Pod pojęciem możliwości bojowych wojsk raketowych należy rozumieć ich zdolność do prowadzenia działań bojowych. Zależą one od działania przeciwnika powietrznego, warunków działań, taktyczno - technicznych parametrów uzbrojenia oraz ukończenia i wyszkolenia składów osobowych.”⁴

„Całokształt wskaźników charakteryzujących właściwości bojowe i możliwości techniczne pododdziałów, oddziałów, związków taktycznych (ZT) rodzajów wojsk do wykonania określonego zadania”⁵

„Pod pojęciem możliwości lotnictwa myśliwskiego należy rozumieć zdolność do wykonania zadania bojowego. Charakteryzują one skuteczność działania

² Mały słownik języka polskiego, Warszawa 1989, s.174.

³ T. Pszczołowski, Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji, Wrocław 1978, s.124.

⁴ S. Miodek, Wojska raketowe WLOP, oddział (ZT) WR, Warszawa AON, 1996.

⁵ Słownik podstawowych terminów wojskowych, Warszawa 1977, s. 278

określonych sił i środków, użytych zgodnie z ich przeznaczeniem w danej sytuacji bojowej i warunkach atmosferycznych, ustalonymi sposobami działań bojowych. Podstawę do określania możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego stanowią możliwości bojowe samolotów myśliwskich”⁶.

Określanie możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych jest procesem prognozowania rezultatów prowadzenia działań bojowych podczas realizowania postawionych zadań bojowych w konkretnych warunkach sytuacji bojowej. Dlatego też pojęcie „możliwości bojowe wojsk radiotechnicznych” **charakteryzuje oczekiwaną wartość rezultatu wykonania zadań bojowych w przywiązaniu do czasu i rozmiarów przestrzeni, w przedziale których rezultat ten jest otrzymywany.**

Możliwości bojowe można wyrazić parametrami (wskaźnikami), będącymi zbiorem charakterystyk wyrażających liczbowe (ilościowe lub jakościowe) wartości oczekiwanego rezultatu wykonania przez wojska radiotechniczne postawionych zadań. Umownie parametry (wskaźniki) możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych można podzielić na cztery grupy:

- przestrzenną grupę parametrów (wskaźników), które wyrażają zdolność wojsk radiotechnicznych w zakresie odległości, ciągłości wykrywania i rozpoznania obiektów powietrznych;
- probabilistyczną grupę parametrów (wskaźników), które określają zdolność wojsk radiotechnicznych w zakresie prawdopodobieństwa wykrywania obiektów powietrznych i wiarygodności określania ich charakterystyki;
- czasową grupę parametrów (wskaźników), wyrażającą zdolność wojsk radiotechnicznych w zakresie osiągania wyższych stanów gotowości bojowej, manewru i przetwarzania informacji o sytuacji powietrznej;
- ilościową grupę, określającą zdolność w zakresie liczby przekazywanej informacji o sytuacji powietrznej;

⁶ Zespół oficerów. Obrona Powietrzna. Podręcznik. AON, 1996 s.140

1. 1. Czynniki wpływające na możliwości bojowe WRt SP

Podział III
Możliwości bojowe WRt SP kształtują przede wszystkim czynniki wewnętrzne czyli takie, na które możemy mieć wpływ. Do tej grupy czynników zalicza się: możliwości bojowe sprzętu (taktyczno - techniczne charakterystyki stacji radiolokacyjnych), ukształtowanie (rzeźbę) terenu w rejonach rozwijania środków radiolokacyjnych, poziom przygotowania stanów osobowych, niezawodność systemu łączności i przekazywania danych z rozpoznania radiolokacyjnego, efektywność dowodzenia, posiadany zapas części zamiennych i możliwość (w bardzo krótkim czasie) dokonania manewru i napraw uszkodzonego sprzętu.

Należy jednak pamiętać, że w określonej sytuacji powietrznej, w zależności od celu działań i zadania bojowego, przede wszystkim znaczenie ma przestrzeń i czas, w granicach których rezultat związany z wykryciem i rozpoznaniem ŚNP jest osiągany. W tym przypadku, o realnych możliwościach bojowych pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych wojsk radiotechnicznych decydują nie tylko czynniki wewnętrzne, ale przede wszystkim czynniki zewnętrzne.

Mianem czynników zewnętrznych określono te czynniki, które są całkowicie od nas niezależne. Do nich zalicza się: taktykę działania ŚNP, możliwości lotno - techniczne samolotów, zadanie jakie będzie przeciwnik wykonywał.

Rozwój techniki pozwala konstruować i wprowadzać w uzbrojenie ŚNP i środki rażenia, które zapewniają dużą precyzję wykonania ataku w dowolnych warunkach atmosferycznych, niezależnie od pory roku i doby. Doskonalone są ponadto właściwości samolotów przez co mają coraz wyższe walory bojowe.

Przeciwnik powietrzny, mając na uwadze własne bezpieczeństwo, dążył będzie do utrudnienia wykonania zadania przez siły OP, a przede wszystkim przez siły rozpoznania radiolokacyjnego, stosując wszelkiego rodzaju przedsięwzięcia maskujące działania swoich sił powietrznych, do których należą:

- lot na małych wysokościach;

- zakłócenia radioelektroniczne;
- ograniczanie skutecznej powierzchni odbicia ŚNP.

Ostatnie konflikty lokalne wykazały, że siły powietrzne odgrywają ważną, niejednokrotnie decydującą rolę w starciu zbrojnym. Efekty działań sił powietrznych w wielu przypadkach przesądziły o powodzeniu operacji lądowych i morskich, a w operacji nad Zatoką Perską prawie samodzielnie zapewniło zwycięstwo państwu koalicji antyirackiej.

1.1.1. Sposoby wykonywania lotów i taktyka działania ŚNP

Rozpoznanie obiektu powietrznego przez środki radiolokacyjne uzależnione jest od wielu czynników, wśród których jednym z najważniejszych jest wysokość jego lotu. Wykonywanie lotów w przedziale małych wysokości w znacznym stopniu ułatwia środkom napadu powietrznego skryte podejście do broniących obiektów oraz uzyskanie zaskoczenia pod względem czasu, miejsca i kierunku uderzenia.

Do działań na małych wysokościach przygotowana jest, obecnie większość samolotów lotnictwa taktycznego, pokładowego, wojsk lądowych oraz lotnictwa strategicznego. Szczególnie szybkie zmiany w tym zakresie miały miejsce latach 80-tych. Przejawiały się one w odpowiednim przygotowaniu samolotów w zakresie płatowcowo-silnikowym oraz specjalistycznego wyposażenia pokładowego.

Głównymi kierunkami zmian mających na celu przygotowanie samolotów do wykonywania zadań na małej wysokości było:

- zautomatyzowanie procesu wykrywania przeszkód terenowych;
- zastosowanie bardzo precyzyjnych systemów nawigacyjnych;
- zautomatyzowanie procesu kierowania lotem uwzględniające potrzebę krótkiego czasu reakcji na pojawiające się przeszkody.

W warunkach ciągłego rozwoju środków napadu powietrznego niezwykle trudnym jest określenie konkretnej taktyki działania przeciwnika powietrznego, gdyż nie będzie on działał według utartych szablonów.

Z punktu widzenia rozpoznania radiolokacyjnego największy wpływ na możliwości rozpoznania nisko lecących obiektów powietrznych mają:

- profile lotu oraz minimalna wysokość działania środków napadu powietrznego;
- przeciwdziałanie radioelektroniczne;
- ugrupowanie samolotów podczas działań na małych wysokościach;
- stosowane manewry;
- prędkość lotu;
- skuteczna powierzchnia odbicia obiektu powietrznego.

Wnioski z powojennych konfliktów zbrojnych wskazują, że profile lotu środków napadu powietrznego zarówno w czasie dolotu do obiektów uderzeń, jak i po wykonaniu zadania - mogą być różne. Zależć to będzie w znacznym stopniu od:

- skuteczności pokonywanego systemu OP;
- odległości obiektów uderzeń od lotniska startu;
- ukształtowania terenu na trasie lotu;
- warunków atmosferycznych i pory doby;
- wyposażenia samolotów w urządzenia radioelektroniczne i nawigacyjne;
- prędkości lotu samolotów i wyszkolenia załóg.

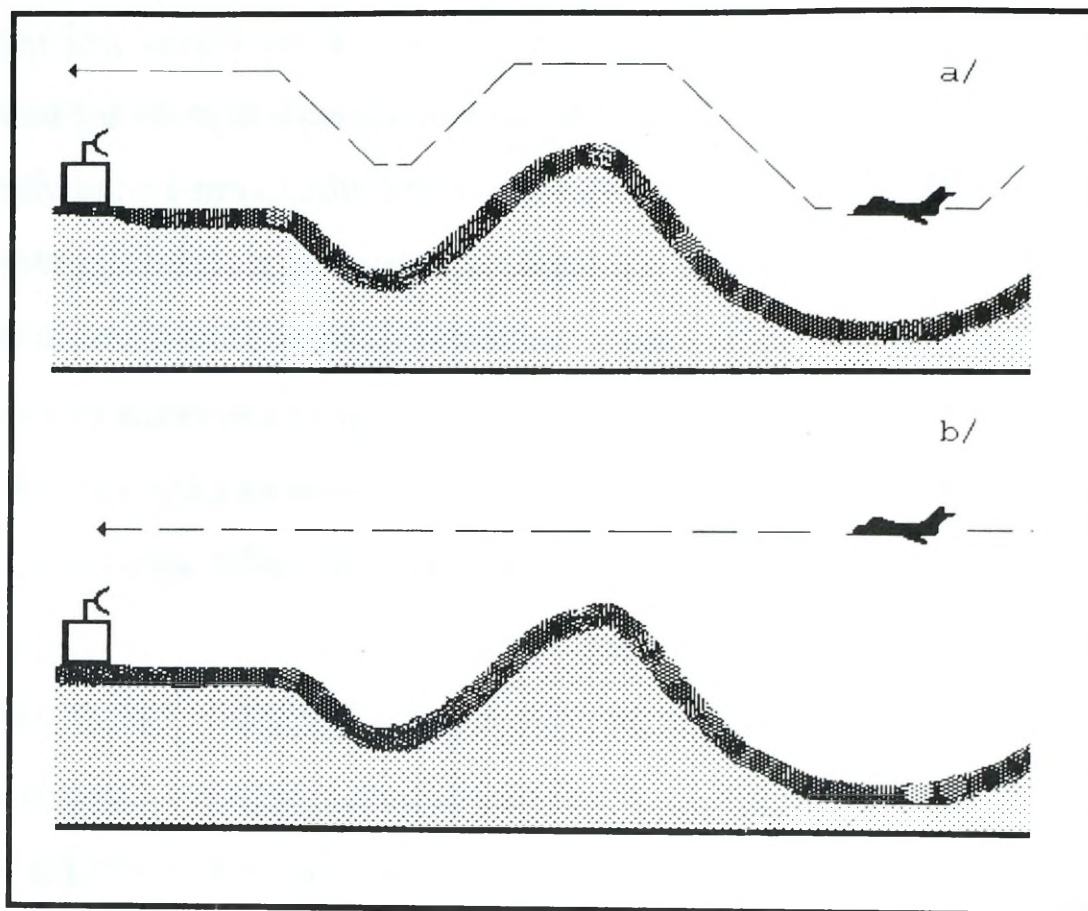
Współczesne samoloty bojowe są sukcesywnie wyposażane w zautomatyzowane systemy wykrywania i omijania przeszkód terenowych oraz precyzyjne systemy nawigacyjne. Na samolotach F-4 i F-111 zainstalowano stacje obserwacji terenu TFR (Terrain Following Radar). Dalszym rozwinięciem tego urządzenia jest system LANTRIN - podwieszany dwuczęściowy zasobnik zawierający stację TFR oraz pasywne urządzenie termolokacyjne FLIR. Urządzenie to może

być przenoszone przez samoloty typu F-16C, F-15E, A-10A. Podobnie wyposaża się samoloty TORNADO.

Należy przypuszczać, że samoloty będą najczęściej wykonywały lot na małej wysokości z określeniem stałego przewyższenia nad obiektami i przeszkodami terenowymi na trasie lotu, to jest na wysokości zależnej od wysokości przeszkód terenowych (Rys.1.a). Samoloty (zwłaszcza starszej generacji) mogą wykonywać lot z określeniem minimalnej bezpiecznej wysokości nad najwyższą przeszkodą terenową na trasie lotu, według wskazań wysokościomierza (Rys.1.b). W każdym jednak przypadku wysokość lotu będzie taka, aby pilot mógł w sytuacji awaryjnej przejąć pełną kontrolę nad samolotem.

Lotnictwo uderzeniowe w celu maksymalnego wykorzystania możliwości bojowych swych samolotów będzie prawdopodobnie stosowało zmienny profil lotu do obiektów uderzeń. Polega on na wykonywaniu lotu nad własnym obszarem na wysokościach średnich i dużych, a następnie stopniowym zmniejszaniu wysokości w miarę zbliżania się do granicy strefy rozpoznania radiolokacyjnego systemu obrony powietrznej. Dalszy lot do obiektów uderzeń jak i odejście po wykonaniu zadania w tym wariantcie odbywa się na małej i bardzo małej wysokości aż do przejścia do wysokości średnich i dużych nad własnym obszarem.

koniec



Rys. 1. Profile lotu na małych wysokościach:

- a) z określeniem stałego przewyższenia nad obiektami i przeszkodami terenowymi;
- b) z określeniem minimalnej, bezpiecznej wysokości nad najwyższą przeszkodą na trasie lotu.

Minimalne wysokości na jakich mogą działać samoloty zależą od wielu czynników. Niektóre z nich zostały już wymienione. Ponadto minimalna wysokość lotu w rejonie obiektów uderzeń zależać będzie od sposobu atakowania obiektu oraz stosowanych środków rażenia. Mając powyższe na uwadze, należy stwierdzić, iż określenie minimalnych wysokości lotu samolotów jednoznaczną wartością jest niemożliwe, ponieważ zależą one od zbyt dużej ilości czynników. Jednakże na podstawie dostępnych źródeł oraz doświadczeń z lokalnych konfliktów zbrojnych można wnioskować, że wysokości te zawierają się w przedziałach rzędu:

- 15-20 m - nad morzem;
- 35-45 m - nad terenem równinnym;
- 50-200 m - nad terenem pociętym (pagórkowatym) i zalesionym;
- 200-400 m - nad terenem górzystym..

1.1.2. Zakłócenia radioelektroniczne

Nieodłącznym elementem współczesnych działań bojowych jest przeciwdziałanie radioelektroniczne. Umiejętne stosowanie zakłóceń radioelektronicznych przeciw środkom radiolokacyjnym wojsk radiotechnicznych może doprowadzić do częściowego pozbawienia OP informacji o aktualnej sytuacji powietrznej, niezbędnej do dowodzenia wojskami. Obezwładnianie radioelektroniczne środków rozpoznania radiolokacyjnego będzie realizowane głównie w celu:

- maskowania kierunku głównego uderzenia lotnictwa;
- utrudnienia wykrycia samolotów w powietrzu;
- zabezpieczenia wykonania głównego uderzenia z zaskoczenia;
- utrudnienia użycia przeciwlotniczych zestawów raketowych;
- dezorganizacji systemu dowodzenia lotnictwem myśliwskim.

Większość współczesnych samolotów bojowych może przenosić różnorodną aparaturę zakłócającą, pozwalającą na zakłócanie stacji radiolokacyjnych pracujących w przedziale częstotliwości od 0,1 do 23 GHz (Załącznik 2). Szczególne możliwości w tym zakresie posiadają samoloty i śmigłowce wyspecjalizowane, do których można zaliczyć: amerykańskie EF-111, EA-6B, F-4G "Wild Weasel", EC-130, niemiecki HFB-320 czy też rosyjskie Jak-28PP, Mi-17PP. Jeden taki samolot może zakłócić 8-12 stacji radiolokacyjnych, a gęstość mocy zakłóceń może wynosić od kilkudziesięciu W/MHz, w przypadku zakłóceń szerokopasmowych, do kilkuset W/MHz, w przypadku zakłóceń wąskopasmowych.

Samoloty (śmigłowce) te mogą osłaniać grupy uderzeniowe, stosując zakłócenia radioelektroniczne z wyznaczonych stref dyżurowania jak i wykonując lot w składzie tych grup.

Obezwładnianie stacji radiolokacyjnych zakłóceniami radioelektronicznymi przyczynia się do zmniejszenia skuteczności aktywnych środków walki, natomiast bezpośrednim efektem zakłócania RLS jest:

- zmniejszenie możliwości, a czasem uniemożliwienie wykrywania i śledzenia obiektów powietrznych z określoną dyskretnością;
- zmniejszenie możliwości określania typu, ugrupowania bojowego i przeznaczenia taktycznego wykrytych obiektów powietrznych;
- pogorszenie dokładności określania współrzędnych przestrzennego położenia wykrytych obiektów powietrznych;
- zmniejszenie wiarygodności identyfikacji przynależności państwowej wykrytych obiektów powietrznych.

1.1.3. Ugrupowanie ŚNP

Działania bojowe taktycznych sił powietrznych w ramach powietrznej operacji zaczepnej mogą mieć charakter zmasowanych nalotów na wybranych kierunkach operacyjno powietrznych. Ugrupowanie operacyjne lotnictwa w nalocie na zasadniczych kierunkach może składać się z 2-3 rzutów, a rzuty z fal, w składzie kilku grup ŚNP przeznaczenia taktycznego.

Pierwszy rzut ŚNP w nalocie lub czołowe fale tego rzutu mogą składać się ze środków bezpilotowych (samosterujących raket skrzydlatych, samolotów bezpilotowych). Ich zadaniem może być np. wykonanie uderzeń na zasadnicze stanowiska dowodzenia wojsk operacyjnych i OP, potencjał lotniczy, lotniska, inne elementy systemu OP. Nie można wykluczyć pozorowania przez nie głównych

kierunków nalotu oraz stosowania aktywnych i pasywnych zakłóceń radioelektronicznych.

Zasadniczym zadaniem ŚNP drugiego rzutu będzie prawdopodobnie pokonanie systemu OP na wybranych odcinkach jej przełamania i stworzenie dogodnych warunków dolotu do obiektów uderzeń środkiem napadu powietrznego kolejnych rzutów.

Działania ŚNP biorących udział w nalocie mogą być zabezpieczane przez; lotnictwo myśliwskie (grupy osłony), wykonujące najczęściej lot z przewyższeniem nad grupami samolotów uderzeniowych; samoloty systemów wczesnego wykrywania i naprowadzania oraz samoloty systemów rozpoznawczo - uderzeniowych, dyżurujące w strefach oddalonych od linii styczności wojsk o 100-150 km⁷.

Ugrupowanie samolotów podczas działań na małej wysokości może być różnorodne. Zazwyczaj składać się będzie ono z pojedynczych samolotów i małych grup, w składzie od 2-4 do 8-12 samolotów, a w niektórych przypadkach i większych grup. Jednak obiektywnie należy stwierdzić, że na małych wysokościach lotnictwo nie ma zbyt dużej swobody w wyborze ugrupowania, jak to ma miejsce na wysokościach średnich i dużych.

Ugrupowania samolotów mogą być zwarte, gdzie odstępy między samolotami w parze i w kluczu mogą wynosić od 30 do 50 m, a odległości do 300 m, odstępy między parami w kluczu 200-300 m, natomiast odległości do 800 m.

W ugrupowaniu luźnym odstępy między samolotami mogą wynosić 100-200 m, a odległości 300-1000 m.

Dla efektywności rozpoznania radiolokacyjnego stopień rozśrodkowania grupy podczas działań ma zasadnicze znaczenie, ze względu na możliwość określenia liczby obiektów powietrznych w grupie. Za ugrupowanie zwarte dla WRt

⁷A. Adamczyk. Rozpoznanie radiolokacyjne w obronie powietrznej Rzeczypospolitej Polskiej. Wyd. AON. Warszawa 1992r.

uważa się takie ugrupowanie, gdzie odstępy między samolotami są mniejsze od rozróżnialności RLS w azymucie, natomiast odległości między samolotami, parami, kluczami są mniejsze od rozróżnialności RLS w odległości. Mamy wtedy do czynienia z sumaryczną wartością skutecznych powierzchni odbicia i taki obiekt wykrywany jest na większych odległościach aniżeli pojedynczy samolot.

Jednakże zwarte ugrupowanie środków napadu powietrznego w znacznym stopniu utrudnia rozróżnienie przez RLS pojedynczych samolotów w grupach, a więc określenie składu grup. Natomiast za ugrupowanie luźne, w tym przypadku, uważa się takie ugrupowanie, gdzie odstępy i odległości między samolotami są większe niż możliwa rozróżnialność RLS w odległości i azymucie. Inaczej mówiąc, gdzie poszczególne samoloty mogą być oddzielnie śledzone przez operatorów stacji radiolokacyjnych.

Ugrupowania luźne mogą być w pewnych przypadkach dla wojsk radiotechnicznych niekorzystne, ponieważ mamy wtedy do czynienia z dużą liczbą jednocześnie działających obiektów powietrznych. Z uwagi na ograniczone możliwości w zakresie zbioru i opracowania informacji o sytuacji powietrznej mogą zaistnieć przypadki braku możliwości wydawania informacji o niektórych obiektach ze względu na tzw. "zatkanie" systemu.

1.1.4. Manewr ŚNP

Mimo ograniczeń jakie stwarza wykonywanie lotu na małej wysokości należy sądzić, że manewr będzie nieodłącznym elementem taktyki działania środków napadu powietrznego. Samoloty mogą stosować manewr kursem, wysokością i prędkością lotu. Podobny manewr może wykonywać kilka lub kilkanaście samolotów w grupie.

Dla wojsk radiotechnicznych szczególnie trudne sytuacje powstają gdy:

- cele pojedyncze dokonują zdecydowanego manewru kursem z jednoczesnym zniżaniem wysokości lotu. Wówczas mamy do czynienia z zanikami obserwowanych obiektów na urządzeniach wskaźnikowych RLS, spowodowanymi ograniczonym zasięgiem wykrywania na małej wysokości jak i zmianą sylwetki samolotu w stosunku do RLS, a co za tym idzie w pewnych przypadkach, zmniejszeniem jego skutecznej powierzchni odbicia.⁸ Cele takie mogą być już ponownie nie wykryte lub też po ponownym wykryciu błędnie numerowane. Zjawiska te wpływają ujemnie na proces opracowania i analizy informacji radiolokacyjnej;
- grupowe cele powietrzne rozdziela się na mniejsze grupy lub pojedyncze samoloty. Wówczas mamy do czynienia ze zwiększoną liczbą obiektów powietrznych. Może to doprowadzić do sytuacji, w której wykrywanie, śledzenie i wydawanie informacji o wszystkich obserwowanych obiektach będzie niemożliwe;
- grupowe lub pojedyncze cele powietrzne wykonują manewr wysokością zniżając lot do wysokości, na której stacje radiolokacyjne posiadają minimalne możliwości wykrywania lub też w ogóle ich nie posiadają.⁹

Manewr prędkością jest dla wojsk radiotechnicznych o tyle istotny, że zwiększenie prędkości przez wykryty, nisko lecący obiekt powietrzny, ogranicza czas jego przebywania w strefach rozpoznania radiolokacyjnego poszczególnych posterunków, co znacznie utrudnia określenie charakterystyk tego obiektu.

W przypadku jednoczesnego oddziaływania małej liczby obiektów powietrznych oraz braku przeciwdziałania radioelektronicznego, ich wykrycie i śledzenie

⁸ Określenie "skuteczna powierzchnia odbicia" oznacza sztuczną powierzchnię bez strat (ekwiwalent obiektu powietrznego), która odbijając energię fali padającej izotropowo, powoduje odbiór przez stację radiolokacyjną takiej ilości energii, jaką odbija rzeczywisty obiekt powietrzny.

⁹Grzeszek E. Problemy wykrywania i śledzenia obiektów (celów) powietrznych na małych wysokościach przez wojska radiotechniczne w warunkach PRL (Rozprawa doktorska). ASG. Warszawa 1979r.

jest możliwe. Natomiast w skomplikowanej sytuacji taktycznej (duża liczba obiektów, zakłócenia) mogą być one często "gubione" przez operatorów, a niekiedy wręcz nie wykryte.

Z dostępnej literatury o współczesnych środkach napadu powietrznego wynika, że maksymalne prędkości lotu większości samolotów bojowych sięgają rzędu 1500-2500 km/h. Niemniej jednak ich maksymalne prędkości na małych wysokościach jak i prędkości przelotowe podczas wykonywania zadań bojowych są znacznie mniejsze. Analizując działalność lotnictwa w powojennych konfliktach zbrojnych można stwierdzić, że loty na małych wysokościach były wykonywane nie na maksymalnych prędkościach, lecz najczęściej na prędkościach poddźwiękowych. Według poglądów specjalistów lotnictwa, prędkość samolotów wykonujących zadania na małych wysokościach powinna się ograniczać do przedziału 0,7-0,9 Ma (700-1100 km/h tj. około 12-16 km/min).

1.1.5. Użycie ŚNP o małej skutecznej powierzchni odbicia

Wykorzystanie do celów rozpoznania

Z punktu widzenia rozpoznania radiolokacyjnego bardzo istotne znaczenie posiada wartość skutecznej powierzchni odbicia obiektu powietrznego. Wpływają na nią następujące elementy konstrukcyjne samolotu:

- kształt i wielkość płatowca;
- wirujące turbiny silnika widoczne przez dysze wlotowe;
- rodzaj materiału z jakiego wykonano samolot;
- uzbrojenie i wyposażenie podwieszane na węzłach zewnętrznych;
- instalacje wewnętrzne oraz elementy mechanizacji płatowca.

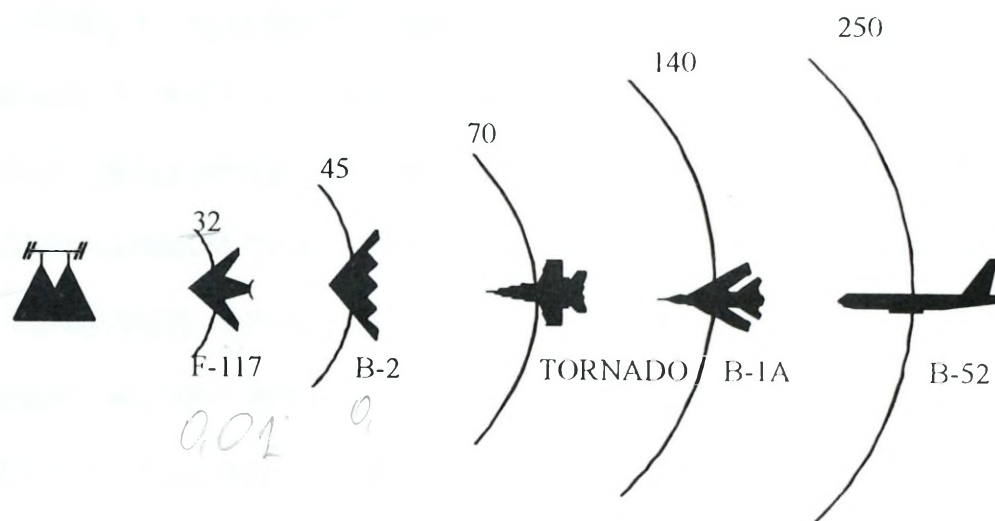
Wymogi współczesnego pola walki pociągają za sobą konieczność zapewnienia samolotom bojowym takich cech jak duża prędkość pionowa i pozioma, wysoka manewrowość, możliwość przenoszenia różnorodnego uzbrojenia i wyposażenia stosownie do wykonywanych zadań oraz wykonywanie lotów na wy-

sokościach od granicznie małych do stratosferycznych. Przedsięwzięcia konstrukcyjne, które zapewniają powyższe cechy powodują efekt uboczny w postaci wzrostu skutecznej powierzchni odbicia. Zdecydowana większość współczesnych i perspektywicznych samolotów bojowych m.in. F-15, F-18, TORNADO, SU-27, MiG-29, Rafale czy też EFA jest wyposażona w dwa silniki. Takie rozwiązanie przyczynia się do zdecydowanego wzrostu skutecznej powierzchni odbicia. Spowodowane jest to głównie kształtem dysz wlotowych, skomplikowaną konstrukcją dysz wylotowych, rozmiarami silnika oraz średnicą wirnika turbiny wstępnego sprężania. Następnym czynnikiem warunkującym wartość skutecznej powierzchni odbicia jest kształt płatowca oraz elementy jego mechanizacji. Takie elementy jak płetwy, stateczniki, hamulce aerodynamiczne, sloty i lotki, czy też w niektórych przypadkach skrzydła o zmiennej geometrii, stanowią dodatkową płaszczyznę lub krawędź odbijającą energię elektromagnetyczną. Również przenoszone przez samoloty uzbrojenie i wyposażenie na zewnętrznych belkach podskrzydłowych lub podkadłubowych powoduje znaczny wzrost echa radiolokacyjnego. Zabiegiem mającym na celu zmniejszenie wartości skutecznej powierzchni odbicia jest zastępowanie tradycyjnych materiałów tworzywami niemetalicznymi.

W samolotach perspektywicznych takich jak Rafale, EFA czy Grippen udział procentowy takich tworzyw może dochodzić do 40 %.

Szczególne ograniczenie możliwości rozpoznania radiolokacyjnego występuje w przypadku obiektów klasy "stealth". Ze względu na to, że głównym źródłem informacji o sytuacji powietrznej są środki rozpoznania radiolokacyjnego, szczególny nacisk położono na maksymalne zmniejszenie wartości skutecznej powierzchni odbicia. Najnowszym osiągnięciem w tej dziedzinie są samoloty wykonane w technice "stealth" typu F-117A, B-2 oraz prawdopodobnie posiadany przez siły powietrzne Rosji, trudno wykrywalny samolot MiG-37B. Dzięki odpowiednim zabiegom konstrukcyjnym w przypadku F-117A osiągnięto wartość skutecznej powierzchni odbicia 0,03 m².

Z analizy możliwości wykrywania obiektów powietrznych przez stacje radiolokacyjne wojsk radiotechnicznych wynika, że najtrudniejszym do wykrycia i rozpoznania obiektem powietrznym jest samolot F-117 (patrz rys. 2).



Rys.2. Zasięg wykrywania niektórych samolotów o różnej skutecznej powierzchni odbicia przez RLP na średnich wysokościach ich lotu.

Działania wojenne w rejonie Zatoki Perskiej wykazały, że zastosowanie na szeroką skalę dezinformacji, zakłóceń radioelektronicznych oraz wprowadzenie do walki przez Amerykanów samolotów F-117, trudnych do wykrycia przez środki radiolokacyjne i umiejętne ich wykorzystanie, spowodowało złamanie podstawowych założeń koncepcyjnych, strukturalnych i organizacyjnych irackiego systemu obrony powietrznej. Bezpośrednim skutkiem tych działań było prawie natychmiastowe sparaliżowanie systemu rozpoznania, dowodzenia i łączności irackiego systemu OP.

1.2. Możliwości WRt SP w zakresie organizacji strefy rozpoznania radiolokacyjnego

Przestrzenna grupa wskaźników możliwości bojowych dotyczy parametrów strefy wykrywania i rozpoznania radiolokacyjnego do których zaliczamy:

- zasięg strefy wykrywania radiolokacyjnego;
- zasięg strefy rozpoznania radiolokacyjnego;
- wysokość dolnej i górnej granicy strefy rozpoznania radiolokacyjnego;
- powierzchnia poziomego przekroju strefy rozpoznania radiolokacyjnego;
- współczynnik przekrycia strefy rozpoznania radiolokacyjnego;
- współczynnik ściśnięcia strefy rozpoznania radiolokacyjnego;

1.2.1. Strefa wykrywania

Wykrywanie obiektów powietrznych przez wojska radiotechniczne jest realizowane w ich strefie wykrywania.

Strefa wykrywania radiolokacyjnego wojsk radiotechnicznych jest to obszar przestrzeni, wypełniony energią elektromagnetyczną wypromienioną przez środki radiolokacyjne tych wojsk, w granicach którego istnieje możliwość stwierdzenia obecności obiektów powietrznych o ustalonej skutecznej powierzchni odbicia.

Granice strefy wykrywania radiolokacyjnego określa się dla założonego prawdopodobieństwa wykrycia obiektów powietrznych.

Strefa wykrywania radiolokacyjnego jest tworzona przez pokrywające lub zazębiające się strefy wykrywania posterunków radiolokacyjnych, które mogą być rozmieszczone na ziemi, morzu lub w powietrzu.

Zasięgiem strefy wykrywania WRt (D_{WRt}) jest odległość, mierzona od linii ugrupowania pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych lub powietrznych) posterunków radiolokacyjnych do granicy strefy wykrywania obiektów powietrznych przez te środki rozpoznania radiolokacyjnego, które mają największe możliwości w tym zakresie.

Zasięg ten można określić z następującej zależności:

$$D_{WRt} = \max (D_{RLPz}, D_{RLPn}, D_{RLPp})$$

gdzie:

D_{WRt} - zasięg strefy wykrywania wojsk radiotechnicznych;

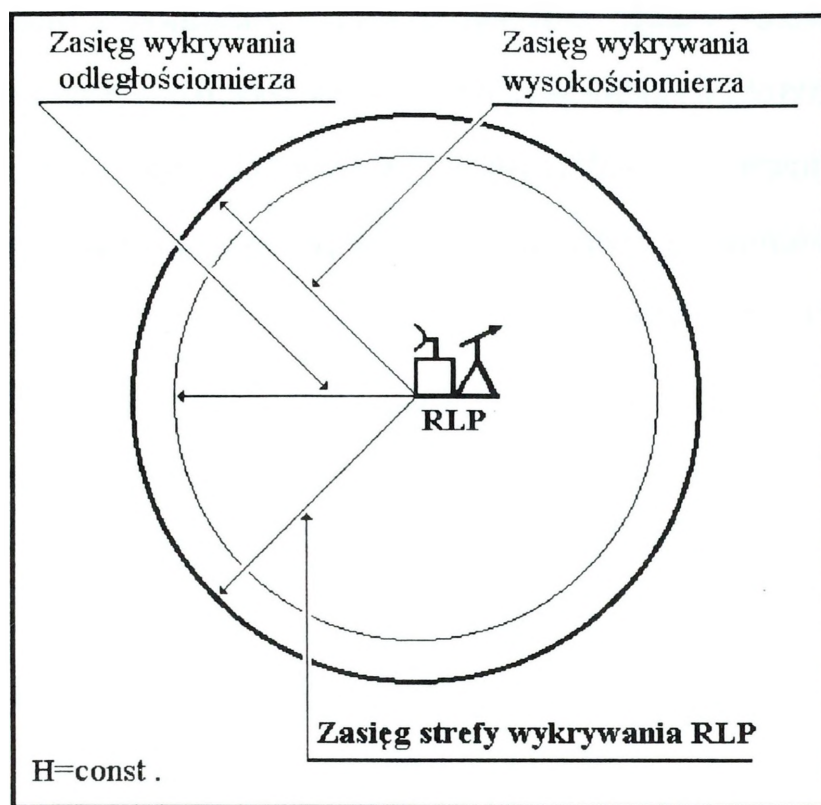
D_{RLPz} -zasięg strefy wykrywania naziemnych posterunków radiolokacyjnych;

D_{RLPn} -zasięg strefy wykrywania nawodnych posterunków radiolokacyjnych;

D_{RLPp} -zasięg strefy wykrywania powietrznych posterunków radiolokacyjnych.

Strefa wykrywania naziemnego (nawodnego, powietrznego) posterunku radiolokacyjnego jest to wycinek przestrzeni, w granicach której środki radiolokacyjne (stacje radiolokacyjne) tego posterunku mogą wykrywać obiekty powietrzne o założonej skutecznej powierzchni odbicia z ustalonym prawdopodobieństwem.

Zasięg strefy wykrywania naziemnego (nawodnego, powietrznego) posterunku radiolokacyjnego jest to odległość, określona od miejsca rozwinięcia tego posterunku (środek strefy dyżurowania posterunku powietrznego) do granicy strefy wykrywania obiektów powietrznych przez stację radiolokacyjną posterunku, która ma największe możliwości w tym zakresie (patrz rys. 3).



Rys.3. Zasięg strefy wykrywania RLP

Zasięg ten określa się z zależności:

$$D_{\text{RLP}} = \max (D_{o1} \dots D_{on}; D_{T1} \dots D_{Tn})$$

gdzie: D_{RLP} - zasięg wykrywania posterunku radiolokacyjnego;

$D_{o1} \dots D_{on}$ - zasięg wykrywania n-tego odległościomierza radiolokacyjnego;

$D_{T1} \dots D_{Tn}$ - zasięg wykrywania n- tej trójwspółrzędnej stacji radiolokacyjnej.

Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej jest to wycinek przestrzeni, wypełniony energią elektromagnetyczną, w granicach którego istnieje możliwość wyróżnienia w kanale odbiorczym tej stacji sygnału wypromieniowanego przez jej nadajnik i odbitego od obiektu powietrznego o ustalonej skutecznej powierzchni odbicia.

Granice tej strefy określa się dla założonego prawdopodobieństwa wykrycia obiektów powietrznych.

Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza powstaje przez obrót jej charakterystyki promieniowania wokół osi pionowej. Natomiast strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej - wysokościomierza powstaje przez przemieszczanie - wahanie jej charakterystyki w płaszczyźnie pionowej, z jednoczesnym obrotem wokół własnej osi.

Zasięgiem wykrywania stacji radiolokacyjnej nazywamy maksymalną odległość, mierzoną od miejsca rozwinięcia tej stacji do granicy jej strefy wykrywania obiektów powietrznych. Zasięg ten zależy od parametrów technicznych stacji radiolokacyjnej, tłumienia w atmosferze fal elektromagnetycznych wypromieniowanych przez tę stację, krzywizny ziemi i ukształtowania jej powierzchni w rejonie rozwinięcia stacji.

Zasadniczym problemem utrudniającym rozpoznanie obiektów powietrznych lecących na małych wysokościach jest mały zasięg ich wykrywania. Jedną z głównych przyczyn tego stanu rzeczy jest kulistość powierzchni ziemi. Zasięg ten przy uwzględnieniu troposfery standardowej¹⁰ oraz dodatniej refrakcji fal radiowych¹¹, równa się zasięgowi horyzontu radiowego.

Określić go można z zależności:

$$D_{hr} = 4,12 (\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c})$$

gdzie: D_{hr} - zasięg horyzontu radiowego;

h_a - wysokość zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej;

H_c - wysokość lotu obiektu powietrznego;

4,12 - współczynnik uwzględniający krzywiznę ziemi (przelicznik metrów na kilometry) - nad morzem przyjmuje wartość 5.

¹⁰ Troposfera standardowa spełnia następujące warunki: ciśnienie nad powierzchnią ziemi $p=1015$ mb, względna wilgotność $\varepsilon=70\%$, względna przenikalność dielektryczna $\gamma=1,000676$, temperatura $T=18^{\circ}\text{C}$ i maleje w funkcji z gradientem $0,0065^{\circ}/\text{m}$.

¹¹ Refrakcja dodatnia - tor fali elektromagnetycznej jest odchylany w kierunku powierzchni ziemi, powoduje to zwiększenie zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej

Z zależności wynika, że aby zwiększyć zasięg wykrywania musi rosnąć wysokość zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej lub wysokość lotu obiektu powietrznego. Ze względu na to, iż ta druga wielkość jest niezależna od prowadzącego rozpoznanie, pozostaje więc tylko jedna wielkość, której wartość może wzrastać, a mianowicie wysokość zawieszenia anteny (patrz tab.1).

Tabela 1

Zasięgi horyzontu radiowego dla różnych wartości H_c i h_a

Hc (m)	h _a (m)								
	10	20	30	50	100	200	300	400	500
50	42,2	47,5	51,7	58,3	70,3	87,4	100,5	111,5	121,3
100	54,2	59,6	63,7	70,3	82,4	94,5	112,5	123,6	133,3
200	71,3	76,7	80,8	87,4	99,5	116,6	129,6	140,6	150,4
300	84,4	89,7	93,9	100,5	112,5	129,6	142,7	153,7	163,5
400	95,4	100,8	104,9	111,5	123,6	140,6	153,7	164,8	174,5
500	105,2	110,5	114,7	121,3	133,3	150,3	163,5	174,5	184,2

Przy określaniu zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach, należy uwzględnić współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego (K_h), który zależy od parametrów technicznych stacji i określa wielkość całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej na drodze jej rozchodzenia się. W zależności od typu i parametrów technicznych stacji, współczynnik K_h przyjmuje różne wartości, w przedziale od 0 do 1.

Zasięg wykrywania obiektów nisko lecących przy uwzględnieniu tego współczynnika można obliczyć z zależności:

$$D_{hr} = 4,12 K_h (\sqrt{ha} + \sqrt{Hc})$$

gdzie: K_h - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego.

Zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych na poszczególnych wysokościach są określone przez producenta na podstawie badań, których wyniki są przedstawiane w dokumentacji technicznej stacji w postaci przybliżonych wartości zasięgów wykrywania. Z reguły wartości te nie przekraczają odległości horyzontu radiowego na określonej wysokości (patrz tab.2).

Tabela 2

Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych na małych wysokościach

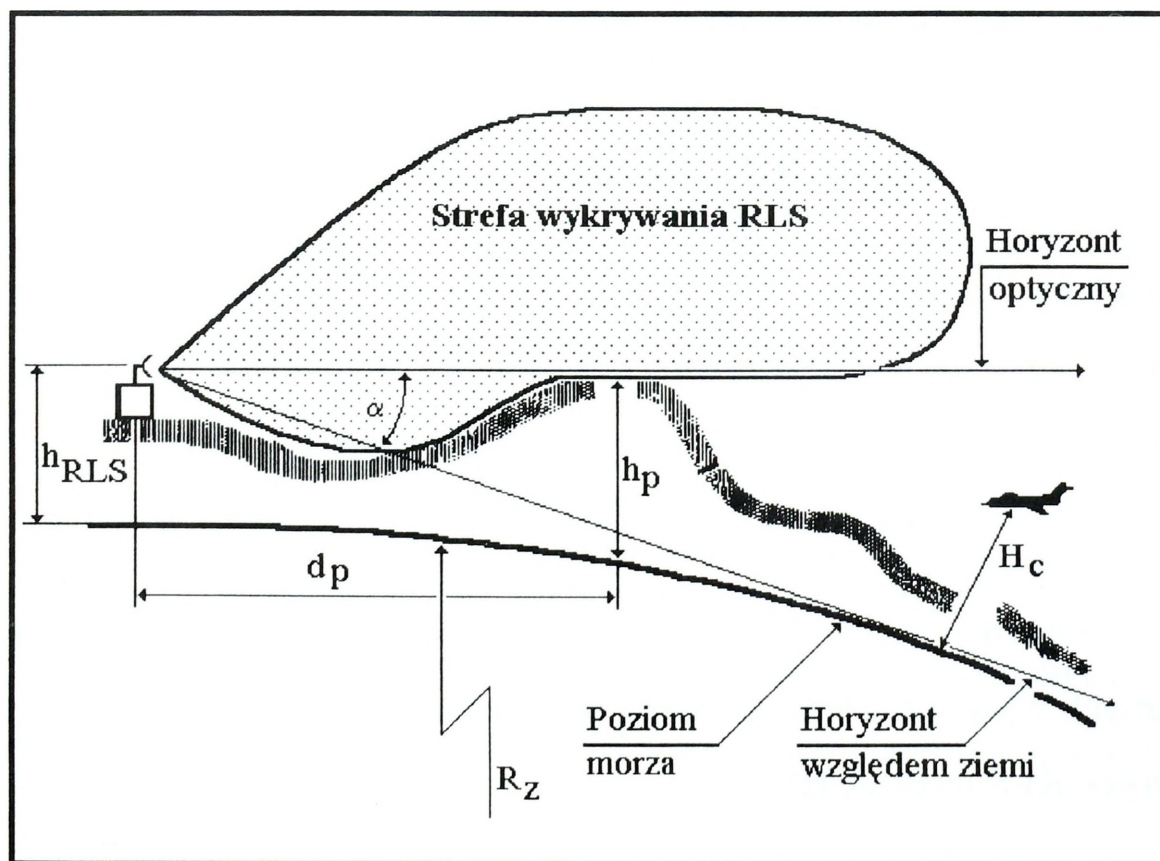
Zasięg wykrywania (km) samolotu typu MiG-21n = 6obr/min $P_w = 0,5$									
ODLEGŁOŚCIOMIERZE (zakresu) cm i dcm									
H_c (m)	K-66	P-37	N-11	N-22	RT-17W	J-2p.	J-2ML	N-12	N-31
50	32	-	28	35	43	38	-	40	-
100	42	30	35	45	50	50	40	48	30
200	57	35	50	58	65	58	48	60	35
300	70	40	60	55	70	70	60	70	50
500	85	50	80	85	90	80	70	88	70

Dane zawarte w tabeli 2 wskazują, że największym zasięgiem wykrywania obiektów powietrznych na małych wysokościach charakteryzują się stacje typu K-66, NUR-11, NUR-12, NUR-22, RT-17W, JAWOR M-2P.

Zestawiając tabelę przyjęto, że wokół miejsca rozwinięcia stacji radiolokacyjnej występują idealne warunki terenowe. W rzeczywistości wokół miejsca rozwinięcia RLS występują różnorodne przeszkody terenowe tworzące kąty za-

krycia, które w znacznym stopniu ograniczają zasięg wykrywania. Ma to miejsce szczególnie w przedziale małych wysokości. Wpływ tych kątów przy wyznaczaniu realnego zasięgu jest uwzględniany poprzez wprowadzenie współczynnika kąta zakrycia, którego wartość zależy od wysokości przeszkody terenowej i jej odległości od stacji radiolokacyjnej.

Znaczący wpływ na zasięg wykrywania nisko lecących obiektów powietrznych przez stację radiolokacyjną ma tłumienie jej strefy wykrywania przez przeszkody terenowe. Tłumienie to, przy wyznaczaniu zasięgu stacji radiolokacyjnej, jest wyrażone współczynnikiem kąta zakrycia pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej, którego wartość zależy od wysokości przeszkody terenowej i jej odległości od stacji (patrz rys.4).



Rys.4. Zasięg wykrywania RLS przy uwzględnieniu kątów zakrycia

Zasięg wykrywania z uwzględnieniem współczynnika kąta zakrycia można określić z zależności:

$$D_{RLS} = 4,12 K_h K_\alpha (\sqrt{ha} + \sqrt{Hc})$$

gdzie: K_α - współczynnik kąta zakrycia pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej, który jest określany z zależności:

$$K_\alpha = \sqrt{1 + \frac{Rz}{2Hc}} \sin^2 \alpha - \sin \alpha \sqrt{\frac{Rz}{2Hc}}$$

gdzie: R_z - ekwiwalentny promień ziemi dla standardowej troposfery (8500 km);

α - kąt zakrycia pozycji RLS, w stopniach, określany z zależności:

$$\alpha = \frac{(h_p - h_{RLS} - h_z)}{d_p} 57,33$$

gdzie: h_p - wysokość przeszkody terenowej;

h_{RLS} - wysokość zawieszenia anteny RLS;

d_p - odległość od RLS do przeszkody terenowej (w metrach);

h_z - poprawka wysokości związana z krzywizną ziemi (w metrach), którą określamy z zależności:

$$h_z = \frac{d_p^2}{R_z}$$

gdzie: d_p - odległość pozioma od stacji do przeszkody.

Uogólnione zasięgi wykrywania, z uwzględnieniem standardowej refrakcji, dla różnych wysokości lotu obiektów powietrznych i przy różnych kątach zakrycia pozycji RLS ilustruje tabela 3.

Tabela 3

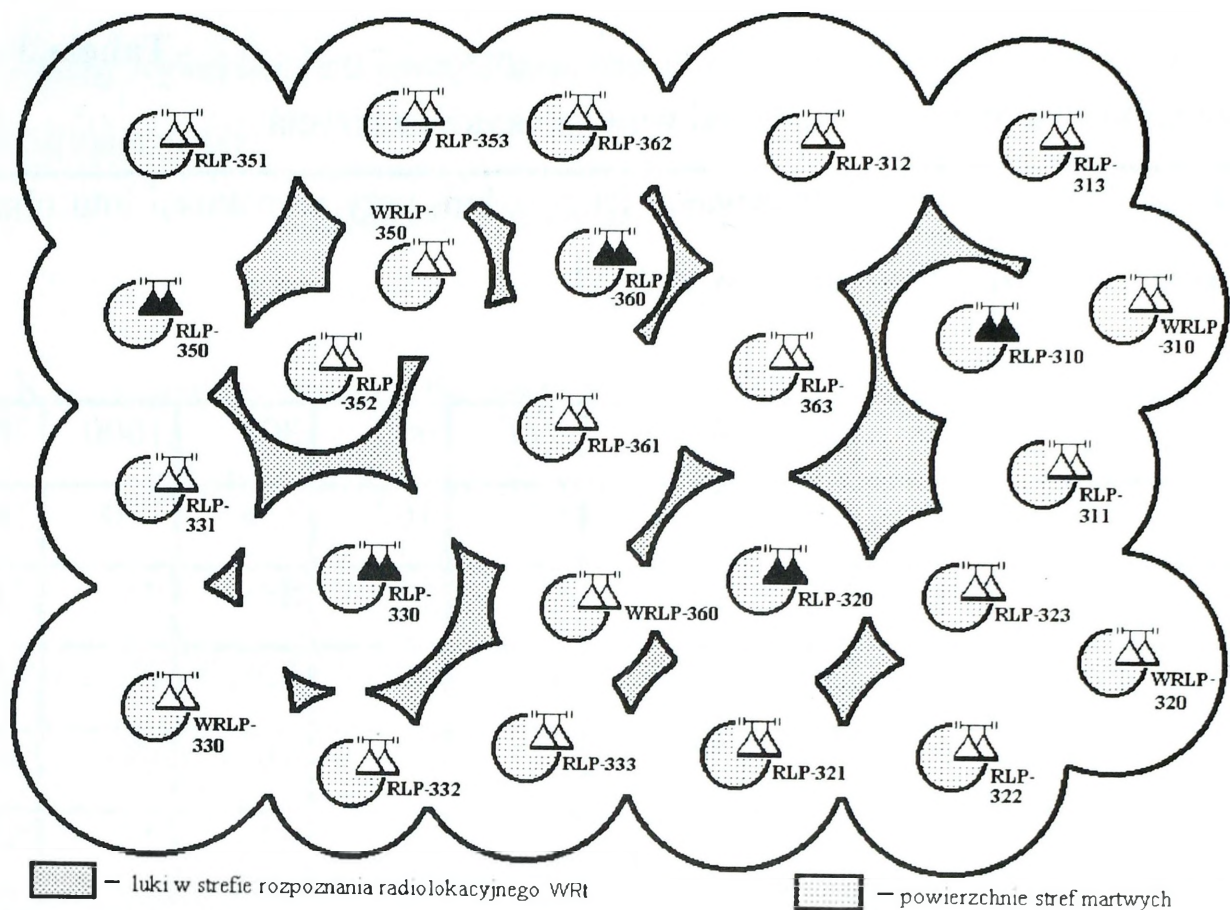
Zasięg wykrywania w zależności od wartości kątów zakrycia

Wielkość kątów zakrycia pozycji RLS	Zasięg wykrywania RLS w km, przy wysokości lotu obiektu powietrznego w metrach							
	100	200	300	400	600	800	1000	2000
0'	41	58	71	82	100	116	130	183
15'	18	32	43	52	70	84	98	150
30'	11	20	28	35	50	62	75	122
1°	6	11	17	21	32	40	49	90
2°		6	8	11	16	22	27	52
3°			6	8	13	16	19	38

1.2.2. Strefa rozpoznania radiolokacyjnego

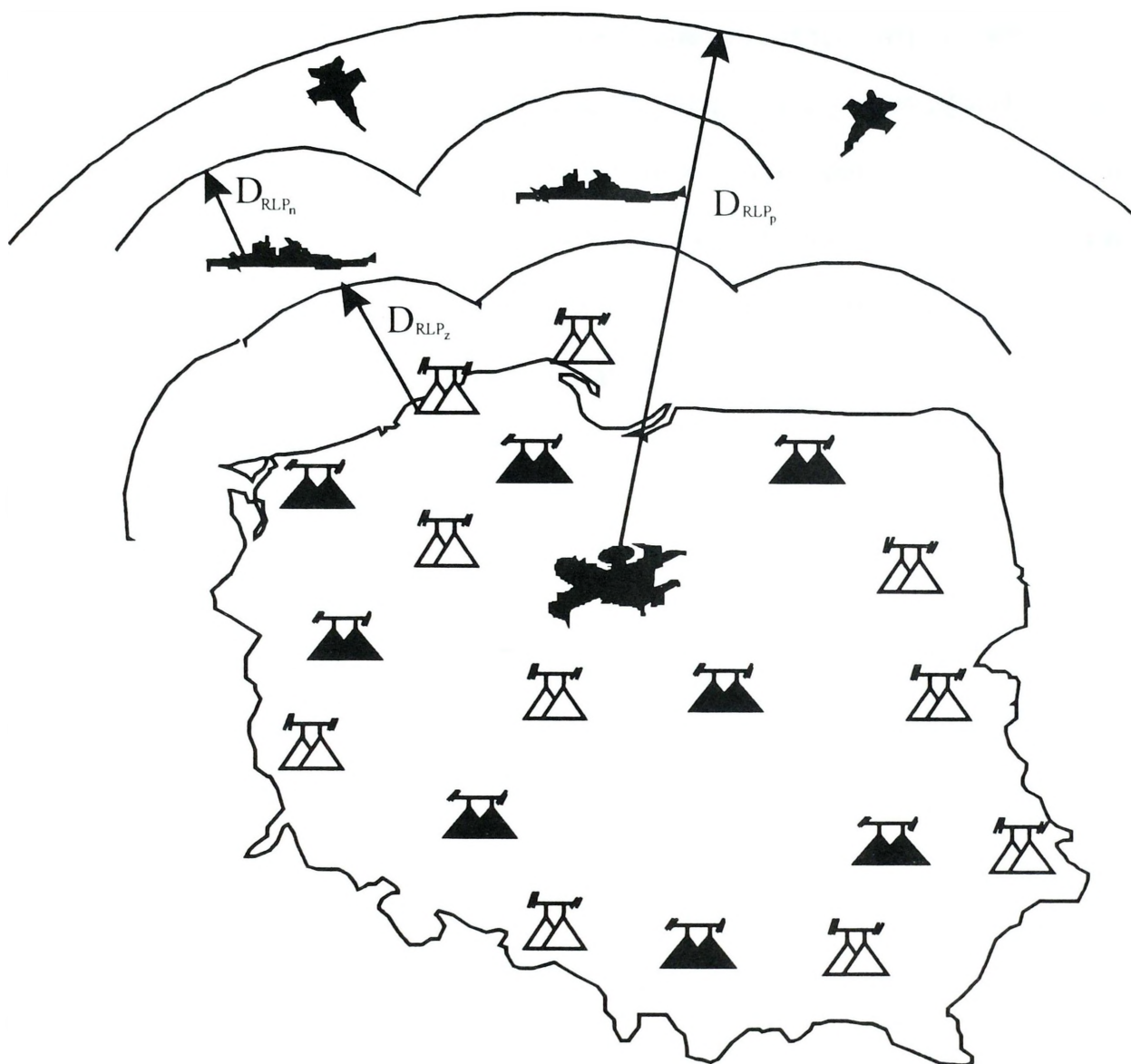
Strefa rozpoznania radiolokacyjnego wojsk radiotechnicznych jest to część ich strefy wykrywania, w granicach której istnieje możliwość ciągłego śledzenia wykrytych obiektów powietrznych, określania ich charakterystyki za pomocą stacji radiolokacyjnych i urządzeń rozpoznawczo - zapytujących typu "swoj-obcy", z założoną wiarygodnością i dokładnością

Strefa ta tworzona jest przez zazębiające się strefy rozpoznania posterunków radiolokacyjnych, które mogą być rozmieszczone na ziemi, morzu i w powietrzu (patrz rys.5).



Rys.5. Strefa rozpoznania radiolokacyjnego WRt (wariant)

Zasięg strefy rozpoznania (D_{Rozp}) WRt jest to odległość, wyznaczona od linii ugrupowania pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych, powietrznych) posterunków radiolokacyjnych wojsk radiotechnicznych do granicy strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez środki rozpoznania radiolokacyjnego tych posterunków, które mają największe możliwości w tym zakresie (patrz rys.6).



Rys.6. Zasięg strefy rozpoznania WRt (wariant)

Zasięg ten określamy z zależności:

$$D_{\text{RozpWRt}} = \max (D_{\text{RLPz}}; D_{\text{RLPn}}; D_{\text{RLPp}}) \text{ dla } H = \text{constans}$$

gdzie: D_{RozpWRt} - zasięg strefy rozpoznania wojsk radiotechnicznych;

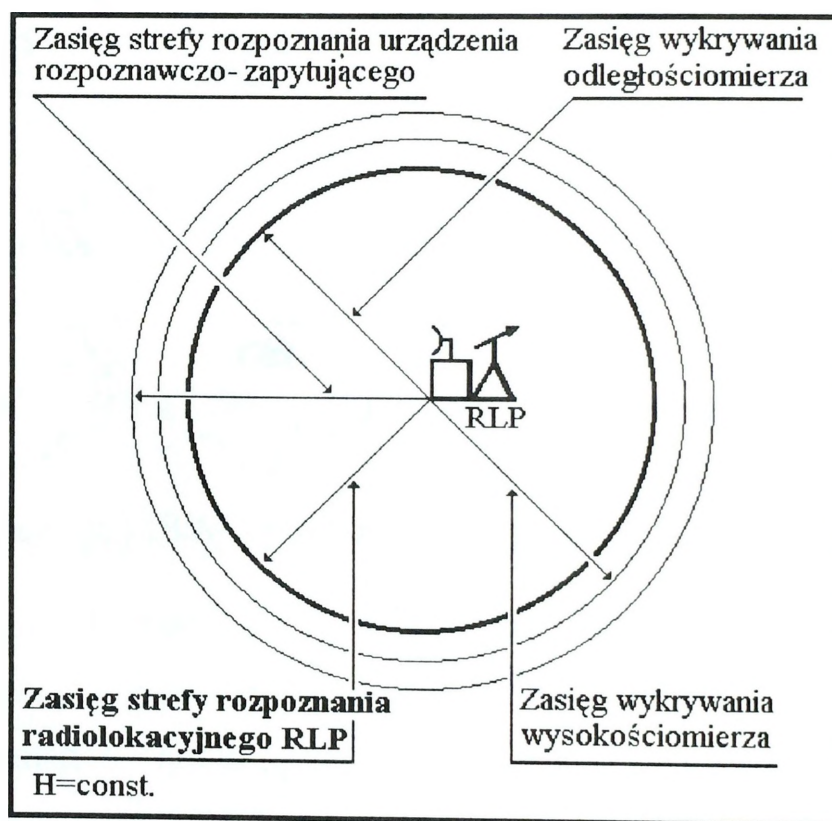
D_{RLPz} -zasięg strefy rozpoznania naziemnych posterunków radiolokacyjnych;

D_{RLPn} -zasięg strefy rozpoznania nawodnych posterunków radiolokacyjnych;

D_{RLPp} -zasięg strefy rozpoznania powietrznych posterunków radiolokacyjnych.

Strefa rozpoznania naziemnego (nawodnego, powietrznego) posterunku radiolokacyjnego jest to przestrzeń, w granicach której stacje radiolokacyjne i urządzenia rozpoznawczo - zapytujące tego posterunku mogą rozpoznawać wykryte obiekty powietrzne.

Strefa ta jest tworzona przez przenikające się strefy wykrywania stacji radiolokacyjnych (trójwspółrzędne, odległościomierze, wysokościomierze) i strefy urządzeń rozpoznawczo - zapytujących, określających przynależność państwową wykrytych obiektów (patrz rys.7).



Rys. 7. Zasięg strefy rozpoznania radiolokacyjnego RLP

Zasięg strefy rozpoznania naziemnego (nawodnego, powietrznego) posterunku radiolokacyjnego D_{Rozp} jest to odległość, określana od miejsca rozwinięcia środków radiolokacyjnych posterunku do granicy strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez stacje radiolokacyjne i urządzenia zapytujące tego posterunku.

Strefa martwa posterunku radiolokacyjnego jest to przestrzeń położona wokół osi stacji radiolokacyjnych i urządzeń zapytujących, w granicach której stacje nie mogą wykrywać obiektów powietrznych, a urządzenia rozpoznawczo - zapytujące określać ich przynależności państwowej, ze względu na bezwładność czasową tych urządzeń. Parametrem charakteryzującym wymiary strefy martwej posterunku radiolokacyjnego jest promień tej strefy.

Przestrzeń położona wokół stacji radiolokacyjnej (urządzenia zapytującego) i ograniczona od dołu maksymalnym kątem wzniesienia strefy wykrywania stacji (strefy rozpoznania urządzenia zapytującego) nazywana jest **stożkiem martwym**.

Wpływ strefy martwej (stożka martwego) na wymiary przestrzenne strefy rozpoznania posterunku¹² należy uwzględnić wtedy, gdy strefy te są niepokryte strefami rozpoznania sąsiednich posterunków radiolokacyjnych.

1.2.3. Dolna granica strefy rozpoznania radiolokacyjnego

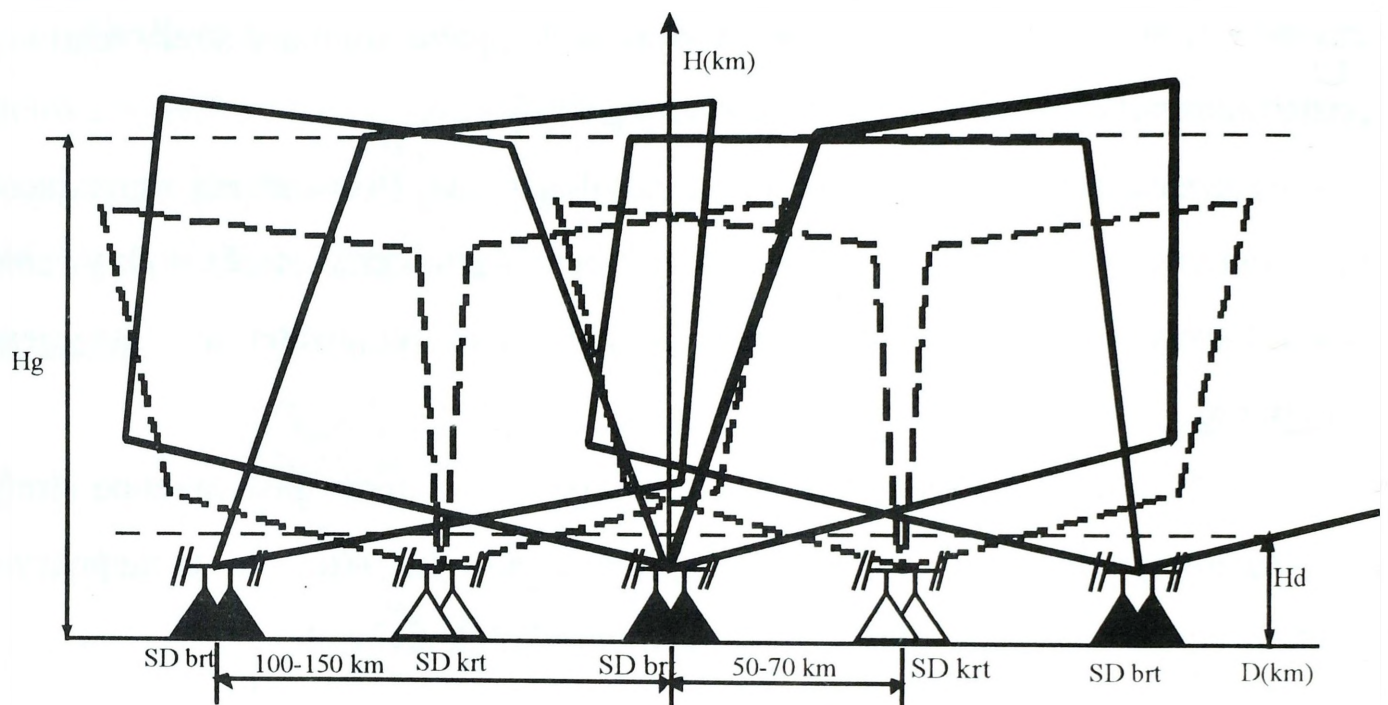
Dolna granica strefy rozpoznania jest to minimalna wysokość (H_d), od której wzwyż siły rozpoznania wojsk radiotechnicznych mogą ciągle śledzić wykryte obiekty powietrzne, określać ich charakterystykę i położenie.

Wysokość dolnej granicy strefy rozpoznania zależy od szeregu czynników, między innymi od: liczby i typu środków radiolokacyjnych użytych do budowy strefy rozpoznania oraz sposobu ich rozmieszczenia, a także od powierzchni i ukształtowania terenu nad którym tworzy się strefę rozpoznania.

Górna granica strefy rozpoznania jest to maksymalna wysokość (H_g), do której siły rozpoznania wojsk radiotechnicznych mogą ciągle śledzić wykryte obiekty powietrzne, określać ich charakterystykę i położenie.

¹² Strefa martwa (stożek martwy) może obejmować 10-40% przestrzeni strefy wykrywania stacji radiolokacyjnych w przedziale wysokości małych lub stratosferycznych.

Wysokość górnej granicy strefy rozpoznania zależy również od wielu czynników, a szczególnie od maksymalnego pułapu wykrywania stacji radiolokacyjnych użytych do budowy strefy. Strukturę przestrzenną strefy rozpoznania przedstawia rys. 8.

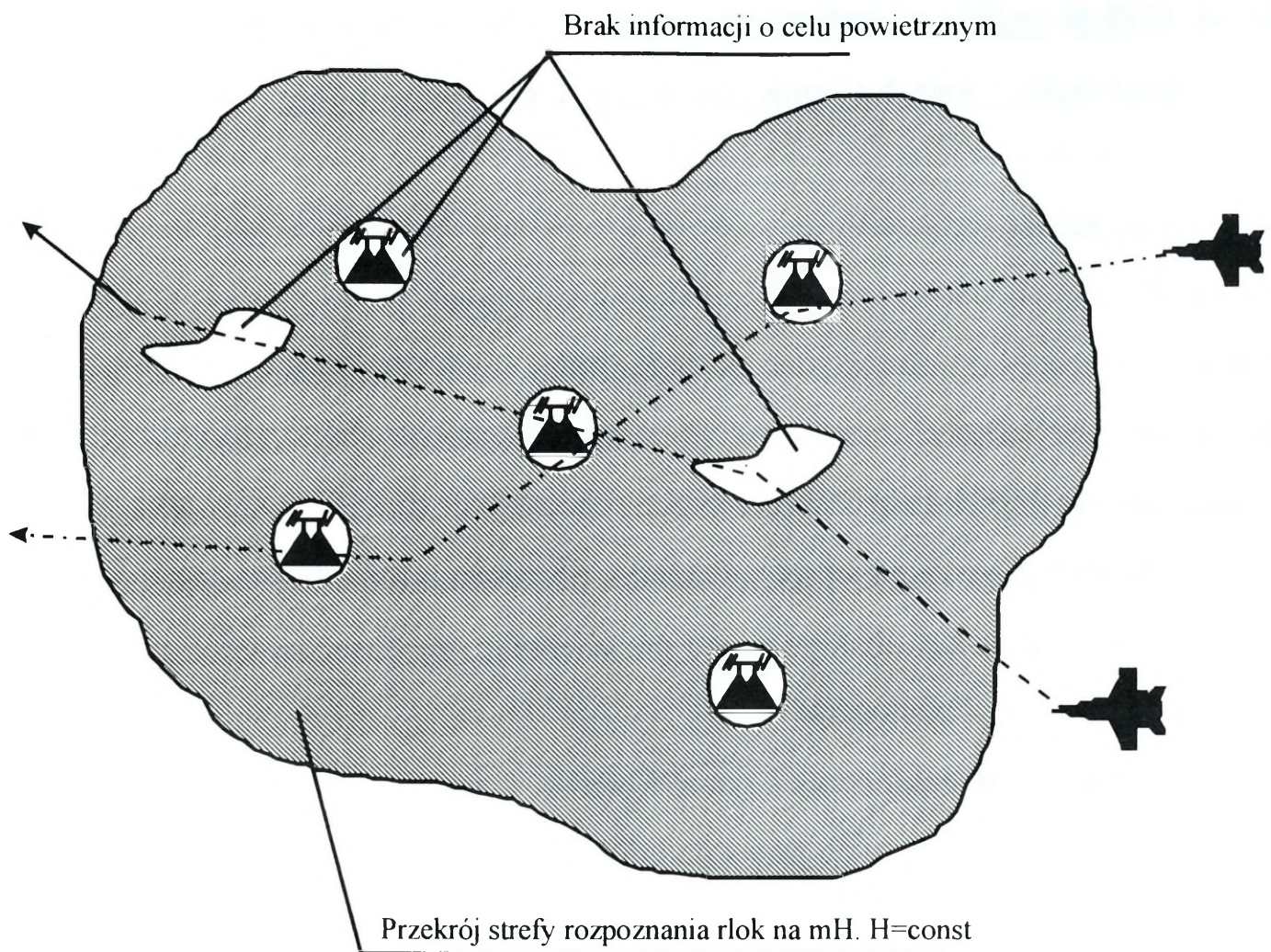


Rys.8. Struktura przestrzenna strefy rozpoznania radiolokacyjnego

1.2.4. Przekrój poziomy strefy rozpoznania radiolokacyjnego

Przekrój poziomy strefy rozpoznania radiolokacyjnego WRt, jest to płaszczyzna, która obrazuje kształt i wymiary tej strefy na założonej wysokości.

Porównanie kształtu i wymiarów tej strefy z wielkością terenu, nad którym jest ona organizowana umożliwia dokonanie oceny stopnia pokrycia tą strefą określonego terenu (patrz rys.9).



Rys.9. Przekrój poziomy strefy rozpoznania rlok. na mH

1.2.5. Współczynnik przekrycia strefy rozpoznania radiolokacyjnego

Współczynnik przekrycia strefy rozpoznania radiolokacyjnego charakteryzuje wielowarstwowość tej strefy w danym punkcie, która to cecha zwiększa prawdopodobieństwo wykrycia i śledzenia obiektów powietrznych.

Współczynnik przekrycia jest wartością liczbową, która wskazuje ile stref rozpoznania posterunków radiolokacyjnych w tym punkcie zachodzi na siebie i wzajemnie przenika.

1.2.6. Wpływ zakłóceń radioelektronicznych na strefę rozpoznania radiolokacyjnego - współczynnik ściśnięcia strefy rozpoznania

Zakłócenia radioelektroniczne są to sygnały radiowe, które po wprowadzeniu do kanału odbiorczego stacji radiolokacyjnych powoduje zakłócenie ich pracy. Zakłócenia doprowadzone do odbiornika stacji mogą stanowić tło maskujące sygnał użyteczny - odbity od obiektu powietrznego lub fałszywe sygnały imitujące sygnał użyteczny. W pierwszym przypadku zakłócenia są widoczne dla obsługi stacji radiolokacyjnej na wskaźniku obserwacji okrężnej (wskaźniku wysokości), w drugim zaś obsługa może nie wiedzieć, że obserwowane sygnały są fałszywe i brać je za użyteczne.

Stosowane są zakłócenia czynne i bierne. Czynne posiadają postać sygnałów radiowych wytwarzanych przez nadajniki zakłócające.

Natomiast bierne są sygnałami stacji radiolokacyjnych odbitymi od sztucznych (fałszywych) elementów odbijających.

Radioelektroniczne zakłócenia czynne stosowane przeciw stacjom radiolokacyjnym dzieli się na:

- wąskopasmowe i szerokopasmowe;
- impulsowe i ciągłe;
- synchroniczne i asynchroniczne;
- niemodulowane, modulowane amplitudowo, częstotliwościowo i szumem.

Najbardziej rozpowszechnione i zarazem najbardziej efektywne spośród zakłóceń czynnych są zakłócenia szumowe.

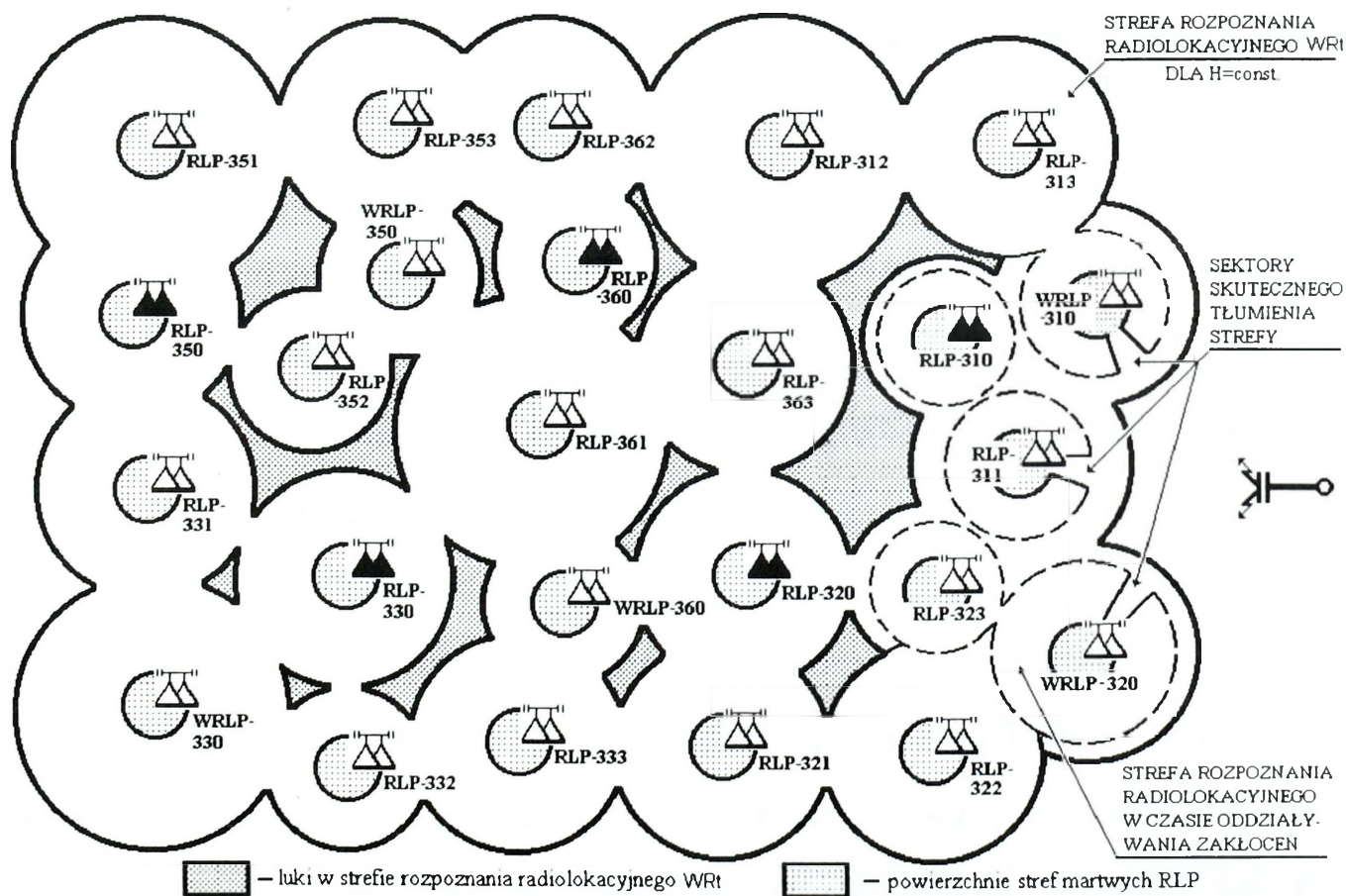
Zakłócenia szumowe podane do odbiornika stacji radiolokacyjnej sumują się z jego szumami własnymi, powodując efekt analogiczny do wzrostu współczynnika szumów odbiornika, czyli zmniejszenia jego czułości.

Na ekranie panoramicznych wskaźników stacji radiolokacyjnych zakłócenia szumowe są widoczne w formie rozjaśnionych sektorów na kierunkach głów-

nej charakterystyki promieniowania stacji oraz ewentualnych jej listków bocznych.

Wpływ zakłóceń szumowych na możliwości rozpoznania radiolokacyjnego batalionu radiotechnicznego określa się współczynnikiem ściśnięcia strefy rozpoznania.

Współczynnik ściśnięcia strefy rozpoznania wyraża stosunek poziomego (pionowego) przekroju ściśniętej strefy rozpoznania radiolokacyjnego do poziomego (pionowego) przekroju tej strefy, określonej dla swobodnej przestrzeni - bez oddziaływania zakłóceń szumowych na stacje radiolokacyjne (patrz rys.10).



Rys.10. Wpływ zakłóceń na strefę rozpoznania WRt (wariant)

Współczynnik ściśnięcia strefy (K_s) można określić z zależności:

$$K_s = \frac{S_z}{S}; \quad \text{dla } H = \text{constans.}$$

gdzie: S_z -pole ściśniętej powierzchni poziomego przekroju strefy rozpoznania radiolokacyjnego, dla założonej wysokości;

S -pole powierzchni poziomego przekroju strefy rozpoznania radiolokacyjnego, dla założonej wysokości.

Miarą efektywności stosowania zakłóceń szumowych przeciw pojedynczej stacji radiolokacyjnej może być zmniejszenie jej zasięgu wskutek działania tych zakłóceń, wyrażony stosunkiem zasięgu stacji w warunkach zakłóceń do zasięgu tej stacji w swobodnej przestrzeni.

Współczynnik zmniejszenia zasięgu stacji w warunkach zakłóceń zwany **współczynnikiem ściśnięcia**, można określić z zależności:

$$K_s = \frac{D_z}{D_{SRL}}$$

gdzie: D_z - zasięg wykrywania stacji w warunkach zakłóceń

D_{SRL} - zasięg wykrywania stacji w swobodnej przestrzeni¹³.

Wartość współczynnika ściśnięcia strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej zależy od parametrów technicznych stacji, typu charakterystyki promieniowania anteny stacji i poziomu jej listków bocznych, gęstości widmowej mocy zakłóceń i stopnia pokrywania się ich widma z pasmem zakłócanego odbiornika stacji oraz odległości źródła zakłóceń od zakłócanego odbiornika stacji.

Radioelektroniczne zakłócenia bierne są stosowane w celu maskowania rzeczywistych obiektów powietrznych lub pozorowania fałszywych obiektów powietrznych.

¹³ Swobodna przestrzeń - ośrodek jednorodny, nietłumiący fale elektromagnetyczne. K.KOKOT Podstawy radiolokacji WAT W-wa 1968.

Maskowanie rzeczywistych obiektów powietrznych można dokonywać dwoma sposobami:

- poprzez zmniejszenie skutecznej powierzchni odbicia obiektów powietrznych;
- poprzez stosowanie zakłóceń biernych.

1.3. Możliwości probabilistyczne WRt SP

Probabilistyczna grupa parametrów (wskaźników) możliwości bojowych dotyczy pewności wykrywania obiektów powietrznych i wiarygodności określania ich charakterystyki oraz dokładności zobrazowania informacji o wykrytych obiektach przez siły wojsk radiotechnicznych. Parametrami określającymi tę grupę są:

- prawdopodobieństwo wykrycia obiektu powietrznego;
- wiarygodność informacji o wykrytych obiektach powietrznych;
- prawdopodobieństwo poprawnego określania przynależności państwowej obiektu powietrznego;
- prawdopodobieństwo poprawnego określania składu, ugrupowania, typu i przeznaczenia taktycznego;
- dokładność zobrazowania informacji;

1.3.1. Prawdopodobieństwo wykrycia obiektu powietrznego

Wykrywanie obiektów powietrznych za pomocą stacji radiolokacyjnych jest to proces, który polega na stwierdzeniu obecności lub braku obiektu powietrznego w przestrzeni obserwowanej (opromieniowanej) przez stację.

Stwierdzenie obecności lub braku obiektu powietrznego w przestrzeni obserwowanej przez stację radiolokacyjną odbywa się na podstawie dwóch wzajemnie wykluczających się warunków;

- obiekt rzeczywiście jest;
- obiektu rzeczywiście nie ma.

Stosownie do tych warunków można podjąć cztery różne decyzje dotyczące wykrywania obiektu powietrznego. W sytuacji, kiedy obiekt rzeczywiście jest w przestrzeni obserwowanej - podjęcie decyzji, że „obiekt jest” będzie wykryciem poprawnym, a decyzji, że „obiektu nie ma” przepuszczeniem obiektu.

Przy założeniu, że obiektu rzeczywiście nie ma - podjęcie decyzji, że „obiektu nie ma” będzie niewykryciem właściwym, a decyzji, że „obiekt jest” fałszywym alarmem.

Ponieważ sygnały radiolokacyjne i zakłócenia są przypadkowymi funkcjami czasu, wobec tego podjęcie „takiej lub innej” decyzji dotyczącej wykrycia obiektu, ma również charakter przypadkowy. Możliwości powstania takich sytuacji przyjęto oznaczać jako:

- prawdopodobieństwo prawidłowego wykrycia obiektu powietrznego (P_w);
- prawdopodobieństwo prawidłowego nie wykrycia (P_{pn});
- prawdopodobieństwo przepuszczenia obiektu powietrznego (P_{po});
- prawdopodobieństwo fałszywego alarmu (P_{fa}).

Prawidłowe wykrycie i przepuszczenie obiektu (w przypadku rzeczywistej obecności obiektu powietrznego w strefie rozpoznania) tworzy pełną grupę zdarzeń przeciwnych (niezgodnych) i dlatego:

$$P_w + P_{fa} = 1$$

Prawidłowe niewykrycie i fałszywy alarm (obektu powietrznego rzeczywiście nie ma) tworzą również pełną grupę zdarzeń przeciwnych:

$$P_{pn} + P_{fa} = 1$$

Z zależności wynika, że wśród wymienionych warunków niezależne są tylko dwie wielkości. W celu scharakteryzowania urządzeń radiolokacyjnych, zwykle przyjmuje się np.: prawdopodobieństwo prawidłowego wykrycia (P_w) i prawdopodobieństwo fałszywego alarmu (P_{fa}).

W celu uniknięcia przepuszczenia obiektu, stwierdza się jego obecność nawet w przypadku, gdy sygnał odbity od obiektu powietrznego jest zniekształcony przez zakłócenia i nie pozwala stwierdzić z całą pewnością rzeczywistej obecności obiektu powietrznego (w tym przypadku istnieje znaczne prawdopodobieństwo fałszywego alarmu). Dążąc do zmniejszenia prawdopodobieństwa fałszywego alarmu, należałoby stwierdzić obecność obiektu powietrznego tylko w przypadku wyraźnego sygnału (znacznie przekraczającego poziom zakłóceń). Powyższa sytuacja prowadzi do wzrostu prawdopodobieństwa przepuszczenia obiektu. Dlatego należy znaleźć rozwiązanie kompromisowe i wybrać optymalny sposób opracowania sygnałów radiolokacyjnych.

W praktyce dla stacji radiolokacyjnych stanowiących wyposażenie WRt SP przyjmuje się, że prawdopodobieństwo prawidłowego wykrycia obiektu powietrznego waha się w granicach od 0,5 do 0,9.

1.3.2. Wiarygodność informacji o wykrytych obiektach powietrznych

Jedną z ważniejszych cech informacji o sytuacji powietrznej jest ich wiarygodność. Wiarygodność informacji określa się prawdopodobieństwem poprawnego rozpoznania (określenia charakterystyki) przynależności państwowej śledzonych obiektów powietrznych, składu i ugrupowania oraz typu i przeznaczenia taktycznego. Wojska radiotechniczne ze względu na możliwości techniczno-taktyczne posiadanych środków rozpoznania, są w stanie określać te parametry.

Określenie powyższych parametrów przez osoby funkcyjne wojsk radiotechnicznych jest zdarzeniem losowym i może być wyrażone prawdopodobieństwem jego wystąpienia. Z uwagi na to, że parametry te są wzajemnie zależne, wiarygodność informacji jest wartością funkcji wypadkowej, uwzględniającej prawdopodobieństwa określenia poszczególnych parametrów charakteryzujących

rozpoznawany obiekt powietrzny. Wiarygodność informacji (P_{wi}) określa się korzystając z następującej zależności:

$$P_{wi} = f(P_p, P_t, P_s, P_{pt})$$

gdzie: P_p - prawdopodobieństwo określenia przynależności państwowej wykrytego obiektu powietrznego;

P_t - prawdopodobieństwo określenia typu wykrytego obiektu powietrznego;

P_s - prawdopodobieństwo określenia składu i ugrupowania wykrytego obiektu powietrznego;

P_{pt} - prawdopodobieństwo określenia przeznaczenia taktycznego wykrytego obiektu powietrznego.

1.3.3. Określenie przynależności państwowej obiektu powietrznego

Prawdopodobieństwo poprawnego określenia przynależności państwowej obiektów powietrznych P_p przez wojska radiotechniczne można wyznaczyć korzystając z zależności¹⁴:

$$P_p = 1 - \prod_{i=1}^I (1 - P_i)$$

gdzie: P_i - prawdopodobieństwo poprawnego określenia przynależności obiektu powietrznego przez pojedyncze źródło podsystemu rozpoznania radiolokacyjnego WRt;

i, I - liczba źródeł biorących udział w określaniu przynależności państwowej obiektu powietrznego.

¹⁴ Koselski M. Jakość informacji radiolokacyjnej i jej wpływ na działania bojowe WOPK (Rozprawa doktorska). ASG. Warszawa 1988r.

Prawdopodobieństwo P_i określa się jako stosunek liczby poprawnych meldunków o przynależności państwowej śledzonego obiektu powietrznego (m) do ogólnej liczby meldunków (M) przekazywanych ze stacji radiolokacyjnych z urządzeniami identyfikacji „swój - obcy”.

$$P_i = \frac{m}{M}$$

Wojska radiotechniczne określają przynależność państwową obiektu powietrznego w dwóch etapach. W etapie pierwszym, który należy uznać za zasadniczy, określona zostaje przynależność śledzonych obiektów powietrznych za pomocą urządzeń rozpoznawczo - zapytujących "swój-obcy". W etapie tym uczestniczą tylko obsługi stacji radiolokacyjnych lub operatorzy środków zautomatyzowanego zbioru i opracowania informacji. W drugim etapie biorą udział obsługi stanowisk dowodzenia batalionów radiotechnicznych i brygady radiotechnicznej lub tylko batalionów, które określają przynależność państwową śledzonych obiektów na podstawie analizy informacji rozpoznawczej otrzymanej od obsług RLS, operatorów środków zautomatyzowanego zbioru i opracowania informacji i innych źródeł rozpoznania (radioelektronicznego, wzrokowo-technicznego i ruchu lotniczego).

Wiarygodne określenie przynależności państwowej w wojskach radiotechnicznych przy pomocy systemu rozpoznania "swój-obcy" jest bardzo ważne.

Potwierdziły to już doświadczenia z wojny w Wietnamie. Często miały tam miejsce przypadki, w których samoloty lotnictwa amerykańskiego były rozpoznawane przez obsługi wietnamskich urządzeń radiolokacyjnych jako własne.

Obecnie sprzęt radiolokacyjny wyposaża się w urządzenia rozpoznawcze „swój - obcy” „SUPRAŚL”, który umożliwia precyzyjne określenie przynależności państwowej obiektów powietrznych.

Rozpoznanie przynależności państwowej obiektów powietrznych wykonujących lot na małych wysokościach będzie dodatkowo utrudnione ze względu na

Podzielić

to, że obiekty te będą często obserwowane w danym momencie tylko przez jeden posterunek radiolokacyjny. Uniemożliwia to konfrontowanie wyników rozpoznania z różnych posterunków, a tym samym znacznie obniża prawdopodobieństwo tego rozpoznania.

1.3.4. Skład i ugrupowanie obiektów powietrznych

Określenie składu i ugrupowania śledzonych obiektów powietrznych, realizuje się w podobny sposób jak określenie przynależności państwowej. Możliwości WRt w zakresie poprawnego określenia przynależności państwowej, składu i ugrupowania obiektów powietrznych zależą od następujących czynników:

- jakości i skuteczności urządzeń identyfikacyjnych;
- zdolności rozdzielczych stacji radiolokacyjnych;
- poziomu wyszkolenia osób funkcyjnych;
- możliwości wykorzystania informacji z innych rodzajów rozpoznania (radioelektronicznego, wzrokowo - technicznego, powietrznego)

Z będących w wyposażeniu WRt stacji radiolokacyjnych największymi zdolnościami rozdzielczymi charakteryzują się stacje z "rodziny" NUR oraz stacje starszych generacji zakresu centymetrowego, natomiast najmniejszymi stacje zakresu metrowego, co ilustruje załącznik 3.

Stacje posiadające najlepsze parametry umożliwiają wyróżnienie na wskaźnikach pojedynczych samolotów lecących w ugrupowaniu zwartym. Natomiast stacje zakresu metrowego pozwalają na śledzenie grupy samolotów (np. klucza) jako pojedynczego obiektu powietrznego zobrazowanego na wskaźnikach RLS.

1.3.5. Typ i przeznaczenie taktyczne

Siły rozpoznania radiolokacyjnego mogą określić typ i przeznaczenie taktyczne śledzonych obiektów powietrznych. Czynności te wykonują obsługi stanowisk dowodzenia na podstawie analizy i oceny informacji napływających z własnych i innych jednostek rozpoznania oraz znajomości możliwości bojowych i taktyki rozpoznawanych obiektów, a także prawdopodobnego celu ich działania.

Ze względu na brak możliwości opisanie matematycznie pracy obsad stanowisk dowodzenia, prawdopodobieństwo poprawnego określenia typu i przeznaczenia taktycznego obiektów powietrznych określa się empirycznie podczas ćwiczeń i treningów.

1.3.6. Dokładność zobrazowania informacji

Dokładność informacji jest to wartość liczbowa określająca sumę błędów średniokwadratowych powstałych przy namierzaniu, odczytywaniu i zobrazowaniu współrzędnych obiektu powietrznego.¹⁵

Możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie dokładności informacji o położeniu obiektów powietrznych zależą w głównej mierze od parametrów taktyczno - technicznych będących w ich wyposażeniu stacji radiolokacyjnych oraz środków zbioru, opracowania i zobrazowania informacji.

Wojska radiotechniczne dążąc do spełnienia wymagań w zakresie dokładności informacji bojowej, dostarczają (zobrazowują) tę informację sposobem zautomatyzowanym, niezautomatyzowanym - wskaźnikowym, niezautomatyzowanym - planszetyowym.

¹⁵ Regulamin działań bojowych wojsk radiotechnicznych Wojsk Obrony Powietrznej Kraju (Brygada - kompania). Wyd. DW OPK. Warszawa 1980r.

Sposób zautomatyzowany dostarczania i zobrazowania informacji polega na zdejmowaniu ze wskaźników stacji radiolokacyjnych, za pomocą urządzeń technicznych, danych o położeniu rozpoznawanych obiektów powietrznych przez operatorów tych stacji i przekazywaniu tych danych do SD sił rozpoznania radiolokacyjnego. Na SD, osoby funkcyjne tych stanowisk, dokonują analizy i opracowania dostarczonych informacji i wykorzystując wyspecjalizowane urządzenia techniczne, opracowane informacje automatycznie przekazują i zobrazują na wskaźnikach środków dowodzenia decydujących SP.

Sposób niezautomatyzowany - wskaźnikowy dostarczania i zobrazowania informacji polega na przekazywaniu informacji rozpoznawczych bezpośrednio ze stacji radiolokacyjnych na wynośne wskaźniki tych stacji, rozmieszczone na SD decydujących SP. Przekazywanie i zobrazowanie informacji bojowych tym sposobem odbywa się bez udziału osób funkcyjnych sił rozpoznania radiolokacyjnego.

Sposób niezautomatyzowany - planszetyowy przekazywania i zobrazowania informacji polega na przekazywaniu informacji rozpoznawczych przez operatorów wskaźników stacji planszeczystom, którzy nanoszą (wrysowują) dostarczoną informację na planszety stanowisk dowodzenia. Osoby funkcyjne SD dokonują zbioru i opracowania dostarczanej informacji zobrazowanej na planszecie sytuacji ogólnej, która jest wykorzystywana przez decydujących SP.

Współrzędne położenia obiektu powietrznego przekazywane przez poszczególne ogniwa wojsk radiotechnicznych różnią się od współrzędnych rzeczywistego położenia obiektu powietrznego o błędy wnoszone przez te ogniwa w procesie rozpoznania obiektu powietrznego. Wartości błędów wnoszonych do współrzędnych miejsca zobrazowania obiektu powietrznego są różne i zależą od dokładności określania współrzędnych miejsca położenia obiektu przez stację radiolokacyjną, błędów wnoszonych przez środki zbioru, opracowania i zobrazowania informacji oraz osoby funkcyjne uczestniczące w procesie zdobywania, opracowania i zobrazowania informacji.

Średniokwadratowy błąd informacji o położeniu obiektu powietrznego opracowanej, zobrazowanej i przekazanej sposobem zautomatyzowanym, zależy od dokładności określenia współrzędnych miejsca położenia rozpoznawanego obiektu powietrznego przez stację radiolokacyjną, dokładności przetworzenia tej informacji przez środki zbioru, opracowania i zobrazowania oraz błędów wnoszonych przez osoby funkcyjne uczestniczące w procesie zdobywania i przetwarzania informacji radiolokacyjnej.

Eksploatacyjne błędy RLS i środków automatyzacji są błędami przyrządowymi, charakterystycznymi dla każdego typu urządzeń. Wielkość tych błędów określa się doświadczalnie i przybliżone wartości zamieszcza się w dokumentacji technicznej stacji radiolokacyjnych i środków automatyzacji. Błędy określania współrzędnych przez stacje radiolokacyjne (załącznik 3) wynoszą:

- w odległości $300 \text{ m} < \delta_D < 1800 \text{ m}$;
- w azymucie $0,5^\circ < \delta_\beta < 2^\circ$;
- w wysokości $100 \text{ m} < \delta_H < 600 \text{ m}$.
- Błędy wnoszone przez środki zautomatyzowanego zbioru, opracowania i zobrazowania informacji radiolokacyjnej dla współrzędnych X, Y w opracowaniu pierwotnym, wynoszą:
 - $\pm 0,6 \text{ km}$ dla skali od 0 do 150 km;
 - $\pm 1,2 \text{ km}$ dla skali od 0 do 300 km
 - $\pm 2,4 \text{ km}$ dla skali od 0 do 600 km.

Błędy określania wysokości w zależności od typu wysokościomierza wynoszą od 100 do 500 m.

Błędy ekstrapolacji przyjmują wartość od $\pm 0,68$ do $\pm 2,32 \text{ km}$, przy czasie ekstrapolacji od 10 do 60 s.

- w opracowaniu wtórnym $\pm 7 \text{ km}$ dla czasu ekstrapolacji 50 s.

Wartości błędów wprowadzanych przez osoby funkcyjne zależą od stopnia wyszkolenia tych osób, ich stanu psychofizycznego, a także od zdolności wyróżnienia sygnału użytecznego na wskaźnikach stacji radiolokacyjnych.

Błędy wnoszone przy przekazywaniu informacji o sytuacji powietrznej sposobem niezautomatyzowanym - planszutowym są znacznie większe niż przy przekazywaniu jej sposobem zautomatyzowanym. O ile błędy określania współrzędnych przez stacje radiolokacyjne są takie same, to znacznie wzrastają błędy osób funkcyjnych wprowadzane przez operatorów, spikerów i planszeczistów.

Błędy wnoszone przez osoby funkcyjne można określić z zależności:

$$\delta_{Olr} = \sqrt{\delta_{od}^2 + \delta_{nam}^2}$$

gdzie: δ_{od} - błąd odczytu współrzędnych położenia obiektów powietrznych;

δ_{nam} - błąd nanoszenia położenia obiektów powietrznych na planszety

Operatorzy RLS wnoszą do współrzędnych położenia obiektu powietrznego błędy odczytu które można określić z zależności:

$$\delta_{od} = \sqrt{\delta_D^2 + \delta_H^2 + \delta_\beta^2}$$

gdzie: δ_D - błąd odczytu odległości;

δ_H - błąd odczytu wysokości;

δ_β - błąd odczytu azymutu.

Wartość δ_β przedstawiono w jednostkach liniowych poprzez wykonanie obliczeń z zależności:

$$\delta_\beta(\text{m.}) = 0,174 D(\text{km}) \delta_\beta(\text{min})$$

Przyjęto błędy odczytu:

- $520 \text{ m} < \delta_\beta < 870 \text{ m}$ dla zakresu wskaźnika 100 km ;
- $1044 \text{ m} < \delta_\beta < 1740 \text{ m}$ dla zakresu wskaźnika 200 km ;
- $1566 \text{ m} < \delta_\beta < 2610 \text{ m}$ dla zakresu wskaźnika 300 km ;

- $100 \text{ m} < \delta_D < 200 \text{ m}$;
- $100 \text{ m} < \delta_H < 200 \text{ m}$.

Błędy nanoszenia położenia obiektu powietrznego na planszet (δ_{nan}) we współrzędnych biegunowych można określić z zależności:

$$\delta_{nan} = \sqrt{\delta_{D_{nan}}^2 + \delta_{\beta_{nan}}^2}$$

gdzie: $\delta_{D_{nan}}$ - błąd nanoszenia w odległości;

$\delta_{\beta_{nan}}$ - błąd nanoszenia w azymucie.

Na planszecie w skali 1:500 000 błąd nanoszenia wynosi:

- w odległości $\delta_{D_{nan}} = 1 \text{ km}$;
- w azymucie $\delta_{\beta_{nan}} = 1^\circ$.

Na planszecie w skali 1:250 000 błąd nanoszenia wynosi:

- w odległości $\delta_{D_{nan}} = 500 \text{ m}$;
- w azymucie $\delta_{\beta_{nan}} = 1^\circ$.

Błędy nanoszenia na planszet położenia obiektów powietrznych w zależności od zakresu planszetów przyjmują wartość:

- od 2000 m do 5300 m na planszetach w skali 1:500 000;
- od 1770 m do 5220 m na planszetach w skali 1:250 000.

Błędy nanoszenia położenia obiektów powietrznych na planszety we współrzędnych prostokątnych przyjmują wartość $\delta_{nan_{XY}} < 4,9 \text{ km}$.

Sumaryczne wartości błędów pomiaru współrzędnych obiektów powietrznych (δ_w) sposobem planszetowym zawierają się w przedziale od $\pm 5000 \text{ m}$ do $\pm 15000 \text{ m}$.

Znaczne obniżenie możliwości WRt w zakresie dokładności określania współrzędnych położenia obiektu powietrznego powoduje stosowanie przez przeciwnika szumowych zakłóceń radioelektronicznych. Powodują one pogor-

szenie stosunku amplitudy sygnału użytecznego do szumu (zakłóceń), a tym samym obniżenie możliwości wyróżnienia przez operatorów sygnału użytecznego (echa od obiektu) na tle zakłóceń. W przypadku braku możliwości wyróżnienia na wskaźnikach RLS echa od obiektu powietrznego na tle zakłóceń, siły wojsk radiotechnicznych wykrywają i śledzą źródła zakłóceń radioelektronicznych metodą pelengacji. Pomiar współrzędnych miejsca znajdowania się źródła zakłóceń tą metodą jest obarczony błędem, którego wartość zależy od dokładności określania namiaru na źródło przez stację radiolokacyjną, dokładności określania jego miejsca przez środki przetwarzania informacji oraz od błędów wprowadzanych przez osoby funkcyjne uczestniczące w pelengacji. Błąd określania miejsca znajdowania się źródła zakłóceń jest dość znaczny i wynosi od kilku do kilkunastu kilometrów.

1.4. Możliwości czasowe WRt SP

Grupa parametrów czasowych dotyczy możliwości WRt w zakresie czasów: osiągnięcia gotowości bojowej, wykonania manewru, a także opóźnienia informacji o sytuacji powietrznej i dyskretności jej dostarczania użytkownikom.

1.4.1. Czas osiągnięcia gotowości bojowej

Czas osiągnięcia gotowości bojowej jest decydującym warunkiem terminowego wykrycia ŚNP przeciwnika i skutecznego zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych aktywnych sił walki SP.

Czas osiągnięcia gotowości bojowej charakteryzuje zdolność WRt w zakresie doprowadzenia ich sił do stanu umożliwiającego wykonanie zadania bojowego. Wymagany czas osiągnięcia gotowości bojowej wynika z oczekiwanego czasu dolotu ŚNP do rubieży strefy wykrywania i sposobów pokonywania obrony po-

wietrznej przez prawdopodobnego przeciwnika, a szczególnie od prędkości i wysokości lotu jego ŚNP i zależy od zasięgu strefy rozpoznania radiolokacyjnego oraz sprawności osiągania gotowości bojowej przez siły WRt. Siły WRt w celu osiągnięcia gotowości bojowej w nakazanym czasie już w czasie pokoju utrzymywane są w określonym stanie i stopniu gotowości bojowej. Wyróżnia się trzy stopnie gotowości bojowej: gotowość bojowa nr 1; gotowość bojowa nr 2 i gotowość bojowa nr 3.

Gotowość bojowa nr 1.

W dyżurnych pododdziałach WRt włączone są oraz prowadzą rozpoznanie:

- w miejscowej krt batalionu radiotechnicznego dwa odległościomierze i dwa (trzy) wysokościomierze, sprzężone z aparaturą ZtSD i naprowadzania;
- w terenowej krt (krt wojsk OPL) jeden odległościomierz i jeden wysokościomierz, a w przypadku rozwiniętego PN dwa odległościomierze i dwa wysokościomierze.

Pozostałe odległościomierze i wysokościomierze włącza się w zależności od sytuacji powietrznej lub otrzymanego zadania (sygnału). Na SD, stacjach radiolokacyjnych (RSL), aparaturze ZtSD, radiowym centrum (punkcie) nadawczym i odbiorczym (RCO i RCN) funkcyjni dyżurnej zmiany bojowej znajdują się na swoich miejscach pracy i są w gotowości do natychmiastowego działania.

Wszystkie elektrownie polowe podgrzane. Na wyłączonych RLS urządzenia sprawdzone, nastrojone i gotowe do włączenia w czasie:

- nie dłuższym niż 5 min. - RLS posiadające układ szybkiego włączenia;
- nie dłuższym niż 10 min. - pozostałe typy RLS.

Elektrownie polowe zabezpieczające pracę PN włączone, pozostałe elektrownie podgrzane i gotowe do włączenia w czasie 2 minut. Aparatura ZtSD włączona po przeprowadzonej kontroli funkcjonowania, przygotowana do pracy.

Czas gotowości do pracy aparatury ZtSD na SD pododdziałów radiotechnicznych ze stanu wyłączonego, przy zasilaniu z zewnętrznej sieci energetycznej - nie dłuższy niż 5-8 minut (z elektrowni polowych czas ten zwiększa się o 2 minuty). Odbiorniki radiowe sieci i kierunków radiowych oraz radiowe urządzenia nadawcze zabezpieczające pracę ZtSD i przekazywanie informacji z pracujących RLS włączone, nastrojone na częstotliwości robocze korespondentów i przygotowane do pracy.

Gotowość bojowa nr 2.

W dyżurującym pododdziale radiotechnicznym na SD, aparaturze ZtSD, w miejscowej krt, na dwóch odległościomierzach i dwóch (trzech) wysokościomierzach, a w terenowej krt, jednym odległościomierzu i wysokościomierzu, RCN, RCO - funkcyjni dyżurnej zmiany bojowej znajdują się na swoich miejscach pracy. Odbiorniki radiowe sieci i kierunków radiowych oraz radiowe urządzenia nadawcze, zabezpieczające pracę ZtSD i przekazywanie informacji z pracujących stacji radiolokacyjnych, włączone i nastrojone na częstotliwości robocze korespondentów. Pozostałe urządzenia wyłączone. Wyłączone stacje radiolokacyjne, aparatura ZtSD sprawdzone, nastrojone i gotowe do włączenia. Elektrownie polowe gotowe do włączenia.

Czas osiągnięcia gotowości bojowej nr 1 przez dyżurną zmianę bojową nie dłuższy niż 5 minut w dzień i 10 minut w nocy.

Gotowość bojowa nr 3.

Stacje radiolokacyjne sprawne technicznie, sprawdzone i wyłączone. Niezbędna ilość osób funkcyjnych, która zapewni osiągnięcie gotowości bojowej nr 1 lub nr 2 w nakazanym czasie przebywa w pododdziale. Czas przejścia z go-

towości bojowej nr 3 do gotowości nr 2 - nie dłuższy niż 50 min, do gotowości bojowej nr 1 - nie dłuższy niż 60 min¹⁶.

1.4.2. Czas wykonania manewru

Manewr w wojskach radiotechnicznych jest to celowe i zorganizowane przemieszczanie pododdziałów lub wydzielonego sprzętu w wyznaczony rejon lub na nową pozycję, według decyzji o prowadzeniu działań bojowych.

Czas wykonania manewru, jeden z podstawowych wskaźników wyrażających możliwości manewrowe w WRt, jest to czas potrzebny na przemieszczenie pododdziału(sil i środków) na nową (np. zapasową) pozycję.

Zasadniczo, manewr odbywa się transportem kołowym.

W WRt wykonuje się manewr:

- „planowy” - na zawczasu przygotowane pozycje (np. pozycje zapasowe), w celu wykonania określonych zadań według dokumentów bojowych;
- „doraźny” - w nowe rejony uprzednio nie rozpoznane.

Przy planowaniu manewru transportem kołowym wyznacza się zasadniczą i zapasową drogę manewru, które w miarę możliwości powinny omijać duże miasta, węzły komunikacyjne i miejsca zgrupowania wojsk. Drogi te przed rozpoczęciem manewru należy uzgodnić z właściwym organem kierowania i kontroli ruchu wojsk.

Podczas manewru, w celu sprawdzenia obsługi technicznej pojazdów oraz stanu technicznego sprzętu, po 20-30 minutach jazdy zarządza się pierwszy postój.

W celu odpoczynku składu osobowego wyznacza się odpoczynki:

- krótkie - (20-30 min) po 2-3 godzinach jazdy (zimą po 1-1,5 h);

¹⁶ Instrukcja organizacji i pełnienia dyżurów bojowych przez wojska obrony powietrznej kraju, wojska lotnicze, wojska OPL oraz siły i środki OP marynarki wojennej w systemie obrony powietrznej kraju, Sztab Gen, Warszawa 1989r.

- długie - (2-3 h) po 5-6 godzinach jazdy.

Podczas manewru na duże odległości (ponad 10 godzin) planuje się odpoczynki połączone z biwakowaniem (do 10-12 godzin).

W ciągu doby maszerujące kolumny samochodowe mogą przebyć odległości do 400 km.

Średnia prędkość marszu, bez uwzględniania czasu na odpoczynki i postoje może wynosić dla samochodów 30-40 km/h i więcej.

We wszystkich przypadkach marsz powinien być wykonany z maksymalną możliwą w danych warunkach prędkością.

W zależności od sytuacji manewr może być wykonany w jednym lub kilku rzutach. Przy manewrze w kilku (np.: w dwu lub trzech) rzutach, w pierwszej kolejności wykonuje się manewr najbardziej mobilnymi środkami radiolokacji i łączności. Pozostałe środki prowadzą rozpoznanie radiolokacyjne przestrzeni powietrznej.

Po rozwinięciu środków pierwszego rzutu na nowej pozycji i nawiązaniu łączności z nadrzędnym SD, przejmują one zadania w zakresie prowadzenia rozpoznania radiolokacyjnego. Wtedy dokonuje się zwinięcia pozostałego sprzętu i wykonuje manewr na nową pozycję. Tworząc kolumnę pojazdów przyjmuje się jako zasadę, że najwolniejsze (najcięższe) pojazdy kierować należy na czoło kolumny.

Sumaryczny czas niezbędny na wykonanie manewru określa się z zależności:

$$T_m = t_{pwpm} + t_{marszu} + t_{pwpb}$$

gdzie: T_m - czas wykonania manewru (sumaryczny);

t_{pwpm} - czas przejścia w położenie marszowe;

$$t_{pwpm} = t_{pz} + t_{zws} + t_{fk}$$

t_{pz} - czas na postawienie zadania do wykonania manewru;

t_{zws} - czas zwijania sprzętu na pozycji dotychczasowej;

t_{fk} - czas formowania kolumny marszowej;

t_{marszu} - czas marszu;

$$t_{marszu} = t_{dm} + t_{odp}$$

t_{dm} - czas potrzebny na pokonanie drogi marszu (sumaryczny);

t_{odp} - czas krótkich i długich odpoczynków (sumaryczny);

t_{pwpb} - czas przejścia w położenie bojowe;

$$t_{pwpb} = t_{pzn} + t_{rws} + t_{sps}$$

t_{pzn} - czas potrzebny na postawienie zadania na nowej pozycji;

t_{rws} - czas potrzebny na rozwinięcie sprzętu na nowej pozycji;

t_{sps} - czas strojenia i sprawdzania technicznego sprzętu.

Jeżeli droga marszu ma różną nawierzchnię lub występują odcinki dróg gruntowych o różnej jakości (przejezdne, średnio przejezdne, trudno przejezdne), to czas pokonania każdego odcinka należy obliczyć oddzielnie, ponieważ różna będzie prędkość środków ciągu w czasie ich pokonywania. W takich okolicznościach czas sumaryczny na pokonanie drogi marszu obliczamy ze wzoru:

$$t_{dm} = \frac{d_1}{V_1} + \frac{d_2}{V_2} + \frac{d_3}{V_3} + \dots + \frac{d_n}{V_n}$$

gdzie: $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ - odcinki drogi o różnej nawierzchni i różnym stanie przejezdności;

$V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ - prędkości środków ciągu na poszczególnych odcinkach dróg.

Do celów kalkulacyjnych należy przyjąć średnią prędkość kolumny w dzień 25-35 km/h oraz 15-20 km/h w nocy.

Długość kolumny - określa się wg wzoru:

$$G = n(l + l_p) - l$$

gdzie: G - głębokość kolumny marszowej;

n - ilość samochodów w kolumnie;

l - odległość pomiędzy pojazdami w kolumnie;

l_p - średnia długość pojazdów w kolumnie: (14 m);

1.4.3. Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej

Opóźnienie informacji radiolokacyjnej to czas, który upłynął od chwili określenia współrzędnych położenia obiektu powietrznego na wskaźniku stacji radiolokacyjnej do momentu pojawienia się jego obrazu na urządzeniu zautomatyzowanego systemu dowodzenia lub wrysowania go na planszet.¹⁷

Czas opóźnienia informacji zależy od sposobu dostarczania jej decydom obrony powietrznej, liczby szczebli biorących udział w jej zbieraniu i opracowaniu, złożoności sytuacji powietrznej i poziomu wyszkolenia osób funkcyjnych.

Wojska radiotechniczne zdobyte informacje o obiektach powietrznych mogą przekazywać do stanowisk dowodzenia określonego szczebla różnymi sposobami. Stąd też czas opóźnienia tych informacji jest różny dla każdego z tych sposobów.

W niezautomatyzowanym - planszetowym sposobie zbioru, opracowania i zobrazowania informacji czasy opóźnienia wnoszone są na poszczególnych szczeblach organizacyjnych przez osoby funkcyjne biorące udział w procesie rozpoznania radiolokacyjnego. Łączny czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przy pracy tym sposobem, wynosi:¹⁸

- SD krt około 25s;

¹⁷ Biuletyn informacyjny nr 1 (149). Wyd. MON. Warszawa 1986r

¹⁸ Kochanowski J. Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych WR i LM OPK podczas zwalczania celów powietrznych typu CRUISE (Rozprawa habilitacyjna). WOSR 1985r.

- SD brt około 30s;
- SD BRt około 75s.

Natomiast w relacji:

- SD krt - SD brt około 60s;
- SD brt - SD BRt około 110s;
- SD krt - SD BRt około 130s;
- SD BRt - CSD WLOP około 240s.

W zautomatyzowanym sposobie zbioru, opracowania i zobrazowania informacji radiolokacyjnej opóźnienie zależy głównie od możliwości osób funkcyjnych biorących udział w procesie rozpoznania radiolokacyjnego i na poszczególnych stanowiskach dowodzenia wynosi łącznie:

- SD krt około 10-20s;
- SD brt około 20-30s;
- SD BRt około 30-40s.

Natomiast w relacji:

- SD krt - SD brt około 20s;
- SD brt - SD BRt około 30s;
- SD krt - SD BRt około 50-90s (sumaryczny czas opóźnienia);
- SD BRt - CSD WLOP około 40s.

Duży czas opóźnienia (zwłaszcza przy sposobie niezautomatyzowanym - planszetyowym) w znacznym stopniu dezaktualizuje przekazywaną informację. Konieczność jej czerpania kolejno z poszczególnych posterunków radiolokacyjnych utrudnia śledzenie obiektów powietrznych i określenie wiarygodnej charakterystyki. Duża wartość opóźnienia informacji utrudnia również ukierunkowanie posterunków przez których strefy rozpoznania mogą wykonywać lot śledzone obiekty.

1.4.4. Dyskretność informacji

Pododdziały wojsk radiotechnicznych zdobyte informacje o obiektach powietrznych przekazują do stanowisk dowodzenia określonych szczebli w sposób dyskretny, z określonym okresem jej uaktualniania. Okres ten nazywany jest dyskretnością dostarczania lub dyskretnością zobrazowania informacji.

Dyskretnością przekazywania informacji nazywa się czas między kolejnymi meldunkami o danym celu (obiekcie powietrznym).¹⁹

Dyskretność przekazywania informacji radiolokacyjnej ma szczególne znaczenie dla zobrazowania na SD poszczególnych szczebli faktycznej sytuacji powietrznej. Jej niezbędna wartość wyklucza mylenie tras obiektów powietrznych oraz zapewnia terminowe wykrycie manewru i zmiany ugrupowania bojowego celów grupowych. Wymaganą dyskretność przekazywania informacji ustala się dla każdego obiektu powietrznego. Konkretnie jej wartości w znacznym stopniu zależą od charakteru istniejącej i rozwijającej się sytuacji bojowej, gęstości nalotu środków napadu powietrznego, prędkości lotu obiektów powietrznych i ich możliwości manewrowych, liczby celów pozorowanych, intensywności zakłóceń, charakteru zadań bojowych wykonywanych przez zabezpieczone wojska.

Wojska radiotechniczne uzyskane informacje o obiektach powietrznych przekazują do decydentów obrony powietrznej z różną dyskretnością. Jej wartość jest zależna od sposobu zbioru, opracowania i zobrazowania informacji.

Dyskretność informacji przekazywanej sposobem niezautomatyzowanym - planszetyowym zależy od poziomu wykształcenia stanów osobowych, liczby kanałów informacyjnych²⁰ i liczby śledzonych obiektów powietrznych. Na podstawie doświadczeń wojsk radiotechnicznych ustalono, że dyskretność informacji prze-

¹⁹ Biuletyn informacyjny nr 1 (149). Wyd. MON. Warszawa 1986r.

²⁰ Kanałem informacyjnym nazywa się ogół połączonych ze sobą ogniw przez, które kolejno przechodzi informacja, począwszy od źródła jej uzyskania do końcowego urządzenia zobrazowania.

kazywanej do CSD WLOP wynosi 3-4 min, do SD KOP - 2 min, do SD oddziałów (związków taktycznych) wojsk rakietowych i lotnictwa myśliwskiego około 1 min.²¹

Dyskretność informacji przekazywanej sposobem zautomatyzowanym zależy od poziomu wykształcenia stanu osobowego, parametrów technicznych środków zbioru, opracowania i zobrazowania informacji. W tym przypadku przyjmuje ona następujące wartości:

- SD krt - SD WRt od 10 do 30s;
- SD WRt - SD WRt od 10 do 30s;
- SD WRt - CSD WLOP około 2 min.

1.5. Możliwości liczbowe (ilościowe) WRt SP

Jednym z podstawowych parametrów (wskaźników) charakteryzujących możliwości rozpoznania obiektów powietrznych przez wojska radiotechniczne jest liczba informacji o sytuacji powietrznej.

Pod pojęciem liczby przekazywanej informacji o sytuacji powietrznej należy rozumieć liczbę jednocześnie przekazywanych meldunków o oddzielnie śledzonych przez pododdziały WRt obiektach powietrznych w jednostce czasu.

Liczba informacji przekazywanych decydującym SP o rozpoznawanych obiektach jest określana liczbą przekazanych meldunków (pełnych, skróconych lub uzupełniających) o oddzielnie śledzonych obiektach. Zależy ona od: możliwości technicznych (głównie rozdzielczości) stacji radiolokacyjnych, możliwości technicznych środków przetwarzania informacji, liczby kanałów łączności oraz poziomu wykształcenia osób funkcyjnych. Liczba dostarczanych informacji po-

²¹ Taktyka wojsk radiotechnicznych Wojsk Obrony Powietrznej Kraju. Wyd. DWOPK. Sygn. 643/76. Warszawa 1977r

winna odpowiadać wymogom określonego szczebla dowodzenia siłami powietrznymi.

Możliwości zautomatyzowanych środków przetwarzania informacji, w zakresie liczby jej przekazywania, są określone i opisane w formularzach technicznych środków, dla założonych warunków taktycznych i operacyjno - taktycznych. Natomiast możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie liczby dostarczanej informacji sposobem niezautomatyzowanym - planszutowym, można określić z zależności:

$$I = \frac{\Delta t}{t_m} k$$

gdzie: I - liczba obiektów powietrznych, o których jest dostarczana informacja;

t_m - czas opracowania jednego meldunku o śledzonym obiekcie powietrznym;

k - liczba kanałów informacyjnych;

Δt - dyskretność przekazywania informacji.

Możliwości wojsk radiotechnicznych w rozpatrywanym zakresie determinowane są możliwościami osób funkcyjnych oraz możliwościami eksploatowanych urządzeń technicznych. W praktycznych działaniach wojsk radiotechnicznych przyjmuje się, że sposobem niezautomatyzowanym - planszutowym, w każdym oddzielnie wziętym ogniwie informacyjnym (krt, brt, BRt) w ciągu jednej minuty można przekazać od sześciu do ośmiu meldunków o sytuacji powietrznej. Możliwości te są zależne przede wszystkim od poziomu wyszkolenia obsługi stanowisk dowodzenia.

Znacznie korzystniej przedstawia się sytuacja przy zbiorze, opracowywaniu, zobrazowaniu i przekazywaniu informacji o sytuacji powietrznej sposobem zautomatyzowanym. Sposób ten umożliwia jednoczesne śledzenie znacznie większej liczby obiektów powietrznych z mniejszą dyskretnością przekazywanej informacji. Jednakże i tutaj występują pewne ograniczenia związane głównie z

niewystarczającą liczbą zautomatyzowanych miejsc pracy, niewystarczającymi możliwościami zastosowanych maszyn cyfrowych i ich oprogramowania jak i małą szybkością pracy zastosowanych linii telekodowych.

Aktualnie możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie liczby przekazywanej informacji są następujące:

a) sposobem zautomatyzowanym;

- SD krt - SD brt: RPT-10 - o 31 obiektach z dyskretnością 10-30 s;
- SD brt - SD BRt: RPT-20 - o 31 obiektach z dyskretnością 10-30 s;
- SD BRt - CSD WLOP: CYBER WA - o 30 obiektach grupowych z dyskretnością 30s.

b) sposobem niezautomatyzowanym (planszetyowym);

- SD krt - SD brt: o 6-8 obiektach z dyskretnością 1 min.
- SD brt - SD BRt: o 12-16 obiektach z dyskretnością 2 min.
- SD BRt - CSD WLOP: o 24-32 obiektach z dyskretnością 3-4 min.

1.6. Wymagania informacyjne pododdziałów, oddziałów (ZT) sił powietrznych

Podstawowym zadaniem wojsk radiotechnicznych jest zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych pododdziałów, oddziałów (ZT) wojsk rakietowych, lotnictwa myśliwskiego i zakłóceń radioelektronicznych

Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych aktywnych środków walki obrony powietrznej polega na przekazywaniu do tych jednostek informacji dowodzenia i bojowej o określonej terminowości, wiarygodności i ciągłości.

Przekazywana informacja stanowi podstawę do realizacji zadań dowodzenia siłami obrony powietrznej w walce ze środkami napadu powietrznego. Stąd rozważania o wymaganiach informacyjnych powinny dotyczyć wyżej wymienionych parametrów informacji o sytuacji powietrznej.

1.6.1. Wymagania oddziałów (ZT) WR

Aby obrona obiektów przed oddziaływaniem ŚNP była skuteczna, WR powinny wykonać swoje zadanie przed ich dolotem do rubieży wykonania zadania. Dokonać tego mogą w przypadku gdy posiadać będą odpowiednio wcześniej informację o nalocie. Możliwości bojowe oddziału (ZT) WR w znacznym stopniu zależą od możliwości bojowych WRt. Z tego powodu, konieczne staje się określenie wymagań związanych z jakością zabezpieczenia radiolokacyjnego. Dotyczą one przede wszystkim: odległości do potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej; ilości i jakości przekazywanej informacji o sytuacji powietrznej.

Liczbowa wartość odległości do potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej (D_{PRIR}) powinna zagwarantować dowódcy oddziału (ZT) WR właściwą ocenę sytuacji, powzięcie decyzji o walce, wprowadzenie odpowiednich stopni gotowości bojowej, dokonanie podziału celów oraz postawienie zadań pododdziałom raketowym odnośnie ich niszczenia.

Odległość do potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej określana jest z zależności:

$$D_{PRIR} = D_{ds} + V_c (t_{op} + t_{pd} + t_{got})$$

gdzie: D_{ds} - odległość do dalszej granicy strefy startu rakiet (km);

V_c - prędkość lotu celu (km/min);

t_{op} - czas opóźnienia przekazywanej informacji radiolokacyjnej (min);

t_{pd} - czas potrzebny na powzięcie decyzji (min);

t_{got} - czas potrzebny na osiągnięcie gotowości do startu rakiet (gb. nr 1) z określonego stopnia gotowości bojowej (min).

Przyjmując, że:

$$D_{ds} = D_d + V_c (t_{lr} + t_{st})$$

gdzie: D_d - odległość do dalszej granicy strefy ognia (km);

t_{lr} - czas lotu rakiety (min);

$$t_{lr} = \frac{D_{ds} - d_d}{V_c}$$

t_{st} - czas opóźnienia startu rakiety; $t_{st} = 2\text{sek.}$ (można pominąć);

to zależność przyjmuje postać:

$$D_{PRIR} = D_d + V_c (t_{op} + t_{pd} + t_{got} + t_{lr})$$

Aby cel mógł być ostrzelany na dalszej granicy strefy ognia PZR konieczne jest spełnienie zależności:

$$T_{DOL} \geq t_{op} + t_{pd} + t_{got} + t_{lr}$$

T_{DOL} - czas dolotu celu do dalszej granicy strefy startu.

Na wielkość T_{DOL} wpływ mają:

$$T_{DOL} = \frac{D_w \pm \Delta D - D_d}{V_c}$$

gdzie: D_w - zasięg wykrywania obiektu powietrznego przez RLP;

ΔD - odległość RLP od stanowiska pododdziału raketowego na kierunku nalotu ŚNP;

„ + ” - położenie RLP przed stanowiskiem pododdziału raketowego względem nalotu ŚNP;

„ - ” - położenie RLP za stanowiskiem pododdziału raketowego względem nalotu ŚNP;

D_d - odległość do dalszej granicy strefy ognia.

Skuteczność wskazywania celów dla pododdziałów raketowych w dużej mierze zależy od odpowiedniej jakości informacji radiolokacyjnej. Jakość informacji określa stopień spełnienia wymagań stawianych przez użytkowników przede wszystkim w zakresie jej pełności, aktualności i dokładności²².

Pełność informacji należy rozumieć jako określony skład wiadomości o sytuacji powietrznej, niezbędnych w procesie dowodzenia.

Do wiadomości niezbędnych w procesie dowodzenia podczas działań bojowych należą:



²² Adamczyk A., Adamczyk M. Zabezpieczenie radiolokacyjne oddziałów Wojsk OP. Skrypt. AON, 1991.

- współrzędne położenia obiektów w przestrzeni powietrznej (x , y , H lub D , β , H);
- cecha przynależności SWÓJ - OBCY;
- skład, typ i ugrupowanie bojowe celu;
- prędkość lotu celu;
- charakter działań bojowych celu (manewr kursem, prędkością, wysokością, zmiana ugrupowania, stosowanie zakłóceń radioelektronicznych, itp.).

Większość z powyższych wiadomości uzyskiwana jest na podstawie pierwotnej informacji radiolokacyjnej, część zaś w trakcie opracowania, uogólniania oraz analizy całości otrzymanej informacji, w tym również informacji z powiadamiania i współdziałania.

Wymagania w zakresie aktualności informacji radiolokacyjnej określają wartości czasu opóźnienia i dyskretności przekazywanej informacji.

Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej określany jest jako różnica między czasem zobrazowania tej informacji na stanowisku pracy dowódcy oddziału (ZT) WR (wskaźnik aparatury ZtSD lub planszet sytuacji ogólnej PłSD), a czasem zdobycia tej informacji przez posterunek radiolokacyjny.

Dyskretnością przekazywania informacji (Δt) określa się przedział czasowy pomiędzy dwoma kolejnymi meldunkami o tym samym obiekcie powietrznym. Na dyskretność przekazywania informacji, podobnie jak na czas opóźnienia, wpływ ma sposób przekazywania informacji.

W sposobie zautomatyzowanym dyskretność zależy od możliwości technicznych aparatury ZtSD i środków łączności, wyszkolenia obsługi oraz liczby śledzonych obiektów powietrznych.

W sposobie planszetyowym zależy ona od poziomu wyszkolenia stanu osobowego, liczby śledzonych obiektów oraz liczby kanałów przekazywania informacji.

Można ją określić z zależności:

$$\Delta t = \frac{I \cdot t_m}{k}$$

gdzie: I - liczba śledzonych obiektów powietrznych;

t_m - czas opracowania meldunku o śledzonym obiekcie powietrznym;

k - liczba kanałów informacyjnych.

W sposobie wskaźnikowym dyskretność zależy od prędkości obrotowej układów napędowych stacji radiolokacyjnych i określa się ją z zależności:

$$\Delta t = \frac{60}{n_a}$$

n_a - prędkość obrotowa anteny RLS;

Dopuszczalny czas opóźnienia informacji i dopuszczalna dyskretność przekazywania informacji nie powinny zmniejszać efektywności działań bojowych oddziału (ZT) WR i powinny zapewnić pełną charakterystykę informacji o sytuacji powietrznej, terminowe wykrycie manewru celów, zmian ugrupowania oraz uniemożliwić mylenie tras celów powietrznych. Dąży się ku temu, aby informacja radiolokacyjna wykorzystywana na SD oddziału (ZT) WR miała czas opóźnienia o wartości zbliżonej do zera, a dyskretność nie większą niż 10 sekund.

Wymagania dotyczące dokładności informacji zależą od jej przeznaczenia. Najwyższe wymagania stawiane są w czasie wskazywania celów do ostrzelania dla pododdziałów raketowych.

Wymagania stawiane dokładności informacji radiolokacyjnej można spełnić poprzez wykorzystywanie informacji ze stacji radiolokacyjnych posiadających najlepsze parametry w zakresie dokładności określania współrzędnych obiektów powietrznych, zastosowanie nowoczesnych urządzeń zautomatyzowanego zbioru i opracowania informacji, eliminację ogniów pośrednich w kanałach informacji oraz dobre przygotowanie stanu osobowego.

Wymagania w zakresie potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej.

Odległość potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej określono, przyjmując następujące dane (tabela 5):

Tabela 5

	S - 75M	S - 125M	S-200WE	KRUG-M1	PATRIOT	S-300W
D_d	24 km	11 km	35 km	24 km	90 km	100 km
V_c	200 m/s	200m/s	200m/s	200 m/s	200m/s	200m/s
t_{op}	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min
t_{pd}	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min	1 min
t_{got}	GB nr 2 spos. przysp.	4 min	4 min	6 min	5,5 min	
	GB nr 2 spos. normal.	6 min	5 min	8 min	6,5 min	
V_{lr}	740 m/s	650m/s	1000m/s	1000m/s	1000m/s	1000m/s

Dla tych wartości odległość potrzebnej rubieży radiolokacyjnej - D_{PRIR} - przedstawia się następująco:

Tabela 6

	S - 75M	S - 125M	S-200WE	KRUG-M1	PATRIOT	S-300W
GB nr 1	66 km	51 km	78 km	64 km	76 km	84km
GB nr 2p	102 km	87 km	138 km	118 km	-	-
GB nr 2	126 km	99 km	162 km	130 km	-	-

Wymagania w zakresie dokładności informacji radiolokacyjnej.

Dla WR dokładność informacji radiolokacyjnej powinna zapewnić takie nakierowanie anten SNR na cel, aby był widoczny na wskaźniku bez poszukiwania.

Wartość dokładności informacji radiolokacyjnej kształtuje się następująco:

- w zakresie współrzędnych płaskich - $\pm 1500 \div 2000\text{m}$.
- w zakresie wysokości - $\pm 500\text{m}$.

Wymagania w zakresie prawdopodobieństwa wskazania celu dla SNR:

- w systemie zautomatyzowanym - 0,93
- w systemie niezautomatyzowanym - $0,7 \div 0,8$

Wymagania w zakresie dyskretności i wiarygodności informacji radiolokacyjnej.

Informacja radiolokacyjna przekazywana na SD oddziału (ZT) WR powinna mieć czas opóźnienia bliski zeru. Dyskretność przekazywania informacji w systemie zautomatyzowanym nie powinna przekraczać 10 sekund (dopuszczalne są przerwy w przekazywaniu informacji, które nie powodują zerwania ciągłości śledzenia celu powietrznego pod jednym numerem maszynowym), a w systemie niezautomatyzowanym 1 minuty.

Wiarygodność informacji odnośnie przynależności państwowej, typu, składu i przeznaczenia taktycznego celu musi zapewnić dowódca oddziału (ZT) WR powzięcie decyzji w zakresie ilości i rodzaju sił potrzebnych do użycia, sposobu ich użycia oraz podziału wysiłku i sposobu współdziałania.

1.6.2. Wymagania oddziału LM

Informacja radiolokacyjna przekazywana przez WRt do stanowiska dowodzenia oddziału LM i jego punktów naprowadzania powinna charakteryzować się odpowiednią jakością. Rozpatrując naprowadzanie samolotów jako proces dynamiczny, można podzielić je na dwa etapy:

naprowadzanie wstępne;

naprowadzanie bezpośrednie;

Podczas realizacji każdego z tych etapów inne cechy informacji radiolokacyjnej odgrywają pierwszoplanową rolę.

W etapie wstępnego naprowadzania zwykle wykorzystuje się informację dowodzenia. Ona bowiem decyduje o czasie jakim dysponuje dowódca oddziału LM na wybór sposobu działań, a w konsekwencji na przechwycenie ŚNP przeciwnika. Zakres i treść pracy wykonywanej na stanowisku dowodzenia oddziału LM podczas wstępnego naprowadzania nakładają na informację dowodzenia określone wymagania również w stosunku do pozostałych jej cech. Dla dowódcy oddziału LM decydującego o użyciu samolotów myśliwskich, istotnym jest posiadanie terminowej i wiarygodnej informacji dotyczącej składu zwalczanego celu powietrznego, ponieważ wpływa ona bezpośrednio na liczbę wydzielonych do zwalczania sił i środków. Mniejszą rolę odgrywają takie cechy jak dokładność określenia położenia i warunków lotu celu powietrznego oraz czas opóźnienia i dyskretność przekazywanej informacji.

Terminowość informacji

W celu wprowadzenia sił oddziału LM do walki na nakazanych rubieżach, dowódca oddziału powinien otrzymać informację o nalocie ŚNP przeciwnika z wyprzedzeniem. W praktycznej działalności uprzedzenie dowódcy oddziału LM o nalocie ŚNP przeciwnika wyraża się potrzebną rubieżą informacji radioloka-

cyjnej (D_{PRIR}). Potrzebną rubież informacji radiolokacyjnej dla oddziału lotnictwa myśliwskiego bazującego na lotniskach w gotowości bojowej nr 1 lub nr 2, można obliczyć korzystając z następującej zależności:

$$D_{PRIR(PRWW)} = \frac{S_{PRWW.L}}{\cos \alpha} n + V_c * (t_{op} + t_{pd} + t_{got} + t_{wzn} + t_{man}) \pm d$$

gdzie: $D_{PRIR(PRWW)}$ - odległość do potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej mierzona od lotniska (km);

$S_{PRWW.L}$ - odległość od lotniska do potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki (km);

$\cos \alpha$ - kąt zawarty między kierunkiem z lotniska do dowolnego punktu P_{RWW} , a jego rzutem prostopadłym na płaszczyznę prostopadłą do P_{RWW} ($^\circ$);

n - stosunek prędkości celu do myśliwca ($n = \frac{V_c}{V_m}$);

V_c - prędkość celu powietrznego (km/min);

V_m - prędkość samolotu myśliwskiego (km/min);

t_{op} - czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej (min);

t_{pd} - czas na powzięcie decyzji (min);

t_{got} - czas na osiągnięcie gotowości bojowej (min);

t_{wzn} - czas potrzebny na nabór odpowiedniej wysokości przy pełnym uzbrojeniu i bez dopalania (min);

t_{man} - czas na wykonania manewru z najbardziej niekorzystnego położenia (min);

d - odległość odpalenia rakiet do celu.

/ + /- przy ataku z przedniej półsfery;

/ - /- przy ataku z tylnej półsfery.

W przypadku gdy oddział LM działa sposobem dyżurowania w powietrzu, ze strefy dyżurowania położonej na PRWW, D_{PRIR} określa się z zależności:

$$D_{PRIR(PRWW)} = n * S_{PRWW,S} + V_c * (t_{op} + t_{pd} + t_{man}) \pm d$$

gdzie: $S_{PRWW,S}$ - odległość poszczególnych punktów PRWW od środka strefy dyżurowania;

Wiarygodność informacji

Wiarygodność informacji określa się prawdopodobieństwem poprawnego rozpoznania (określenia charakterystyki) i przynależności państwowej wykrytych obiektów, ich typu, ugrupowania oraz przeznaczenia taktycznego. Z uwagi na to, że parametry te są wzajemnie zależne, wiarygodność informacji jest wartością funkcji wypadkowej, uwzględniającej określenie poszczególnych parametrów charakteryzujących rozpoznawany obiekt. Można ją określić według zależności:

$$P_{wi} = f(P_p, P_t, P_s, P_{pt})$$

gdzie: P_{wi} - prawdopodobieństwo określenia wiarygodności informacji;

P_p - prawdopodobieństwo określenia przynależności państwowej wykrytego obiektu powietrznego;

P_t - prawdopodobieństwo określenia typu wykrytego obiektu powietrznego;

P_s - prawdopodobieństwo określenia składu i ugrupowania wykrytego obiektu powietrznego;

P_{pt} - prawdopodobieństwo określenia przeznaczenia taktycznego wykrytego obiektu powietrznego.

Etap naprowadzania bezpośredniego obejmuje wprowadzenie samolotu myśliwskiego (grupy samolotów) do walki na potrzebnej (nakazanej) rubieży wprowadzenia do walki (P_{RWW}). Ogólnie można stwierdzić, że wymagania

przestrzenne dla informacji radiolokacyjnej w etapie naprowadzania bezpośredniego są zawężone do określonej przestrzeni w obrębie PRWW i są mniejsze od wymagań w etapie poprzednim. Na pierwszy plan w tym etapie wysuwają się natomiast takie cechy jak:

- dokładność;
- potrzebna rubież informacji;
- ciągłość.

Potrzebna rubież informacji podczas naprowadzania bezpośredniego

Naprowadzanie samolotów na cele powietrzne jest realizowane na podstawie radiolokacyjnej informacji bojowej, której rubież określa się z zależności:

$$D_{PRIR} = V_C * (t_{op} + t_N + t_{man}) \pm d$$

gdzie: t_N - czas potrzebny nawigatorowi naprowadzania na identyfikację celu na wskaźniku obserwacji okrężnej stacji radiolokacyjnej (ok. 20-30 s)²³.

Dokładność informacji

Dokładność informacji - jest to wartość liczbowa określająca sumę błędów średniokwadratowych powstałych przy namierzaniu, odczytywaniu i zobrażowaniu współrzędnych obiektu powietrznego. Zależy ona przede wszystkim od typu stacji radiolokacyjnej i jej zdolności określania współrzędnych obiektów powietrznych, umiejętności operatorów oraz sposobu przekazywania i zobrażowania danych. Wymagane jest aby na SD oddziału LM dokładność informacji dowodzenia we współrzędnych płaskich nie była mniejsza od 2 - 3 km, a w wysokości w granicach 0,5 - 1 km. Natomiast dokładność informacji bojowej we

²³ Adamczyk M. Informacja radiolokacyjna w procesie dowodzenia wojskami w systemie obrony powietrznej na terytorium kraju. Rozprawa doktorska. ASG WP 1990 r.

współrzędnych płaskich powinna być nie mniejsza niż 500 m, a w wysokości nie mniejsza niż 300 m²⁴.

Ciągłość informacji

Ciągłość informacji radiolokacyjnej polega na stałym przekazywaniu do SD oddziału LM i jego punktów naprowadzania informacji radiolokacyjnej z określoną dyskretnością od momentu wykrycia celu powietrznego do jego zniszczenia lub wyjścia ze strefy rozpoznania radiolokacyjnego. Ciągłość informacji bojowej wpływa na wartość prawdopodobieństwa naprowadzania sił lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne, szczególnie w czasie bezpośredniego naprowadzania i prowadzenia grupowych walk powietrznych. O systematyczności dostarczania informacji radiolokacyjnej na SD oddziału LM decyduje ciągłość strefy rozpoznania radiolokacyjnego oraz dyskretność i czas opóźnienia przekazywanej informacji.

Etap naprowadzania bezpośredniego kończy się po wyprowadzeniu samolotu myśliwskiego z walki w rejon lądowiska lądowania.

1.6.3. Wymagania pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych

Wymagania pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych względem informacji bojowej o działaniach ŚNP charakteryzowane są także wskaźnikiem przestrzennym, nazywanym odległością potrzebnej rubieży tej informacji, którego wartość wyznacza się z iloczynu prędkości lotu ŚNP i czasu zapewniającego wskazanie celów powietrznych poszczególnym pododdziałom zakłóceń radioelektronicznych oraz wykrycie wskazanych obiektów powietrznych przez stacje

²⁴ Adamczyk A. Adamczyk M. Zabezpieczenie radiolokacyjne oddziałów wojsk OP. Skrypt. AON1991 r.

rozpoznania radioelektronicznego. Rubież tą wyznacza się w stosunku do granicy strefy zakłóceń radioelektronicznych tych pododdziałów.

Odległość potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej dla pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych (D_{PRIRZRe}) można określić korzystając z zależności:

$$D_{\text{PRIRZRe}} = V_c(t_{\text{ws}} + t_w)$$

gdzie: V_c - prędkość lotu celu powietrznego;

t_{ws} - czas wskazania celu powietrznego pododdziałom ZRe;

t_w - czas rozpoznania promieniowania elektromagnetycznego pokładowych urządzeń wskazanych obiektów powietrznych przez stację rozpoznania pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych.

1.7. Możliwości informacyjne WRt SP

Możliwości WRt w zakresie terminowości informacji o działaniach przeciwnika powietrznego, charakteryzowane są głównie wskaźnikami przestrzennymi lub czasowymi. Zatem, możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie terminowości dostarczenia uprzedzającej informacji o działalności przeciwnika powietrznego, należy charakteryzować wskaźnikiem czasowym, nazywanym możliwym czasem dostarczenia informacji dowodzenia, zaś możliwości co do terminowości informacji bojowej należy określać wskaźnikiem przestrzennym, zwanym odległością możliwej rubieży informacji bojowej.

Czas uprzedzenia o działalności przeciwnika powietrznego (możliwy czas dostarczenia informacji dowodzenia - T_{MID}) przez wojska radiotechniczne można określić z zależności:

$$T_{\text{MID}} = \frac{D_w \pm d_{pz}}{V_c} - (t_{ido} + t_{pd})$$

gdzie: D_w - zasięg strefy wykrywania wojsk radiotechnicznych;

V_c - prędkość lotu celu powietrznego;

d_{pz} - odległość od linii ugrupowania wojsk radiotechnicznych do rubieży postawienia zadań bojowych podległym pododdziałom, oddziałom (ZT);

t_{ido} - czas opracowania danych o wykrytych obiektach i dostarczenia o nich informacji użytkownikom;

t_{pd} - czas wypracowania decyzji co do sposobu użycia pododdziałów, oddziałów (ZT) obrony powietrznej w walce ze ŚNP przeciwnika.

Uwzględniając współdziałanie wojsk radiotechnicznych z innymi rodzajami sił rozpoznania (pododdziałami, oddziałami wojsk radiotechnicznych wojsk lądowych, marynarki wojennej, rozpoznania radioelektronicznego i wzrokowo technicznego) zasięg strefy wykrywania wojsk radiotechnicznych (D_W), można określić z następującej zależności:

$$D_W = \max (D_{WWL}; D_{WMW}; D_{WRe}; D_{Wwt})$$

gdzie: D_{WWL} - zasięg strefy wykrywania wojsk radiotechnicznych wojsk lądowych;

D_{WMW} - zasięg strefy wykrywania wojsk radiotechnicznych marynarki wojennej;

D_{WRe} - zasięg strefy wykrywania sił rozpoznania radioelektronicznego;

D_{Wwt} - zasięg strefy wykrywania posterunków rozpoznania wzrokowo - technicznego.

Z uwagi na przyjęty rodzaj i sposób wyznaczania wskaźników charakteryzujących potrzeby sił obrony powietrznej w zakresie terminowości informacji o działaniach przeciwnika powietrznego, możliwości wojsk radiotechnicznych w tym zakresie powinny być charakteryzowane podobnymi parametrami, których wartość zależy głównie od możliwości technicznych środków rozpoznania, spo-

sobu ich ugrupowania oraz czasu opracowania i dostarczenia zdobytych informacji użytkownikom.

Odległość możliwej rubieży informacji radiolokacyjnej dla wojsk raketowych (D_{MRIRWR}) można określić z zależności:

$$D_{MRIRWR} = (D_R \pm d_{DGSS}) - V_c(t_{ido} + t_{ws} + t_w)$$

gdzie: D_R - zasięg strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez wojska radiotechniczne;

d_{DGSS} - odległość od linii ugrupowania pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych) posterunków radiolokacyjnych do dalszej granicy strefy startu rakiet dywizjonów (baterii);

V_c - prędkość lotu celu powietrznego;

t_{ido} - czas opracowania danych o wykrytych obiektach i dostarczenia o nich informacji decydom pododdziałów, oddziałów (ZT) wojsk raketowych;

t_{ws} - czas wskazania celu powietrznego pododdziałom, oddziałom (ZT) wojsk raketowych;

t_w - czas wykrycia celów powietrznych przez stację naprowadzania rakiet.

Odległość możliwej rubieży informacji radiolokacyjnej dla lotnictwa myśliwskiego (D_{MRIRLM}) można określić z następującej zależności:

$$D_{MRIRLM} = (D_R \pm d_{PRWW}) - V_c(t_{ido} + t_{ws} + t_n)$$

gdzie D_R - zasięg strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez wojska radiotechniczne;

d_{PRWW} - odległość od linii ugrupowania pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych) posterunków radiolokacyjnych do potrzebnej rubieży wprowadzenia sił lotnictwa myśliwskiego do walki;

V_c - prędkość lotu celu powietrznego;

t_{ido} - czas opracowania danych o wykrytych obiektach i dostarczenia o nich informacji decydom oddziałów lotnictwa myśliwskiego;

t_{ws} - czas wskazania celu powietrznego oddziałom lotnictwa myśliwskiego;

t_n - czas realizacji bezpośredniego naprowadzania załóg lotnictwa myśliwskiego na wskazane cele powietrzne.

Odległość możliwej rubieży informacji radiolokacyjnej dla pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych ($D_{MRIRZRe}$) można określić z następującej zależności:

$$D_{MRIRZRe} = (D_R \pm d_{GSZRe}) - V_c(t_{ido} + t_{ws} + t_w)$$

gdzie: D_R - zasięg strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez wojska radiotechniczne;

d_{DGSS} - odległość od linii ugrupowania pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych) posterunków radiolokacyjnych do granicy strefy zakłóceń radioelektronicznych pododdziałów ZRe;

V_c - prędkość lotu celu powietrznego;

t_{ido} - czas opracowania danych o wykrytych obiektach i dostarczenia o nich informacji decydom pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych;

t_{ws} - czas wskazania celu powietrznego pododdziałom ZRe;

t_w - czas rozpoznania promieniowania elektromagnetycznego pokładowych urządzeń wskazanych celów powietrznych przez stację rozpoznania pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych.

Porównując wartości potrzebnych i możliwych czasów dostarczania użytkownikom informacji dowodzenia oraz odległości potrzebnych i możliwych rubieży informacji radiolokacyjnej dla poszczególnych pododdziałów, oddziałów (ZT) wojsk raketowych, lotnictwa myśliwskiego i zakłóceń radioelektronicznych, można ocenić czy wojska radiotechniczne spełnią wymagania zabezpiecza-

nych pododdziałów, oddziałów (ZT) obrony powietrznej w zakresie terminowości informacji o działaniach przeciwnika powietrznego.

Wyznacznikiem charakteryzującym możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie terminowości informacji o obiektach powietrznych jest zasięg ich strefy wykrywania i rozpoznania radiolokacyjnego.

Wymaganą wiarygodność informacji dowodzenia wojska radiotechniczne spełniają poprzez jej opracowanie i zobrazowanie na: planszetach, tablicach i wskaźnikach aparatury zautomatyzowanego dowodzenia, rozmieszczonych w salach bojowych SD na poszczególnych szczeblach dowodzenia oraz przekazanie tej informacji decydom obrony powietrznej.

Wymagania w zakresie dokładności zobrazowania informacji bojowej wojska radiotechniczne spełniają poprzez dostarczenie tej informacji do SD oddziałów (ZT)WR oraz punktów naprowadzania LM sposobem wskaźnikowym, ze stacji radiolokacyjnych o najlepszych parametrach w zakresie rozdzielczości i dokładności określania współrzędnych położenia obiektów powietrznych. Wojska radiotechniczne zapewniają zdejmowanie i przekazywanie informacji z następującą dokładnością:

w systemie zautomatyzowanym

współrzędne płaskie - x, y	$\pm 0,68 \div \pm 2,32$ km
wysokość - H	$\pm 100 \div \pm 500$ m

w systemie niezautomatyzowanym - planszetowym

współrzędne płaskie - x, y	$\pm 5 \div \pm 15$ km
wysokość - H	$\pm 100 \div \pm 500$ m

w systemie niezautomatyzowanym - wskaźnikowym

azymut - β	$\pm 0,5 \div \pm 1^\circ$ dla RLS zakresu cm i dcm
	$\pm 1,5 \div \pm 2^\circ$ dla RLS zakresu m
odległość - D	$\pm 0,3 \div \pm 1$ km dla RLS zakresu cm
	$\pm 0,5 \div \pm 1$ km dla RLS zakresu dcm

wysokość - H

$\pm 1,5 \div \pm 2$ km dla RLS zakresu m

$\pm 100 \div \pm 500$ m

Wymagania stawiane przez pododdziały, oddziały (ZT) WR i LM w zakresie dokładności określenia współrzędnych mogą być zatem spełnione przez stacje zakresu centymetrowego lub decymetrowego. Analizując ich parametry taktyczno-techniczne można stwierdzić, że najlepszą dokładność określania miejsca położenia obiektów posiadają następujące stacje radiolokacyjne: NUR-11, NUR-12, NUR-31, NUR-41, K-66, JAWOR-M2 (ML) i RW-31.

Możliwości stacji radiolokacyjnych w zakresie określania współrzędnych położenia przestrzennego obiektów powietrznych przedstawia tabela 7 (wariant wyposażenia posterunków radiolokacyjnych i zorganizowanych PN).

Tabela 7

Możliwości RLS w zakresie określania współrzędnych położenia obiektów powietrznych

Typ PN	Wydzielony sprzęt rlok	Dokładność określania współrzędnych			Rozróżnialność		
		D(+/-)	B(+/-)	H(+/-)	D	B	E
		/km/	/°/	/km/	/km/	/°/	/°/
GPN RLP	K-66	1	0,8	-	2	1	-
	NUR-11	0,8	1	0,3	0,2	3	0,8
	NUR-31	0,3	0,6	-	0,15	3-3,5	-
	NUR-41	0,8	1	0,3	0,2	3	0,8
WPN RLP	NUR-31	0,3	0,6	-	0,1	3-3,5	-
	NUR-41	0,8	1	0,3	0,2	3	0,8
WPN RLP	J-M2 (ML)	0,6	1	-	1,5	2	-
	RW-31	1	2	0,5	1	3	0,85
WPN WRLP	NUR-31	0,3	0,6	-	0,1	3-3,5	-
	NUR-41	0,8	1	0,3	0,2	3	0,8

Prawdopodobieństwo zabezpieczenia radiolokacyjnego naprowadzania załóg samolotów myśliwskich na cele powietrzne (P_n) określa się wykorzystując następującą funkcję

$$P_n = \phi\left(\frac{\Delta D_d}{g_D}\right) \cdot \phi\left(\varphi \frac{\Delta D_d}{g_D}\right) \cdot \phi\left(\frac{\Delta H_d}{\delta_H}\right)$$

gdzie: $\phi\left(\frac{\Delta Z}{\delta_z}\right) = \varphi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ - funkcja Laplace'a (całka prawdopodobieństwa)

(prawdopodobieństwo trafienia wartości przypadkowej w przedział odcinka o odległości ΔZ);

$\Delta D_d, \Delta Q_d, \Delta H_d$ - dopuszczalne błędy naprowadzania samolotów myśliwskich w odległości, kursie i wysokości;

$\delta_D, \delta_Q, \delta_H$ - średniokwadratowe błędy ogni (elementów) naprowadzania samolotów w odległości, azymucie i wysokości.

Na średniokwadratowe błędy ogni (elementów) naprowadzania wpływ mają: błędy informacji o sytuacji powietrznej, błędy nawigacyjne i pilotażu.

Na średniokwadratowy błąd informacji radiolokacyjnej o obiekcie powietrznym wpływ mają błędy: stacji radiolokacyjnych (wynikających z danych taktyczno - technicznych i założeń konstrukcyjnych); systemu zbierania, przekazywania, opracowywania i zobrazowania (odwzorowania) informacji oraz błędów dynamicznych (wynikających z ruchu obiektu powietrznego i okresowości obserwacji za pomocą urządzeń radiolokacyjnych).

Prawdopodobieństwo wskazywania celów powietrznych pododdziałom raketowym (P_w) określa się wykorzystując następującą funkcję

$$P_w = \varphi\left(\frac{R_d}{2\delta_d}\right) \varphi\left(\frac{R_\delta}{2\delta_B}\right) \varphi\left(\frac{R_\varepsilon}{2\delta_\varepsilon}\right)$$

gdzie: $\varphi\left(\frac{Z}{2\delta}\right) = \varphi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ - funkcja Laplace'a (całka prawdopodobieństwa);

$R_d, R_\delta, R_\varepsilon$ - wymiary przestrzeni, przeglądane przez SNR w odległości, azymucie i kącie położenia (ustalone położenie anteny i stała skala odległości). Wartości $\frac{R_d}{2}, \frac{R_B}{2}, \frac{R_\varepsilon}{2}$ wskazują na maksymalny błąd wskazania celu - bez konieczności poszukiwania;

$\delta_d, \delta_B, \delta_\varepsilon$ - średniokwadratowe błędy nacelowania SNR na cel w odległości, azymucie i elewacji.

Podobnie jak w przypadku lotnictwa myśliwskiego, również w WR na średniokwadratowe błędy wskazywania celów mają wpływ błędy informacji o sytuacji powietrznej, błędy wskazania celu i błędy ustawienia SNR.

W zakresie ciągłości informacji aktualne możliwości WRt uzależnione są od szybkości transmisji danych i liczby kanałów łączności środków przetwarzania informacji, od poziomu wyszkolenia obsługi oraz od liczby obiektów znajdujących się w strefie rozpoznania.

Czas opóźnienia informacji o sytuacji powietrznej w systemie zautomatyzowanym wynosi w przypadku wykrycia nowego celu ok. 30 sek., a przy ciągłym jego śledzeniu nie więcej niż 10 ÷ 20 sek. (w zależności od liczby śledzonych celów), w systemie niezautomatyzowanym - planszetykowym czas opóźnienia zawiera się w granicach 44 ÷ 120 s dla współrzędnych płaskich i 60 ÷ 180 s dla wysokości, w systemie niezautomatyzowanym - wskaźnikowym czas opóźnienia jest bliski zeru, a dyskretność 10 (20) sek.

2. METODY OKREŚLANIA MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH WRt SP

Etymologicznie pojęcie „metoda” wywodzi się z greckiego słowa „metahodos”, co oznacza „drogę prowadzącą do celu, posuwanie się, podążanie za kimś, ściganie go lub śledzenie”. Profesor Kotarbiński na przykład definiuje metodę jako sposób systematycznie stosowany, przy czym sposób oznacza tok jakiegoś działania, a więc skład i układ jego studiów. Zwraca przy tym uwagę na powtarzalność toku postępowania oraz potrzebę jego modyfikowania i adaptowania do sytuacji czy problemu, który rozwiązujemy.

W naukach wojskowych przyjmuje się definicję określającą metodę jako świadome i konsekwentnie stosowany sposób postępowania dla osiągnięcia określonego celu; zespół celowych czynności i środków

W odniesieniu do omawianego problemu stwierdza się, że istnieje wiele metod, umożliwiających określanie możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych, a szczególnie możliwości w zakresie organizowania strefy rozpoznania radiolokacyjnego. Wybór właściwej metody zależy przede wszystkim od postawionego zadania, ugrupowania bojowego, możliwości zastosowania techniki mikrokomputerowej, wymagań dotyczących dokładności tych obliczeń oraz czasu.

Dla określenia możliwości bojowych WRt można zastosować następujące metody:

- analityczną;
- graficzną;
- analityczno - graficzną.

Metoda analityczna polega na wykorzystaniu wzorów i zależności matematycznych do wyznaczenia wartości poszczególnych parametrów (np. zasięgu wykrywania RLS, rozwinięcia pododdziałów radiotechnicznych w trójkąt lub w linię, prawdopodobieństwa wykrycia obiektów powietrznych w strefie rozpoznania itp.).

Metoda graficzna polega na wykreśleniu, w odpowiedniej skali, przekrojów poziomych lub pionowych stref wykrywania i rozpoznania radiolokacyjnego, na podstawie danych instrukcyjnych urządzeń radiolokacyjnych.

Metoda analityczno - graficzna polega na połączeniu dwóch wyżej wymienionych metod. Największe zastosowanie ma właśnie ta metoda.

Każda metoda może być realizowana z użyciem różnych środków obliczeniowych, wykreślnych (np. papier i ołówek, kalkulatory, mikrokomputery, mapy, planszety itp.)

Do wyznaczania realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych stosuje się obecnie metody analityczno-graficzne do których zalicza się takie jak: oblotu, obniżonego potencjału, wykreślną Goliewa, stacjonarnej fazy, średnich kątów nachylenia terenu, promieniowania radiowego słońca oraz współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego. Z wymienionych metod największe uznanie, ze względu na swoje zalety, znalazła metoda współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego. Następstwem tego stała się potrzeba opracowania metody wyznaczania współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego stacji radiolokacyjnych wprowadzanych do uzbrojenia WRt oraz ewentualne rozszerzenie metody współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego w przedziale wysokości zawartych w pozostałym obszarze charakterystyki zasięgowej RLS.

2.1. Charakterystyka metod określania realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych

2.1.1. Metoda oblotu

Metoda oblotu stacji radiolokacyjnych stanowi całokształt przedsięwzięć wykonywanych w celu wyznaczenia realnych stref wykrywania, skalowania gonimetrów lub sprawdzenia dokładności określania wysokości przez RLS. Oblot

wykonuje się po rozwinięciu RLS na pozycji bojowej i uwzględnieniu założeń jak:

- przeprowadza się go dla zasadniczej częstotliwości RLS;
- azymut oblotu wybiera się w sektorze odpowiedzialności dla danej RLS;
- na trasie lotu, co 30-40 km wybiera się punkty orientacyjne dla pilotów;
- na kierunku lotu jest wskazane, aby odbicia od przedmiotów terenowych były jak najmniejsze;
- profil lotu, zależy od wzajemnego usytuowania RLS i lotniska;
- prędkość samolotu powinna być jak najmniejsza;
- warunki lotu powinny odpowiadać wymaganiom stawianym danemu typowi RLS.

W zależności od typu RLS i celu oblotu wyróżnia się oblot kalibracyjny i sprawdzający.

Oblot kalibracyjny wykonuje się w celu otrzymania danych wyjściowych do wyznaczania realnych stref wykrywania i skalowania goniometru RLS.

Oblot sprawdzający wykonuje się w celu weryfikacji zasięgu stref wykrywania, dokładności określania wysokości i jakości pracy stacji radiolokacyjnej. Wykonuje się go w terminie 10-dniowym po dokonaniu oblotu kalibracyjnego, a następnie nie rzadziej niż raz w roku. Organizacja i sposób przeprowadzenia oblotu w celu wyznaczenia lub sprawdzenia realnej strefy wykrywania RLS, jest jednakowy. Oblotu dokonuje się w trakcie 2-3 przelotów na pełny zasięg wykrywania, na określonej stałej wysokości i azymucie. Przed oblotem powinny być przeprowadzone przygotowania wstępne, obejmujące:

- topograficzne opracowanie pozycji;
- sprawdzenie stanu technicznego RLS;
- instruktaż i trening z załogą RLS;
- organizację łączności;
- instruktaż z załogami samolotów uczestniczącymi w oblocie.

Po zakończeniu oblotu wyniki powinny być odpowiednio opracowane i nie później niż dwa dni po oblocie przesłane do jednostki, w której dokonano oblotu RLS. Oprócz wstępnego przygotowania do oblotu, w dniu oblotu wykonuje się bezpośrednio przygotowanie, które obejmuje sprawdzenie zasadniczych parametrów stacji radiolokacyjnej, dokładne określenie czasu wylotu samolotu i jego warunków lotu, sprawdzenie łączności. Po zakończonym oblocie przystępuje się do obliczenia i wykreślenia strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Kolejność obliczania i wyznaczania stref wykrywania RLS obejmuje:

- określenie wysokości rzeczywistej lotu samolotu;
- określenie zasięgu wykrywania RLS;
- określenie kąta położenia samolotu;
- określenie współczynnika znormalizowanej charakterystyki promieniowania;
- obliczenie zasięgu wykrywania dla maksimum pierwszego listka charakterystyki promieniowania;
- obliczenie strefy wykrywania;
- wykreślenie strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie pionowej;
- wykreślenie strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej.

Z przeprowadzonych analiz realizacji metody oblotu, służącej do wyznaczania realnych stref wykrywania RLS wynikają jej zasadnicze ujemne cechy mianowicie: wymaga ona dużo czasu i środków, zależy od pory dnia, pogody i innych warunków, nie pozwala obiektywnie ocenić maksymalnego zasięgu wykrywania RLS pojedynczego samolotu, ponieważ na zobrazowanie sygnału echa ma wpływ szereg innych czynników, niezależnych od stanu technicznego stacji radiolokacyjnej, ograniczenia na obloty reśursów technicznych samolotów. Niemniej metoda ta jest obecnie najbardziej wiarygodna w porównaniu z innymi metodami, a ograniczenie w jej stosowaniu wynika między innymi ze względu na wysoki jej koszt.

2.1.1. Metoda obniżonego potencjału

Pewną odmianą metody oblotu, również z udziałem samolotu i RLS, jest metoda obniżonego potencjału. Polega ona na określeniu charakterystyki zasięgowej na podstawie oblotu RLS, z zastosowaniem tłumika włączonego w trakt odbiorczy.

Określenie strefy wykrywania RLS metodą obniżonego potencjału, w określonym stosunku, umożliwia dokonanie oblotu na znacznie mniejszych zasięgach, co prowadzi do istotnego obniżenia kosztów, lecz równocześnie wprowadza dodatkowe błędy. Błędy te wynikają ze zmiany progu wykrywania w zależności od miejsca zobrazowania sygnału echa na wskaźniku typu P, uwzględniania tylko w pewnym stopniu wpływu krzywizny ziemi oraz tłumienia sygnału w troposferze.

Stosowanie metody oblotu, w tym i obniżonego potencjału, do wyznaczania strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej na małych wysokościach, wymaga od pilota szczególnie wysokich umiejętności pilotażu. Umiejętności te powinny być tym większe, im bogatsza jest rzeźba terenu, nad którą należy przeprowadzać loty. Wysokie wymagania w zakresie opanowania pilotażu oraz utrudnione wykonywanie lotów w strefach przygranicznych, stanowią dalsze ograniczenia stosowania tej metody. Ograniczenia te doprowadziły do poszukiwania innych sposobów rozwiązania tego problemu.

2.1.3. Metoda wykreślna Goliewa

Metoda wykreślna Goliewa oparta jest na równaniu energetycznym zasięgu RLS które przyjmuje postać:

$$d = \sqrt[4]{C_{\max} \cdot I \cdot \frac{1}{H} \cdot V \cdot f(B, E)}$$

gdzie: C_{\max} - największa wartość charakterystyki energetycznej RLS określona parametrami stacji radiolokacyjnej wzdłuż osi maksymalnego promieniowania;

I- współczynnik promieniowania wtórnego celu zależny od skutecznej powierzchni odbicia δ i obliczany jest wg wzoru:

$$I = \frac{\delta}{4\pi}$$

H- progowy stosunek energii do widmowej gęstości szumów, przy którym w RLS zapewnione jest wymagane prawdopodobieństwo wykrycia:

V- współczynnik osłabienia energii przez wpływ powierzchni ziemi;

$f(B,E)$ - charakterystyka kierunkowa natężenia pola kątów, mierzona od maksymalnego kierunku promieniowania w płaszczyźnie poziomej B i płaszczyźnie pionowej E

Natomiast w postaci logarytmicznej:

$$40 \lg \frac{d}{V f(B,E)} = c \max(dB) + (dB) - \varphi(dB)$$

a jego rozwiązanie oparte jest na korzystaniu z wykresów we współrzędnych unormowanych. Normalizacja posiada następującą postać:

- unormowany zasięg $x = \frac{d}{L}$
- unormowane wysokości $y_1 = \frac{h_a}{H}$; $y_2 = \frac{H_c}{H}$
- unormowany kąt położenia celu $l = \frac{E}{\phi}$

gdzie:

$$L = \sqrt[3]{\frac{R_z \cdot \lambda}{\pi}} \text{ (m.)- skala odległości}$$

$$H = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{R_z \cdot \lambda^2}{\pi^2}} \text{ (m.)- skala wysokości}$$

$$\Phi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\lambda}{\Pi \cdot R_z}} \text{ (rad) - skala kąta}$$

ha- wysokość względna anteny RLS;

Hc- wysokość względna celu;

Rz- promień równoważny ziemi równy 8500 km;

Unormowane: zasięg, wysokość i kąt położenia odzwierciedlają występowanie podobieństwa w warunkach rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w obszarze oświetlonym-interferencyjnym (wysokości średnie i duże) i w obszarze cienia-dyfrakcyjnym (wysokości bardzo małe i małe). Oznacza to, że wielkość współczynnika osłabienia V określona na podstawie wzorów dyfrakcyjnych dla pewnych wartości x , y_1 i y_2 odpowiadających określonym wartościom d , h_a , H_c , λ i R_z zachowuje swoją wielkość dla nowych wartości d , h_a , H_c , λ i R_z jeśli wartości unormowane x , y_1 , y_2 pozostają bez zmiany.

Zasięg horyzontu radiowego

$$D_w = \sqrt{2} R_z (\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c})$$

we współrzędnych unormowanych posiada postać

$$\sqrt{x_0} = \sqrt{y_1} + \sqrt{y_2}$$

zatem wartości zasięgów $x < \sqrt{y_1} + \sqrt{y_2}$ leżą w obszarze oświetlonym-interferencyjnym, natomiast wartości $x > \sqrt{y_1} + \sqrt{y_2}$ w obszarze cienia-dyfrakcyjnym.

Metoda wykreślna rozwiązania równania zasięgu zakłada, że nie jest ważne kosztem jakiego parametru energetycznego stacji radiolokacyjnej może być uzyskany wymagalny zasięg. Istotne jest tylko to, aby charakterystyka energetyczna RLS przewyższała całkowite osłabienie energii występujące zarówno na drodze jej rozchodzenia się od urządzenia nadawczego RLS do celu, przy promieniowaniu wtórnym celu, jak i na drodze powrotnej od celu do urządzenia od-

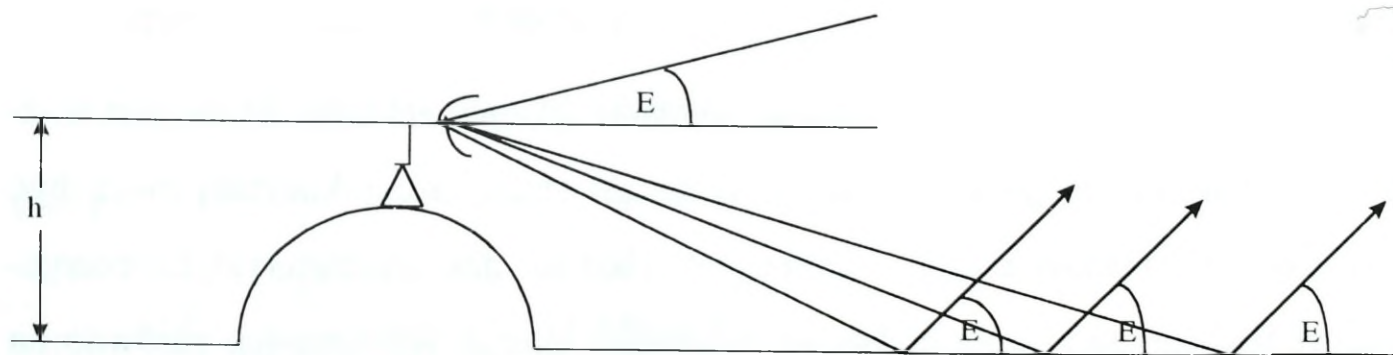
biorczego RLS o wielkości stosunku sygnału do szumu, odpowiadającego wymaganej wartości prawdopodobieństwa wykrycia.

Do praktycznego wyznaczania stref wykrywania stacji radiolokacyjnych w płaszczyźnie pionowej, służą wykresy całkowitego osłabienia, wykonane we współrzędnych unormowanych.

Metoda wykreślna Goliewa umożliwia wyznaczanie stref wykrywania stacji radiolokacyjnych na podstawie znajomości ich charakterystyk energetycznych nawet bez znajomości pierwotnych charakterystyk promieniowania. Jest to jednak metoda bardzo żmudna. Ponieważ nie uwzględnia wpływu rzeźby i przedmiotów terenowych, określane tą metodą strefy wykrywania nie zawsze odpowiadają wymaganiom taktycznym. W związku z tym nie znalazła ona szerszego zastosowania.

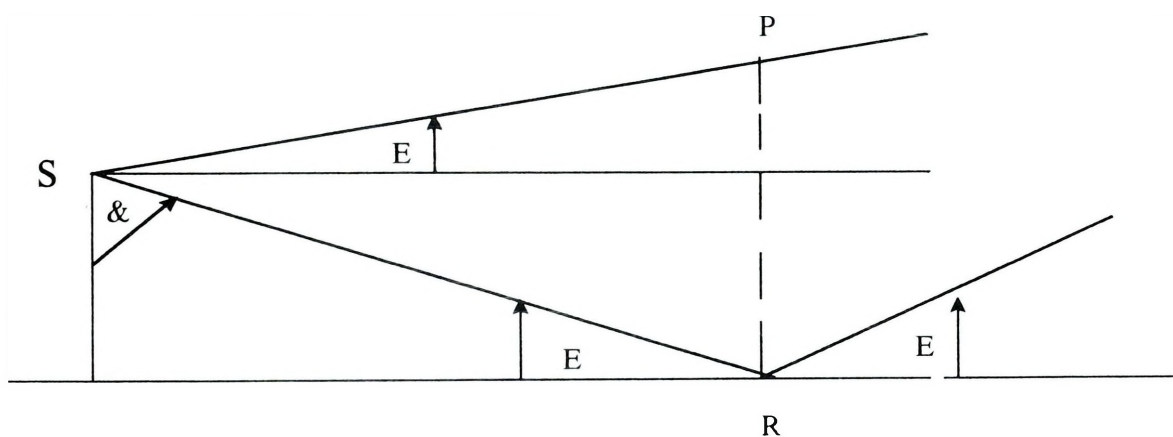
2.1.4. Metoda stacjonarnej fazy

Metoda stacjonarnej fazy opiera się na zasadzie Huygensa, z której wynika, że w razie umieszczenia źródła promieniowania nad powierzchnią ośrodka odbijającego, każdy opromieniowany punkt powierzchni można traktować jako źródło wtórnej fali kulistej (patrz rys. 11).



Rys. 11. Odbicie od ziemi energii elektromagnetycznej promieniowanej przez antenę RLS.

Określenie energii pola w danym punkcie polega na wektorowym sumowaniu fal kulistych od wszystkich wtórnych źródeł promieniowania wzdłuż określonego azymutu i kąta położenia. Sumowanie nie dotyczy amplitudy, zmieniającej się odpowiednio z charakterystyką kierunkową anteny w swobodnej przestrzeni jak i fazy zależnej od różnicy dróg promieniowania bezpośredniego i odbitego. Wypadkowa fala odbita jest dodawana do fali bezpośredniej w kierunku E. Obliczenie wymaga sumowania bardzo dużej liczby wielkości wektorowych w celu określenia punktu charakterystyki kierunkowej dla kąta położenia E i może być wykonane tylko za pomocą EMC. Określenie różnicy faz między falą bezpośrednią i odbitą przedstawiono na rysunku 12.

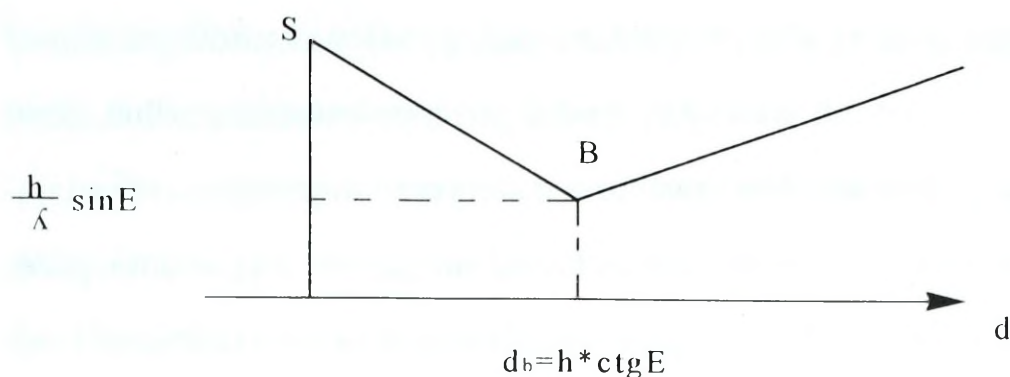


Rys.12. Określenie różnicy faz między falą bezpośrednią i odbitą.

W punkcie R powierzchni ziemi padająca pod kątem ϵ energia RLS odbija się częściowo pod kątem E. Jeśli w kierunku padania zmiana fazy fali wynosi na jednostkę długości $2\frac{\pi}{\lambda}$ to różnica faz między falą bezpośrednią i odbitą w kierunku E wyniesie:

$$\Delta \Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta d = \frac{2\pi}{\lambda} (SR - SP)$$

Jeśli się rozpatruje wpływ wysokości h anteny RLS przy różnych odległościach od źródła promieniowania, to okazuje się, że jest taki punkt B (patrz rys.13), w którym różnica faz fali bezpośredniej i odbitej osiąga wartość ekstremalną. Punkt ten jest punktem stacjonarnej fazy i stąd nazwa metody.



Rys.13. Punkt stacjonarnej fazy.

Metoda stacjonarnej fazy jest jedną z dokładniejszych metod określania stref wykrywania RLS w płaszczyźnie pionowej. Do istotnych uproszczeń tej metody należy zaliczyć traktowanie anteny jako źródła punktowego oraz przyjęcie jako stałe parametry fizyczne gleby i atmosfery. Metoda stacjonarnej fazy pomija występujące rozproszenie fali odbitej od powierzchni ziemi, a rzeźbę terenu uwzględnia tylko na określonych kierunkach do pewnej odległości w postaci aproksymowanej linii łamanej bez uwzględnienia przedmiotów terenowych i kulistości ziemi.

Metoda ta zakłada, że istnieje transmisja jednokierunkowa, to znaczy, że źródłem energii jest tylko antena RLS. W metodzie tej nie uwzględnia się również obustronnego tłumienia fal elektromagnetycznych w atmosferze. Tłumienie fal przez atmosferę można pominąć dla fal o długościach większych od 10cm, gdyż jest nieznaczne. Przyjęte uproszczenia w metodzie stacjonarnej fazy zmniejszają w pewnym stopniu dokładność określania stref wykrywania RLS.

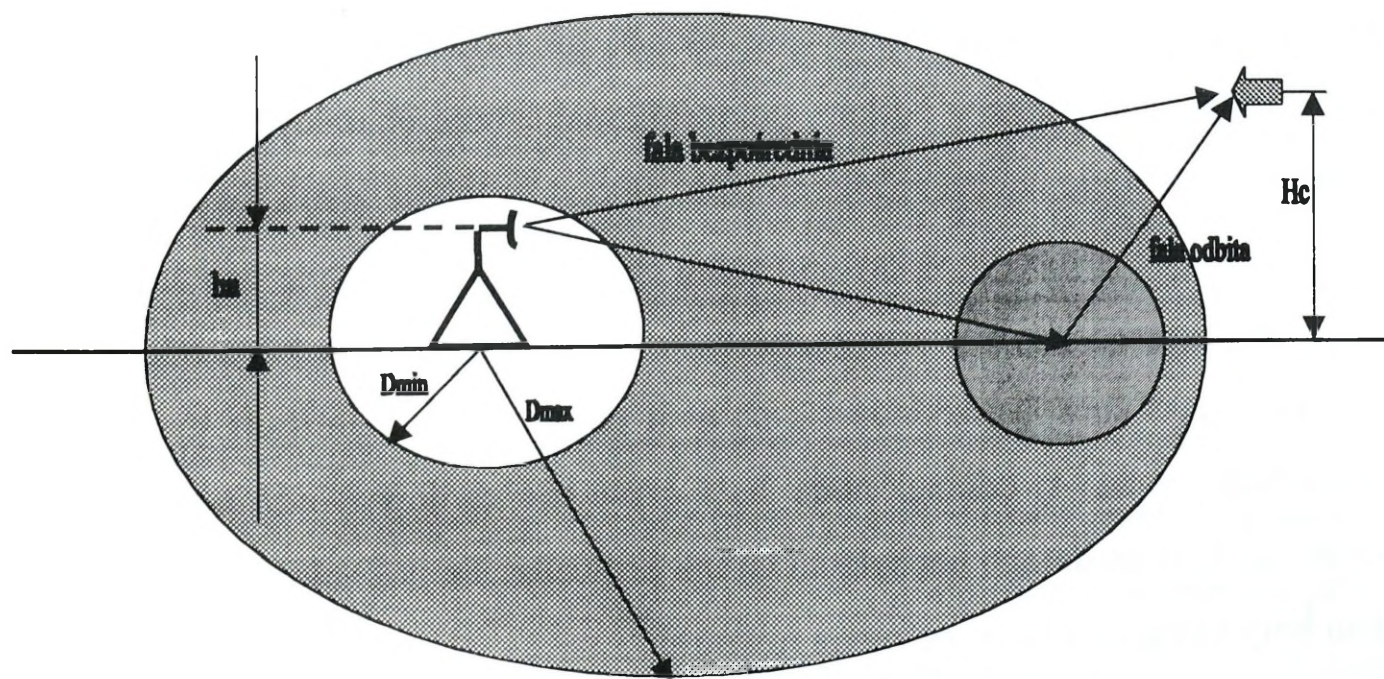
Zwiększenie dokładności można uzyskać przez zastosowanie całkowania po powierzchni uczestniczącej w kształtowaniu fali odbitej, a przez to uwzględnienie jej wymiarów poprzecznych, prowadzące do dokładnego określenia odstępów w azymucie pomiędzy poszczególnymi trasami. Prowadzi to jednak do znacznego skomplikowania obliczeń i zwiększa w sposób istotny czas ich wykonania.

2.1.5. Metoda średnich kątów nachylenia

Ścisłe uwzględnianie wpływu rzeźby terenu na strefy wykrywania RLS zakresu metrowego i decymetrowego jest bardzo złożone i trudne. Praktycznie wpływ ten uwzględnia się jedynie w sposób przybliżony zakładając, że odcinek powierzchni uczestniczący w formowaniu fali odbitej jest ograniczony w swoich rozmiarach.

Jeśli teren w obszarze decydującym o odbiciu jest nachylony w stronę celu pod niewielkim kątem to cała charakterystyka zostaje pochyłona o taki sam kąt i na odwrót, jeśli teren wznosi się w stronę celu pod pewnym kątem to charakterystyka zostaje podniesiona w górę o ten kąt.

Istota metody przybliżonego uwzględniania wpływu rzeźby terenu na strefę wykrywania RLS polega na tym, że linię średniego nachylenia prowadzi się odpowiednio do rozkładu padającej energii tylko w obszarze pierwszej strefy Fresnela. Przy dookólnym obrocie anteny pierwsza strefa Fresnela tworzy wokół RLS pierścień (patrz rys.14).



Rys 14. Widok pierwszej strefy Fresnela przy obrocie anteny.

Wymiary pierścienia określają zależności:

$$D_{\min} = 0,72 \frac{h_a}{\lambda}; \quad D_{\max} = 2,33 \frac{h_a^2}{\lambda}$$

Zależności te są słuszne dla maksimum pierwszego listka charakterystyki promieniowania, przy warunku, że wysokość anteny h_l wraz z nasypem jest znacznie mniejsza od wysokości celu H_c ($h_a < H_c$). Jeśli RLS rozwija się na dominującym nad okolicą wzniesieniu, to obszar pierwszej strefy Fresnela z uwzględnieniem kulistości powierzchni ziemi, znacznie wzrasta i sięga w stronę horyzontu radiowego na odległość

$$D_w = 4.12 \sqrt{(h_a + h_{poz}) + H_c}$$

gdzie: h_{poz} - wysokość wzniesienia

W miarę zbliżania się do RLS celu lecącego na wysokości bardzo małej lub małej, pierwszą strefę Fresnela tworzy obszar położony coraz bliżej stacji radiolokacyjnej. W stacji radiolokacyjnej zakresu centymetrowego w normalnych warunkach pracy powierzchnia ziemi nie bierze udziału w kształtowaniu charakterystyki promieniowania. Nachylenie układu antenowego RLS zakresu centymetrowego o kąt większy od kąta położenia maksimum charakterystyki promieniowania powoduje, że część energii pada na powierzchnie ziemi i wówczas ziemia zaczyna uczestniczyć w kształtowaniu charakterystyki zasięgowej anteny.

W związku z tym pierwszą strefę Fresnela dzieli się na kilka odcinków i oblicza w jaki sposób rozkłada się na nich energia promieniowana przez RLS. Zakładając, że na i -ty odcinek pada b_i -ta część energii doprowadzonej do strefy, wówczas linię średniego nachylenia terenu prowadzi się pod takim kątem względem horyzontu, aby była spełniona równość:

$$\sum b_i \cdot \Delta z_i = 0$$

gdzie Δz_i - średnie przewyższenie (uwzględnia się ze znakiem „+”), lub obniżenie (uwzględnia się ze znakiem „-”) odcinka strefy względem linii średniego nachylenia.

Linie średniego nachylenia terenu prowadzi się na wyznaczonym profilu terenu orientacyjnie i wylicza się sumę. Suma dodatnia oznacza, że linię średniego nachylenia poprowadzono pod zbyt dużym kątem niż należało i wobec tego trzeba ją podnieść. Jeśli suma jest ujemna, linię należy poprowadzić pod większym kątem.

Znaleziony w ten sposób średni kąt nachylenia terenu należy traktować jako poprawkę do wykresu strefy wykrywania RLS dla danego kąta położenia celu E. W metodzie średnich kątów nachylenia terenu przybliżony wpływ rzeźby terenu na strefy wykrywania RLS uzyskuje się zmieniając płaszczyznę o realnej rzeźbie terenu na płaszczyznę ekwiwalentną, położoną pod kątem takim do horyzontu, przy którym jej wpływ na kształtowanie charakterystyki promieniowania będzie taki sam jak od terenu rzeczywistego.

W związku z tym, w terenie falistym metoda ta wymaga topograficznego zdjęcia rzeźby terenu co 30 stopni. W terenie równinnym zdjęcie rzeźby terenu można wykonywać co 45 stopni. Dalsze postępowanie prowadzi podobnie jak przy metodzie oblotu, do uwzględnienia wpływu na strefę wykrywania RLS w płaszczyźnie pionowej sektorów średnich kątów nachylenia i sektorów średnich kątów zakrycia terenu. Korzystając z tej strefy można wyznaczyć strefę wykrywania w płaszczyźnie poziomej. Metoda ta, oprócz znajomości pierwotnej charakterystyki kierunkowej RLS, wymaga przeprowadzenia określonych pomiarów na pozycji rozwinięcia RLS, a w związku z tym nie może być stosowana przed zajęciem pozycji. Fakt ten w poważnym stopniu ogranicza jej stosowanie w toku działań bojowych.

2.1.6. Metoda promieniowania radiowego słońca

Promieniowanie radiowe słońca zawiera fale elektromagnetyczne o różnych długościach i fazach zmieniających się chaotycznie i niezależnie od siebie. Promieniowanie to charakteryzuje widmo ciągłe, a dzięki posiadanym właściwościom niczym się nie różni od szumów odbiornika. Antena RLS wyodrębnia z widma ciągłego promieniowania radiowego słońca widmo częstotliwości odpowiadające charakteryzującemu ją zakresowi. W związku z tym, promieniowanie podczas wschodu lub zachodu słońca dla RLS można przyjąć za źródło sygnału usytuowane pod określonym kątem położenia względem horyzontu. Właściwości te wykorzystuje się do określania stref wykrywania stacji radiolokacyjnych.

Strefę wykrywania wyznacza się na podstawie pomiaru charakterystyki kierunkowej RLS w płaszczyźnie pionowej lub poziomej, według promieniowania radiowego słońca, a następnie określa się jej odległość, dokonuje się skalowania charakterystyki wykonując lot samolotem na danej wysokości. Ze słońca jako źródła sygnału do wyznaczania stref wykrywania RLS można korzystać przez cały rok, ponieważ poziom promieniowania słońca jest dość stały.

W celu wykonania pomiarów charakterystyki kierunkowej RLS należy na podstawie Rocznika astronomicznego określić współrzędne słońca to jest rzeczywisty kąt położenia i azymut dla niektórych wybranych momentów wschodu lub zachodu słońca i sporządzić odpowiednie wykresy funkcji czasu na okres 5-7 dni. Umożliwia to w ciągu 5-7 dni wyznaczenie średniej charakterystyki kierunkowej RLS. Kilkakrotne wykonywanie tych samych pomiarów charakterystyki średniej prowadzi do uzyskania rzeczywistej charakterystyki kierunkowej RLS mimo niestabilności promieniowania radiowego słońca.

W celu przekształcenia charakterystyki kierunkowej w realną strefę wykrywania, z równoczesnym określeniem jej skali odległości wykrycia dla celu o skutecznej powierzchni odbicia równej jeden metr kwadratowy dokonuje się ob-

lotu RLS. Trasę lotu wybiera się w tym sektorze w którym była wyznaczona charakterystyka kierunkowa. Podczas oblotu wykonuje się trzy przeloty kontrolne na wysokości 10000 m. Za odległość wykrycia przyjmuje się drugi odczyt odległości po wykryciu samolotu lecącego na danej wysokości w kierunku na RLS.

Strefa wykrywania wyznaczona metodą promieniowania radiowego słońca jest strefą realną RLS dla konkretnej pozycji jedynie w sektorze, w którym przeprowadzono pomiary. Realność strefy dla pozostałego sektora będzie zachowana w razie wystąpienia zgodności średnich kątów zakrycia RLS i średnich kątów nachylenia terenu z sektorem pomiarowym. Możliwe jest również wyznaczenie strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej na podstawie określonej według promieniowania radiowego słońca charakterystyki kierunkowej w płaszczyźnie poziomej.

Stosowanie metody promieniowania radiowego słońca do określania stref wykrywania wymaga stosowania specjalnej aparatury pomiarowej, która jest w stanie wyodrębnić sygnał użyteczny promieniowania radiowego słońca. Obecnie metoda ta nie jest metodą uniwersalną, ponieważ nie obejmuje stacji radiolokacyjnych zakresu decymetrowego i centymetrowego, a w związku z tym zasięg jej stosowania jest ograniczony nawet w czasie pokoju. Natomiast kilkudniowy okres prowadzenia pomiarów zakończony potrzebą przeprowadzenia oblotu wyklucza jej stosowanie w toku działań bojowych.

2.1.7. Metoda współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego

Metoda współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego umożliwia bezpośrednie wyznaczenie strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej. Uwzględnia ona wpływ odbić od powierzchni ziemi fal elektromagnetycznych zakresu metrowego i decymetrowego, tłumienia w atmosferze fal elektromagnetycznych zakresu centymetrowego oraz wpływ form rzeźby i przedmiotów tere-

nowych na strefę wykrywania RLS wszystkich zakresów fal w promieniu równym zasięgowi horyzontu radiowego, w czasie lotu celów na wysokościach bardzo małych i małych.

Wymienione czynniki określane są za pomocą takich parametrów jak: kąt zakrycia, odległość, przewyższenia i spadki zwane wysokością, współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego. Wyznaczanie kąta zakrycia, odległości, przewyższeń i spadków terenu polega na analizie terenu na podstawie mapy.

Do określenia kątów zakrycia korzysta się z mapy o skali 1:50000, natomiast dla odległości, przewyższeń i spadków terenu z mapy o skali 1:200000.

Współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego został wyznaczony przez specjalistów na podstawie badań eksperymentalnych. Metoda współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego bazuje na twierdzeniu, że zasięg horyzontu radiowego do jest dla stacji radiolokacyjnej graniczną wartością możliwości wykrycia celu D_w :

$$D_w \text{ (km)} \leq D_{HR} \text{ (km)} = \sqrt{2R_z} \text{ (km)} * (\sqrt{h_a} \text{ (km)} + \sqrt{H_c} \text{ (km)})$$

Cele lecące na małej wysokości zarówno w strefie dyfrakcyjnej, jak i interferencyjnej, wykrywane są przez RLS dolną częścią listka charakterystyki promieniowania. Do określenia strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej z uwzględnieniem wpływu rzeźby i przedmiotów terenowych należy znać jej zasięg wykrywania na różnych azymutach i założonych wysokościach lotu celu (patrz rys. 15).

Moment wykrycia celu lecącego na małej wysokości może mieć miejsce jeżeli spełniona będzie nierówność:

$$H_c \geq h_{hr}$$

gdzie: H_c - wysokość bezwzględna lotu celu, która na określonej odległości D_w od RLS równa się sumie wysokości rzeczywistej celu H_{RZC} i wysokości rzeźby terenu h_{rz} ;

h_{hr} - wysokość bezwzględna horyzontu radiowego;

czyli:

$$H_c = H_{RZc} + h_{rz}$$

Wysokość granicy strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej względem poziomu morza na rozpatrywanym azymucie i odległości do wynosi:

$$h_{hr}(\alpha) = h_h + h_a + h_{poz} + \Delta h$$

czyli:

$$h_{hr}(\alpha) = D_{HR} \cdot \operatorname{tg} \alpha + h_a + h_{poz} + \frac{D_{HR}^2}{2 R_z}$$

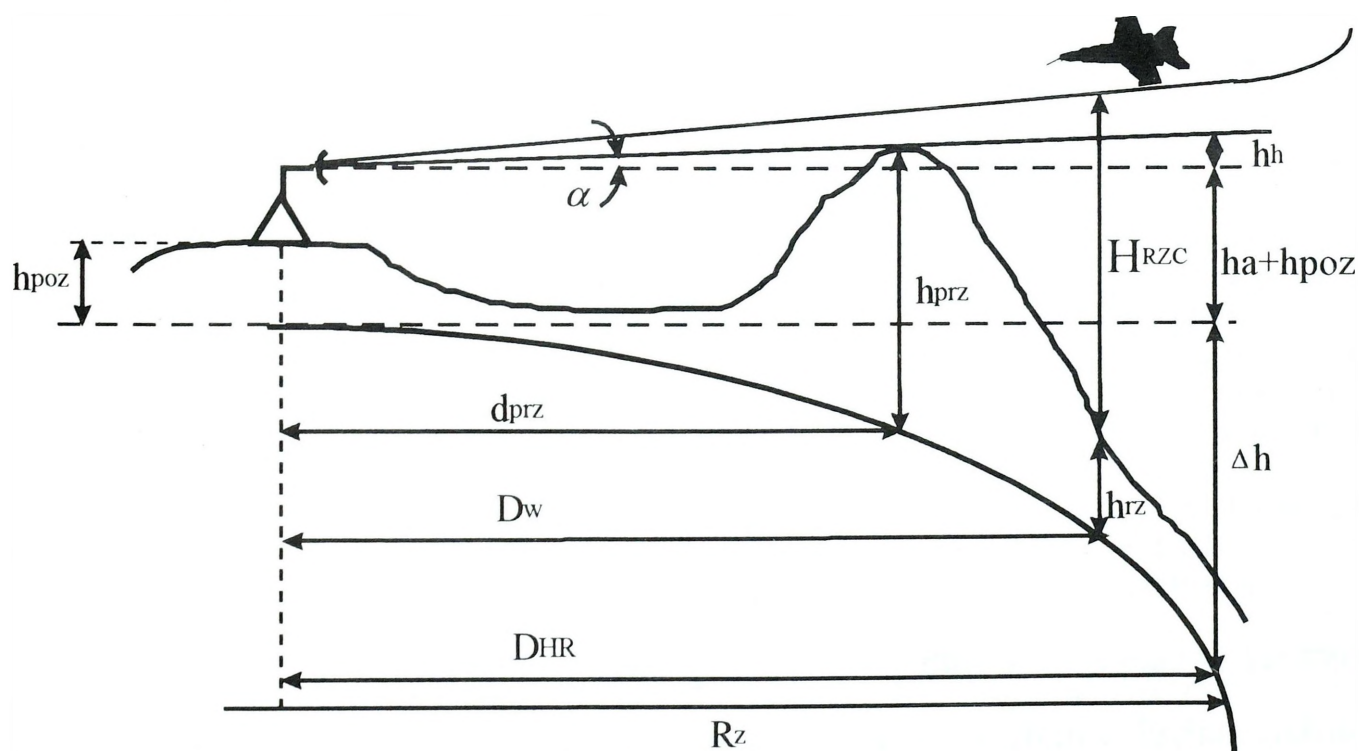
gdzie: D_{HR} - zasięg horyzontu radiowego na rozpatrywanym azymucie;

α - kąt zakrycia w kierunku na cel;

h_a - wysokość elementu promieniującego względem punktu rozwinięcia RLS;

h_{poz} - wysokość pozycji z uwzględnieniem nasypu w stosunku do morza;

Δh - poprawka wysokości uwzględniająca krzywiznę ziemi;



Rys.15. Interpretacja graficzna wysokości granicy strefy wykrywania RLS

Doświadczenia z pracy bojowej RLS różnych zakresów fal wykazały, że stacje radiolokacyjne nie zapewniają zasięgu równego zasięgowi horyzontu ra-

diowego. Zależność odległości wykrycia RLS od zasięgu horyzontu radiowego można określić przez współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego.

$$K_h = \frac{D_w}{D_{HR}}$$

W związku z tym, że maksymalna odległość celu lecącego na określonej wysokości nigdy nie przekracza zasięgu horyzontu radiowego współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego K_h jest zawsze mniejszy od jedności. $K_h < 1$ wskazuje na ile wykorzystywany jest zasięg horyzontu radiowego danej RLS w czasie wykrywania celu i stąd nazwa metody.

Po uwzględnieniu wyżej wymienionych parametrów można znaleźć odległość wykrycia celu lecącego na stałej wysokości h_2 nad rzeźbą terenu.

$$D_w = K_h \left[-R_z \cdot \operatorname{tg} \alpha + \sqrt{\left(R_z \cdot \operatorname{tg} \alpha \right)^2 + 2R_z \left(H_{RZc} + h_{rz} - h_A - h_{poz} \right)} \right]$$

Rozwiązanie równania dla różnych kątów zakrycia i wysokości lotu celu stanowi podstawę do wyznaczenia strefy wykrywania RLS.

Metodę współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego do określania realnych stref wykrywania RLS można stosować nie tylko w zakresie bardzo małych i małych wysokości lotu celu, lecz również dla wysokości średnich. Wynika to stąd, że forma rzeźby terenu i przeszkody terenowe oddziałując ekranująco na energię elektromagnetyczną RLS powodują skracanie zasięgów wykrywania również w zakresie wysokości średnich.

Doświadczenia pracy bojowej WRt potwierdzają, że oddziaływanie to w zakresie wysokości średnich jest mniej intensywne niż w zakresie wysokości bardzo małych i małych, lecz jednak liczące się w porównaniu z wysokościami dużymi i stratosferycznymi, na których przyjmuje się, że charakterystyka zasięgowa RLS odpowiada charakterystyce dla swobodnej przestrzeni.

Metoda współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego jest dotychczas jedyną metodą określania realnych stref wykrywania RLS, która uwzględniając formę rzeźby terenu i przedmioty terenowe, nie wymaga przebywania w tym terenie. Jest to bardzo istotna zaleta, gdyż umożliwia jej stosowanie w toku działań bojowych przez wojska radiotechniczne. Jest metodą skrytą i nie wymaga korzystania z trudno dostępnych na polu walki urządzeń technicznych i elektronicznych. Można ją także stosować do określania realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych wszystkich zakresów fal. Zapewnia uzyskanie informacji o strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej w całym zakresie wysokości charakterystyki zasięgowej RLS. Do posługiwania się nią wymagana jest znajomość danych taktyczno-technicznych stacji radiolokacyjnych dotyczących zasięgu wykrywania.

Określanie realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych jest zagadnieniem skomplikowanym, ponieważ aby je określić trzeba uwzględnić zmienność i fluktuacje skutecznej powierzchni odbicia celu jak również wpływ terenu oraz warunki propagacji fal elektromagnetycznych.

Szczególnie trudne jest wyznaczenie strefy wykrywania RLS dla ŚNP leżących na wysokościach małych i bardzo małych, a zwłaszcza dla raketowych pocisków kierowanych, których skuteczna powierzchnia odbicia w trakcie fluktuacji osiąga wartości prawie zerowe. Z przytoczonych wyżej krótkich charakterystyk metod określania realnych stref wykrywania wynika iż najbardziej optymalną metodą do stosowania, a zwłaszcza podczas działań bojowych jest metoda współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego.

Metoda ta bowiem uwzględnia czynniki wpływające na kształt realnej strefy wykrywania stacji radiolokacyjnych w płaszczyźnie poziomej, zapewnia skrytość realizacji, a jednocześnie jest metodą uniwersalną dla RLS o różnych zakresach fal. Ponadto należy zaznaczyć iż jest ona jedyną metodą która umożliwia wyznaczenie dolnej granicy strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie pozio-

mej z uwzględnieniem rzeźby terenu i przedmiotów terenowych do odległości zasięgu horyzontu radiowego w sytuacji, gdy cel leci nad rzeźbą terenu na stałej wysokości bez potrzeby przebywania w tym terenie. Jedynym ograniczeniem stosowania metody współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego jest fakt, że nie wszystkie stacje radiolokacyjne wojsk radiotechnicznych mają wyznaczony ten współczynnik, a ponadto w wojskach radiotechnicznych nie jest znana metodyka jego wyznaczania.

2.2. Przykłady obliczeń wybranych zadań operacyjno - taktycznych

2.2.1. Określanie granic stref informacji radiolokacyjnej pododdziałów WRt w warunkach bez zakłóceń i w zakłóceniach

Określanie zewnętrznej granicy strefy rozpoznania radiolokacyjnego dla mH.

Zewnętrzną granicę strefy rozpoznania radiolokacyjnego pododdziału radiotechnicznego określa się wg następującego algorytmu:

1. wyznaczyć maksymalny zasięg wykrywania odległościomierza i wysokościomierza:

Maksymalny zasięg wykrywania wyliczyć z zależności:

$$D_{zw} = 4,12K_h \left(\sqrt{1 + \frac{R_z \sin^2 \alpha}{2H}} - \sin^2 \alpha \cdot \sqrt{\frac{R_z}{2H}} \right) \cdot (\sqrt{h_a} + \sqrt{H}) \quad [2.1]$$

gdzie: D_{zw} - zasięg wykrywania RLS;

K_h - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego RLS;

R_z - zastępczy promień ziemi $R = 8500\text{km}$ ($4/3R_1$);

H - bezwzględna wysokość (lotu celu), dla której wykonujemy obliczenia;

h_a - bezwzględna wysokość zawieszenia anteny;

α - kąt zakrycia na rozpatrywanym kierunku, który można pomierzyć lub wyznaczyć z zależności:

$$\alpha = 57,33 \cdot \frac{(h_p - h_a - h_z)}{d_p} \quad [2.2]$$

gdzie: h_p - wysokość przeszkody terenowej;

h_a - wysokość elementu promieniującego stacji radiolokacyjnej;

d_p - odległość od stacji radiolokacyjnej do przeszkody terenowej;

h_z - poprawka wysokości związana z krzywizną ziemi, którą określamy z zależności:

$$h_z = \frac{d_p^2}{R_z} \quad [2.3]$$

gdzie: R_z - zastępczy promień ziemi.

Posługując się powyższą zależnością obliczyć zasięg wykrywania w przedziale 0 do 360°, (lub na wybranych kierunkach) z zadaną dyskretnością $\Delta\alpha$ (np. co 5°, 10°)

2. dla przyjętych danych (przedział 0 - 360°, wybrany kierunek, dyskretność 5° lub 10°) określić zasięg wykrywania (określić zewnętrzną granicę strefy wykrywania RLP) z zależności:

$$D_{ZR}(n\Delta\alpha) = \min(D_o, D_w) \quad n=0,1,2,\dots \quad [2.4.]$$

gdzie: D_{ZR} - odległość do zewnętrznej granicy strefy rozpoznania radiolokacyjnego;

$n\Delta\alpha$ - kolejny kierunek obliczeń;

D_o - maksymalny zasięg wykrywania odległościomierza (odległościomierzy);

D_w - maksymalny zasięg wykrywania wysokościomierza (wysokościomierzy).

3. Wrysować na mapę wybrane zasięgi i połączyć je linią ciągłą. (Ciągła linia wyznacza interpolowaną zewnętrzną granicę strefy rozpoznania radiolokacyjnego pododdziału).
4. Zewnętrzną granicę strefy rozpoznania radiolokacyjnego pododdziału WRt w przedziale średnich i dużych wysokości, określić z zależności:

$$D_{ZR} = \min(D_o, D_w) \quad [2.5.]$$

gdzie: D_o - maksymalny zasięg wykrywania odległościomierza odczytany z formularza technicznego stacji;

D_w - maksymalny zasięg wykrywania wysokościomierza odczytany z formularza technicznego stacji;

5. Wyznaczoną wartość wrysować na mapę w postaci okręgu.

Uwaga: Jeśli w strefie wykrywania radiolokacyjnego uwzględnia się rozpoznawanie obiektów, wówczas należy przy wyznaczaniu zewnętrznych granic brać pod uwagę zasięg rozpoznania urządzeń typu „swój - obcy” (D_r)

stąd:

$$D_{ZR} = \min(D_o, D_w, D_r) \quad [2.6.]$$

gdzie: D_r - maksymalny zasięg wykrywania urządzenia identyfikacji „swój - obcy” odczytany z formularza technicznego stacji;

Przykład:

Pododdział radiotechniczny rozwinięty na pozycji bojowej posiada na wyposażeniu stacje radiolokacyjne pracujące w różnym zakresie fal. Podstawowym odległościomierzem do wykrywania obiektów lecących na małych wysokościach jest stacja RT-17W. Obliczyć zasięg strefy rozpoznania radiolokacyjnego pododdziału radiotechnicznego przyjmując: wysokość lotu obiektu powietrznego wynosi 300m; współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego jest równy 0,75; wokół posterunku nie występują kąty zakrycia.

Dane do obliczeń:

RLS RT-17W, $K_{ho}=0,75$, $\alpha = 0^\circ$, $h_a=25$ m, $H=300$ m,

RLS PRW-16, $K_h=0,75$, $h_a=9$ m, $\alpha = 0^\circ$

$$D_{zwmH} = 4,12 \cdot 0,75 \left(\sqrt{1 + \frac{8500 \cdot 10^3}{2 \cdot 300} \cdot \sin^2 0^\circ} - \sin 0^\circ \cdot \sqrt{\frac{8500 \cdot 10^3}{2 \cdot 300}} \right) \cdot (\sqrt{25} + \sqrt{300}) = 68,9 \approx 70 \text{ km}$$

$$D_{zwmH} = 4,12 \cdot 0,75 \left(\sqrt{1 + \frac{8500 \cdot 10^3}{2 \cdot 300} \cdot \sin^2 0^\circ} - \sin 0^\circ \cdot \sqrt{\frac{8500 \cdot 10^3}{2 \cdot 300}} \right) \cdot (\sqrt{9} + \sqrt{300}) = 62,7 \approx 60 \text{ km}$$

$$D_{zwmH}(\text{RT} - 17\text{W}) = 68,9 \text{ km}$$

$$D_{zwmH}(\text{PRW} - 16) = 62,7 \text{ km}$$

$$D_{ZRmH} = \min(D_o, D_w)$$

$$D_{ZRmH} = \min(68,9; 62,7)$$

$$D_{ZRmH} = 62,7 \text{ km}$$

Kąty zakrycia α określić dla całego przedziału azymutów od 0° do 360° , uśredniając ich wartości dla wybranych przedziałów azymutu.

Określone wartości zewnętrznej granicy strefy rozpoznania radiolokacyjnego (dla wybranych sektorów, $\alpha = \text{const}$), zaznaczone na mapie połączyć ciągłą linią, która wyznacza zewnętrzną granicę strefy rozpoznania radiolokacyjnego krt, w przedziale małych wysokości.

W celu ułatwienia obliczeń D_{ZRmH} , opracowano wykresy i tablice dla różnych typów RLS, kątów zakrycia (α) i wysokości (H).

Zewnętrzną granicę strefy rozpoznania radiolokacyjnego, w przedziale średnich i dużych wysokości, określa się wg formularza technicznego - zasięgi wykrywania RLS.

Przykład:

Na pozycji bojowej wysuniętego posterunku radiolokacyjnego pracują stacje NUR-31 i NUR-41. Obliczyć zasięg strefy rozpoznania radiolokacyjnego dla posterunku, przy założeniu, że obiekt powietrzny o skutecznej powierzchni odbicia równej 1 m^2 , leci na wysokości 1000 m.

Dane do obliczeń:

RLS NUR-31, NUR-41, H=1000m, $\delta = 1\text{m}^2$

D_o (NUR-31) = 90 km (na podstawie formularza technicznego stacji);

D_w (NUR-41) = 110 km (na podstawie formularza technicznego stacji);

Stąd:

$$D_{ZR} = \min(D_o, D_w)$$

$$D_{ZR} = \min(90; 110)$$

$$D_{ZR} = 90\text{km}$$

Określoną wartość promienia zewnętrznej granicy strefy rozpoznania radiolokacyjnego, w przedziale średnich i dużych wysokości, wrysować na mapę.

Określenie wewnętrznej granicy strefy wykrywania radiolokacyjnego.

Na mH wewnętrzną granicę strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej tworzy strefa martwa.

Strefa martwa jest to przestrzeń położona wokół osi stacji radiolokacyjnych i urządzeń zapytujących, w granicach której stacje nie mogą wykrywać obiektów powietrznych, a urządzenia rozpoznawczo - zapytujące określać ich przynależności państwowej, ze względu na bezwładność czasową tych urządzeń.

1. Wewnętrzną granicę strefy wykrywania radiolokacyjnego, w przedziale małych wysokości określa z zależności:

$$D_{R\min} = \max(D_o, D_w, D_l); \text{ dla } H = \text{const} \quad [2.7.]$$

przy czym:

$$D_o, D_w, D_l = \frac{c}{2} (\tau + \tau_b) + 1,3 \frac{I_1}{L} C \quad [2.8.]$$

gdzie: D_o ; D_w ; D_l - promień strefy martwej odległościomierza, wysokościomierza, i urządzenia rozpoznawczo - zapytującego;

- c - prędkość rozchodzenia się fal radiowych w atmosferze;
- τ - czas trwania impulsu promieniowanej energii przez RLS;
- τ_b - czas bezwładności odbiornika (przełączania układu antenowego);
- L - długość podstawy czasu wskaźnika RLS;
- L_1 - skala wskaźnika;
- C - średnica wiązki elektronów na ekranie wskaźnika.

Przykład:

Kompania radiotechniczna wyposażona jest w następujący sprzęt:

NUR-31, RT-17W, NUR-41, PRW-16. Stacje radiolokacyjne wyposażone są w urządzenie identyfikacji swój – obcy „SUPRAŚL”.

Uwaga: odległościomierz i wysokościomierz pracują z włączonym układem TES.

Dane do obliczeń:

Podstawowym odległościomierzem i wysokościomierzem do wykrywania obiektów powietrznych na małych wysokościach są RT-17W i PRW-16.

$$D_w = 10\text{km}$$

$$D_o = 8\text{km}$$

$$D_l = 5\text{km}$$

$$D_{Rmin} = \max(D_o, D_w, D_l) = \max(8\text{km}, 10\text{km}, 5\text{km})$$

$$D_{Rmin} = 10\text{km}$$

Określoną wartość promienia wewnętrznej granicy strefy rozpoznania radiolokacyjnego krt wrysować na mapę (okrąg lub połączenie linią ciągłą punktów w wyznaczonych kierunkach) przyjmując, że środkiem jest miejsce rozwinięcia RLP (RLS NUR-31)

W przypadku gdy RLS pracuje z wyłączonym układem TES wewnętrzną granicę strefy wykrywania tworzą odbicia od przedmiotów terenowych.

Określanie wpływu czynnych zakłóceń radioelektronicznych na strefę rozpoznania radiolokacyjnego

Czynne zakłócenia radioelektroniczne powodują zmniejszenie się (tzw. ściśnięcie) strefy informacji radiolokacyjnej w płaszczyznach poziomej i pionowej. Na wybranym kierunku wytwarza się także sektor zakłóceń uniemożliwiający wykrywanie i śledzenie oraz określanie charakterystyk obiektów powietrznych z założonym prawdopodobieństwem.

Określanie zewnętrznej granicy strefy rozpoznania radiolokacyjnego

Zewnętrzna granica strefy rozpoznania radiolokacyjnego zmniejsza się pod wpływem czynnych zakłóceń radioelektronicznych. Jej wartość wyznacza się następująco:

- wyznaczyć zewnętrzną granicę strefy informacji radiolokacyjnej D_{ZR} ;
- wyznaczyć dla założonych warunków wartość współczynnika ściśnięcia $K_{śc}$;

Obliczyć nową wartość zewnętrznej granicy strefy z zależności

$$D_{ZR_z} = D_{ZR} \cdot K_{śc} \quad [2.9.]$$

Obliczenia wykonać dla odległościomierzy i wysokościomierzy;

Zewnętrzną granicę zakłócanej strefy rozpoznania radiolokacyjnego wyznaczyć z zależności

$$D_{ZR_z} = \min(D_{O_z}, D_{W_z}) \quad [2.10.]$$

Przedstawiony zostanie sposób wyznaczania zewnętrznej granicy strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej kształtowanej podczas zakłóceń, a także sposób określania kąta sektora skutecznego tłumienia.

Przykład:

Dane do obliczeń:

RLS RT-17W; samoloty Su-24 stosujące zakłócenia szumowe, w zakresie „cm”.

Samoloty znajdują się 15 km na płn. wsch. od m. Elbląg na wysokości 300m.

Obliczyć współczynnik ściśnięcia K_s i zasięg wykrywania D_{ZW} stacji RT-17W, która nie posiada układu autokompensatora zakłóceń szumowych. W zasięgu horyzontu optycznego stacji radiolokacyjnej lecą na wysokości $H = 300\text{m}$ trzy samoloty o powierzchni $\delta = 1\text{m}^2$. Każdy samolot jest wyposażony w jeden nadajnik wytwarzający zakłócenia szumowe, o parametrach $P_z = 300\text{W}$, $G_z = 5$, $\Delta f_z = 100\text{MHz}$. Samoloty lecą w szyku zwartym. Odległość grupy samolotów zakłócających do stacji wynosi $D_{1z} = 50\text{km}$.

1. Obliczamy wartość q - średnia gęstość mocy zakłóceń szumowych pojedynczego źródła:

$$q = \frac{P_z G_z}{\Delta f_z} = \frac{300 \times 5}{100} = 15\text{W/MHz} \quad [2.11.]$$

Średnia gęstość mocy wytwarzana przez każde ze źródeł na wejściu odbiornika zakłócanej stacji wynosi 15W/MHz .

2. Obliczamy wartość q_s - sumaryczną gęstość mocy zakłóceń radioelektrycznych na odległości D_{1z} od stacji radiolokacyjnej. Przy założeniu, że źródła zakłóceń są położone blisko siebie:

$$q_s = \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + q_3^2} \quad [2.12.]$$

$$q_s = \sqrt{15^2 + 15^2 + 15^2} = 26\text{W/MHz}$$

Sumaryczna gęstość mocy na wejściu odbiornika zakłócanej stacji radiolokacyjnej wynosi 26W/MHz .

3. Z wykresu $K_s = f(q_s, D_{1z})$ dla stacji RT-17W określamy wielkość $K_{s\acute{c}} = 0,55$.
4. Następnie z zależności:

$$D_{WZ} = D_W \cdot K_{s\acute{c}} \quad [2.13.]$$

obliczamy D_{WZ} :

$$D_{WZ} = 0,55 \times D_W$$

$$D_W = 70\text{km}; \text{ dla } H = 300\text{m}$$

$$D_{WZ} = 0,55 \times 70 = 38,5\text{ km}$$

Z powyższego wynika, że strefa wykrywania stacji RT-17W dla $H = 300\text{m}$ zmniejszy się (zostanie ściśnięta) do wymiarów $D_{wz} = 38,5 \text{ km}$. Ponadto w strefie wykrywania stacji zostanie wytworzony sektor skutecznego tłumienia.

5. Wyznaczone granice strefy wykrywania stacji wrysować na mapę.

W wyniku stosowania zakłóceń radioelektronicznych warunki wykrycia i śledzenia obiektów powietrznych za pomocą stacji radiolokacyjnej pogarszają się, ponieważ na ekranach wskaźników stacji radiolokacyjnych zamiast równomiernego tła - własnych (wewnętrznych) szumów - pojawiają się sektory dodatkowych rozjaśnień. Intensywność „rozjaśnień” sektorów zależy od mocy zakłóceń szumowych na wejściu stacji. Natomiast kąt sektora zakłóceń zależy od: charakterystyki promieniowania stacji, gęstości mocy zakłóceń i odległości źródła zakłóceń od stacji, wzmocnienia kanału odbiorczego stacji, polaryzacji sygnałów użytecznego i zakłócającego.

6. Kąt „sektora skutecznego tłumienia” β_z można określić z zależności:

$$\beta_z = \varphi_\beta \sqrt{\frac{4\Pi \times P_z \times n \times k_p^2 \times d \times G_z}{P_s \times t_i \times G_s \times \delta \times \Delta f} - 1} \quad [2.14.]$$

gdzie: φ_β - szerokość charakterystyki promieniowania anteny stacji [$^\circ$];

P_z - moc nadajnika zakłóceń [W];

G_z - zysk kierunkowy anteny nadajnika zakłóceń;

n - liczba nadajników zakłóceń;

k_p - progowy stosunek odległości samolotu zakłócającego i osłanianego od stacji;

P_s - moc stacji w impulsie [W];

t_i - czas trwania impulsu [$\mu \text{ sek}$];

G_s - zysk kierunkowy anteny stacji;

δ - skuteczna powierzchnia odbicia osłanianego samolotu [m^2];

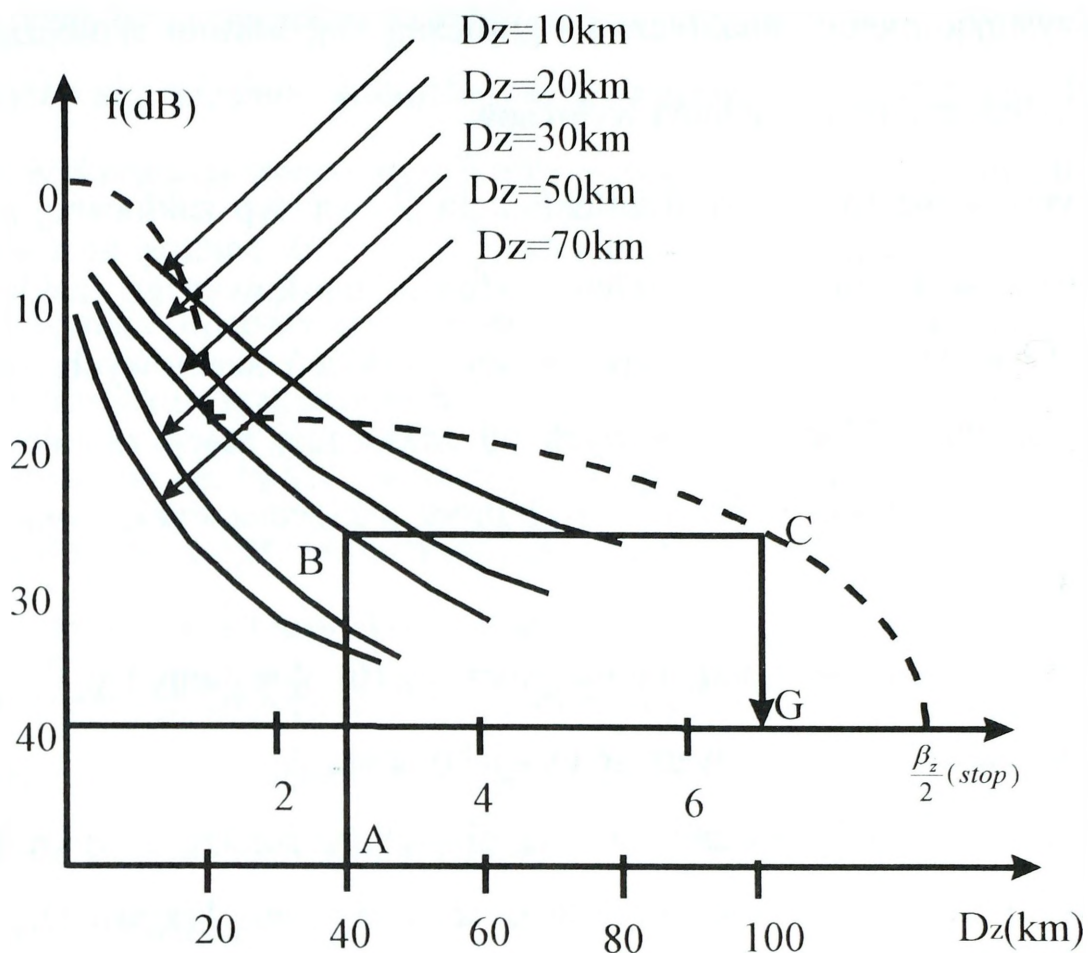
lub wykorzystując metodę analityczno - graficzną, kąt sektora skutecznego tłumienia β_z określić z odpowiednich wykresów.

Danymi wejściowymi do określenia kąta β_z są: typ zakłócającej stacji radiolokacyjnej, skuteczna powierzchnia odbicia maskowanego zakłóceniami obiektu powietrznego, średnia gęstość mocy zakłóceń szumowych, odległość pierwszego źródła zakłóceń szumowych od zakłócającej stacji radiolokacyjnej, zasięg wykrywania obiektów powietrznych przez zakłócającą stację - określony w poprzednim przykładzie.

Korzystając z odpowiednich diagramów (patrz rys.16) określamy kąt β_z .

- Na osi poziomej odmierzyć wartość D_z - jako punkt A;
- następnie wybrać odpowiednią krzywą dla odległości D_{1z} i wykreślić linię prostopadłą z punktu „A” do przecięcia się z wybraną krzywą D_{1z} - punkt przecięcia oznaczamy literą „B”;
- z tego punktu wykreślić linię poziomą do przecięcia się z „krzywą przerywaną” (połową uproszczonej charakterystyki promieniowania stacji w płaszczyźnie poziomej) - punkt przecięcia oznaczyć literą „C”;
- następnie wykreślić linię z punktu C prostopadłą do osi poziomej - „linii $\frac{\beta_z}{2}$ ”;
- miejsce przecięcia linii z osią $\frac{\beta_z}{2}$ oznaczyć literą „G”;
- punkt G wyznacza pół kąta sektora skutecznego tłumienia. Otrzymaną wartość mnożymy przez dwa i otrzymujemy kąt sektora skutecznego tłumienia (β_z).

Jeśli prostopadła wykreślona z punktu A znajduje się z prawej strony zbioru krzywych D_z i się z nimi nie przecina, wynika stąd, że zakłócenia szumowe nie będą skuteczne. W innym przypadku w wyniku zastosowania tych zakłóceń cały wskaźnik stacji radiolokacyjnej może być rozjaśniony.



Rys.16. Diagram dla wyznaczenia kąta sektora skutecznego tłumienia

Przykład:

Dane do obliczeń:

Wartość sektora skutecznych zakłóceń określić dla danych warunków zawartych w poprzednim przykładzie oraz następujących dodatkowych danych:

RLS typu RT-17W, $\delta = 1\text{m}^2$, $q = 26\text{ W/MHz}$, $D_{1z} = 50\text{km}$, $D_{Wz} = 38,5\text{ km}$.

Z diagramu $\beta_z = f(D_z, D_{1z}, \varphi)$ dla RT-17W określony kąt β_z wynosi:

$\beta_z = 13^\circ$.

Z obliczeń przeprowadzonych w powyższym przykładzie wynika, że strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej RT-17W zmniejszy się w płaszczyźnie poziomej o wartość współczynnika ściśnięcia $K_{\text{śc}} = 0,55$ oraz wytworzy się w niej sektor skutecznego tłumienia o kącie $\beta_z = 13^\circ$.

2.2.2. Określenie terminowości, dokładności i wartości prawdopodobieństwa

Terminowość, dokładność i prawdopodobieństwo naprowadzenia samolotów myśliwskich na cel powietrzny (wskazanie celu powietrznego dla pododdziału raketowego) są parametrami informacji radiolokacyjnej i ich wartości pozwalają na określenie przydatności informacji do zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych aktywnych środków walki SP.

Określanie odległości do potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej dostarczanej oddziałom (ZT) WR.

Liczbowa wartość odległości do potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej (D_{PRIR}) powinna zagwarantować dowódcy oddziału (ZT) WR właściwą ocenę sytuacji, wprowadzenie odpowiednich stopni gotowości bojowej, dokonanie podziału celów oraz postawienie zadań pododdziałom raketowym odnośnie ich niszczenia.

Odległość do potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej dla oddziałów (ZT) WR oblicza jest z zależności:

$$D_{PRIR} = D_{ds} + V_c (t_{op} + t_{pd} + t_{got}) \quad [2.15.]$$

Przyjmując, że:

$$D_{ds} = D_d + V_c (t_{lr} + t_{st}) \quad [2.16.]$$

to zależność (2.15.) przyjmuje postać:

$$D_{PRIR} = D_d + V_c (t_{op} + t_{pd} + t_{got} + t_{lr}) \quad [2.17.]$$

Aby cel mógł być ostrzelany na dalszej granicy strefy ognia PZR konieczne jest spełnienie zależności:

$$T_{DOL} \geq t_{op} + t_{pd} + t_{got} + t_{lr} \quad [2.18.]$$

Przykład:

Obliczyć odległość potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej dla oddziału (ZT) wojsk raketowych wyposażonych w przeciwlotnicze zestawy raketowe S-125M i S- 75M przyjmując następujące dane (patrz tabela):

		S - 75m.	S - 125M
D_d		24 km	11 km
V_c		200 m/sek	200 m/sek
t_{op}		1 min	1 min
t_{pd}		1 min	1 min
t_{got}	GB nr 2p.	4 min	4min
	GB nr 2	6 min	5 min
V_{lr}		740 m/sek	650 m/sek

Odległość potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej określić ze wzoru [2.17.]:

Dla tych wartości odległość potrzebnej rubieży radiolokacyjnej – D_{PRIR} - przedstawia się następująco (patrz tabela):

	S - 75M	S - 125M
GB nr 1	66 km	49 km
GB nr 2p	102 km	87 km
GB nr 2	126 km	99 km

Określanie dokładności informacji bojowej dla oddziału (ZT) WR:

Przykład:

Określić dokładność informacji radiolokacyjnej wymaganej przez oddział (ZT) WR, aby dowodzenie pododdziałami raketowymi mogło być realizowane za pomocą zautomatyzowanego systemu dowodzenia WEKTOR-2WE.

Dowodzenie sposobem zautomatyzowanym - WEKTOR-2WE. Wymagania ZtSD WEKTOR- 2WE wynoszą:

- w zakresie współrzędnych płaskich δ_D " $\pm 1500 \div 2000m$.
- w zakresie wysokości δ_H " - $\pm 500m$
- w zakresie kąta δ_β " - $\pm 0,8^\circ$

Informacja bojowa jest dostarczana do ZtSD WEKTOR - 2WE z aparatury RPT-20 poprzez przystawkę EP-10.

Aparatura RPT-20 i EP-10 wprowadza do informacji bojowej następujące średniokwadratowe błędy:

- w zakresie współrzędnych płaskich δ_D - $\pm 600m$.
- w zakresie wysokości δ_H - $\pm 250m$
- w zakresie kąta δ_β - $\pm 0,2^\circ$

Informacja bojowa jest zdobywana za pomocą RLS, których średniokwadratowe błędy wynoszą:

- w zakresie współrzędnych płaskich δ_D - $\pm 800m$.
- w zakresie wysokości δ_H - $\pm 500m$
- w zakresie kąta δ_β - $\pm 0,6^\circ$

Sumaryczne średniokwadratowe błędy informacji bojowej dostarczanej do ZtSD WEKTOR-2WE wynoszą:

$$\delta_{D'} = \sqrt{600^2 + 800^2} = \pm 1000 m^2$$

$$\delta_{H'} = \sqrt{250^2 + 500^2} = \pm 550 m^2$$

$$\delta_{\beta'} = \sqrt{0,2^2 + 0,6^2} = \pm 0,64^\circ$$

stąd: $\delta_{D''} > \delta_{D'}$ 2500 m > 1000 m;

$\delta_{H''} > \delta_{H'}$ 800 m > 550 m;

$\delta_{\beta''} > \delta_{\beta'}$ 0,8° > 0,64°

Wymagania oddziału (ZT) WR w zakresie dokładności informacji bojowej jest spełnione.

Określanie potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej dla oddziału LM

W celu wprowadzenia sił plm do walki na nakazanych rubieżach, dowódca oddziału LM powinien otrzymać informację o nalocie ŚNP przeciwnika z wyprzedzeniem. Potrzebną rubież informacji radiolokacyjnej dla lotnictwa myśliwskiego bazującego na lotniskach w gotowości bojowej nr 1 lub nr 2 obliczyć korzystając z następującej zależności:

$$D_{PRIR, PRWW} = \frac{S_{PRWW, L}}{\cos \alpha} * n + V_c * (t_{op} + t_{pd} + t_{got} + t_{wzn} + t_{man}) \pm d \quad [2.19.]$$

Przykład:

Obliczyć odległość potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej dla sił oddziału LM, bazującego na lotnisku w gotowości bojowej nr 1 i 2. Oddział posiada na uzbrojeniu samoloty myśliwskie mogące zwalczać cele powietrzne z przedniej i tylnej półsfery. Ponadto przyjąć do obliczeń:

$S_{PRWW} = 50 \text{ km}; V_m = 15 \text{ km/min}; V_c = 12 \text{ km/min}; n = 0,75; t_{op} = 1 \text{ min};$

$t_{pd} = 1 \text{ min}$; $t_{got 1} = 8 \text{ min}$; $t_{got 2} = 15 \text{ min}$; $t_{wzn} = 0 \text{ min}$; $t_{man} = 1 \text{ min}$;

$d = 15 \text{ km}$.

Odległość potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej określić ze wzoru [2.19.]:

Stąd: $D_{PRIR, PRWW} = 155,5 \text{ km}$ z gotowości bojowej nr 1;

$D_{PRIR, PRWW} = 203,5 \text{ km}$ z gotowości bojowej nr 2.

W przypadku gdy plm działa sposobem dyżurowania w powietrzu, ze strefy dyżurowania położonej na PRWW, D_{PRIR} określić z zależności:

$$D_{PRIR, PRWW} = n * S_{PRWW, S} + V_c * (t_{op} + t_{pd} + t_{man}) \pm d \quad [2.20.]$$

Podstawiając dane jak do poprzednich obliczeń, obliczyć położenie potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej dla samolotów plm dyżurujących w powietrzu, w strefach położonych na PRWW-1:

Odległość potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej określić ze wzoru [2.20.]:

Stąd: $D_{PRIR} = 36 \text{ km}$

Określanie prawdopodobieństwa naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne.

Prawdopodobieństwo P_n naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne określa się korzystając z funkcji:

$$P_n = \phi\left(\frac{\Delta D_d}{g_D}\right) \cdot \phi\left(\varphi \frac{\Delta \beta_d}{g_D}\right) \cdot \phi\left(\frac{\Delta H_d}{\delta_H}\right) \quad [2.21.]$$

gdzie: $\varphi\left(\frac{\Delta Z}{\delta_z}\right) = \varphi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ - funkcja Laplace'a (całka prawdopodobieństwa)

(prawdopodobieństwo trafienia wartości przypadkowej w przedział odcinka o odległości ΔZ);

$\Delta D_\alpha, \Delta\beta_\alpha, \Delta H_\alpha$ - dopuszczalne błędy naprowadzania samolotów myśliwskich w odległości, kursie i wysokości;

$\delta_D, \delta_Q, \delta_H$ - średniokwadratowe błędy ogniw (elementów) naprowadzania samolotów w odległości, azymucie i wysokości.

Na średniokwadratowe błędy ogniw (elementów) naprowadzania wpływ mają: błędy informacji o sytuacji powietrznej, błędy nawigatorskie i pilotażu.

Na średniokwadratowy błąd informacji radiolokacyjnej o obiekcie powietrznym wpływ mają błędy: stacji radiolokacyjnych (wynikających z danych taktyczno - technicznych i założeń konstrukcyjnych); systemu zbierania, przekazywania, opracowywania i zobrazowania (odwzorowania) informacji oraz błędów dynamicznych (wynikających z ruchu obiektu powietrznego i okresowości obserwacji za pomocą urządzeń radiolokacyjnych).

Wartości błędów dopuszczalnych $\Delta D_\alpha, \Delta\beta_\alpha, \Delta H_\alpha$ są określone dla konkretnych typów samolotów, ich wariantów uzbrojenia i metod naprowadzania. Obliczenia i praktyka wskazują, że dokładność wyprowadzenia współczesnych samolotów myśliwskich w odległości jest 3-4 razy wyższa od dopuszczalnych błędów. W związku z czym wielkość wyrażenia całki $\varphi\left(\frac{\Delta D_d}{\delta_d}\right)$ jest bliska jedności i pozwala to uprościć wyrażenie na obliczenie P_n do postaci:

$$P_n = \varphi\left(\varphi\left(\frac{\Delta\beta_d}{\delta_D}\right)\right) \cdot \varphi\left(\frac{\Delta H_d}{\delta_H}\right) \quad [2.22.]$$

Przykład:

Obliczyć prawdopodobieństwo naprowadzenia załogi samolotu myśliwskiego MiG -29 na cel powietrzny przez nawigatora punktu naprowadzania znajdującego się w pododdziale radiotechnicznym wyposażonym w stacje radiolokacyjne NUR-31 i NUR-41.

Do obliczeń przyjąć następujące dane:

RLS NUR-31 i NUR-41, sposób naprowadzania wskaźnikowy, naprowadzanie - metodą manewru, samolot myśliwski MiG-29, cel powietrzny nie manewruje,

$$V_m = 900\text{km/h}, V_c = 720\text{km/h}, \Delta\beta_d = 20^0, \Delta H_d = 4\text{km},$$

$$D = 100\text{km}, \delta_{\beta_N} = 3^0, \delta_{HN} = 0, \delta_{\beta P} = 3^0, \delta_{HP} = 0,15\text{km}, R_s = 40\text{km},$$

$$t_0 = 10\text{s}.$$

- Obliczyć średniokwadratowy błąd informacji radiolokacyjnej:

$$\delta_{xy} = \sqrt{\delta_D^2 + \delta_\beta^2 + \delta_H^2}$$

$$\delta_\beta = 0,0174 \cdot \delta'_\beta \cdot D$$

$$\delta'_\beta(\text{NUR} - 31) = \pm 0,5^0$$

$$\delta_D(\text{NUR} - 31) = \pm 600\text{m}$$

$$\delta_H(\text{NUR} - 41) = \pm 300\text{m}$$

Stąd:

$$\delta_\beta = 0,0174 \cdot 0,5 \cdot 100 = 0,87\text{km}$$

$$\delta_{xy} = \sqrt{0,6^2 + 0,87^2 + 0,3^2} = 1,09\text{km}$$

- Obliczyć średniokwadratowy błąd informacji radiolokacyjnej w kursie:

$$\delta_{\Theta} = \delta_{xy} \cdot \frac{80 \sqrt{R_s^2 + V_c \cdot t_c \cdot R_s + (V_c \cdot t_c)^2}}{V_m \cdot t_c \cdot R_s}$$

$$\delta_{\Theta} = 1,2 \cdot \frac{80 \sqrt{40^2 + 12 \cdot 0,17 \cdot 40 + (12 \cdot 0,12)^2}}{15 \cdot 0,17 \cdot 40}$$

$$\delta_{\Theta} = 40^{\circ}$$

- Obliczyć średniokwadratowy błąd informacji radiolokacyjnej w wysokości:

$$\delta_{H} = \sqrt{\delta_{H_{RLS}}^2 + \delta_{H_M}^2}$$

Cel powietrzny nie manewruje w płaszczyźnie pionowej;

$$\delta_{H} = \delta_{H_{RLS}} = 500\text{m}$$

- Obliczyć średniokwadratowe błędy całego systemu naprowadzania w kursie i wysokości:

$$\delta_{\beta} = \sqrt{\delta_{\Theta}^2 + \delta_{\beta N}^2 + \delta_{\beta P}^2}$$

$$\delta_{H} = \sqrt{\delta_h^2 + \delta_{HN}^2 + \delta_{HP}^2}$$

$$\delta_{\beta} = \sqrt{40^{0^2} + 3^{0^2} + 3^{0^2}}$$

$$\delta_{\beta} = 40^{\circ}$$

$$\delta_{H} = \sqrt{0,5^2 + 0^2 + 0,15^2}$$

$$\delta_{H} = 0,52\text{km}$$

Obliczyć prawdopodobieństwo naprowadzenia P_n :

$$P_n = \Phi\left(\varphi \frac{\Delta\beta_d}{\vartheta_D}\right) \cdot \Phi\left(\frac{\Delta H_d}{\delta_H}\right)$$

$$P_n = \Phi\left(\frac{20^{\circ}}{40^{\circ}}\right) \cdot \Phi\left(\frac{4}{0,52}\right) = 0,40 \cdot 1$$

Prawdopodobieństwo naprowadzenia $P_n = 0,40$, bez uwzględnienia stosowanych zakłóceń radioelektronicznych przez cel powietrzny.

Z obliczonego przykładu wynika, że wartość prawdopodobieństwa naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne zależy od: typu użytych środków radiolokacyjnych i samolotów myśliwskich, sposobu zabezpieczenia radiolokacyjnego (planszetyowy, wskaźnikowy, zautomatyzowany), poziomu wykształcenia nawigatora naprowadzania i pilota, typu celu powietrznego i warunków jego lotu (stosowania manewrów i zakłóceń radioelektronicznych).

Podobnie jak w przypadku lotnictwa myśliwskiego, również w WR, na średniokwadratowe błędy wskazywania celów mają wpływ:

- błędy informacji o sytuacji powietrznej;
- błędy wskazania celu;
- błędy ustawienia SNR.

W podobny sposób jak obliczenie P_n , możemy obliczyć wartość prawdopodobieństwa nacelowania P_c pododdziału raketowego na cel powietrzny (bez dodatkowego poszukiwania)

Określanie prawdopodobieństwa wskazania celu powietrznego pododdziałom raketowym

Prawdopodobieństwo wskazywania celów powietrznych pododdziałom raketowym P_w określa się wykorzystując następującą funkcję:

$$P_w = \varphi\left(\frac{R_d}{2\delta_d}\right)\varphi\left(\frac{R_\delta}{2\delta_B}\right)\varphi\left(\frac{R_\epsilon}{2\delta_\epsilon}\right) \quad [2.23.]$$

gdzie: $\varphi\left(\frac{Z}{2\delta}\right) = \varphi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ - funkcja Laplace'a (całka prawdopodobieństwa)

$R_d, R_\delta, R_\epsilon$ - wymiary przestrzeni, przeglądane przez SNR w odległości, azymucie i kącie położenia (ustalone położenie anteny i stała skala odległości). Wartości $\frac{R_d}{2}, \frac{R_B}{2}, \frac{R_\epsilon}{2}$ wskazują na maksymalny błąd wskazania celu - bez konieczności poszukiwania;

$\delta_d, \delta_B, \delta_\epsilon$ - średniokwadratowe błędy nacelowania SNR na cel w odległości, azymucie i elewacji.

2.3. Analiza taktyczna wyników procesu określania możliwości bojowych WRt SP

Skuteczność dowodzenia wojskami w systemie obrony powietrznej zależy między innymi, od wartości i ilości informacji, dostarczanej przez wojska radiotechniczne. Z tego względu informacja o sytuacji powietrznej musi odpowiadać odpowiednim wymaganiom. Powinna ona umożliwić uzyskiwanie niezbędnych danych do podejmowania decyzji przez dowódców w zakresie oceny sytuacji powietrznej i zwalczania środków napadu powietrznego.

Stąd wniosek, że aby zapewnić wykorzystanie wojsk w największym zakresie czasowo – przestrzennych możliwości bojowych środków walki, są konieczne odpowiednie wartości parametrów (wskaźników) możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych, przede wszystkim w zakresie odległości wykrycia obiektu powietrznego, dokładności wskazania jego miejsca w przestrzeni, a także dyskretności i czasu opóźnienia przekazywanych informacji.

Można stwierdzić, że informacja o sytuacji powietrznej powinna umożliwić doprowadzenie wojsk OP do pełnej gotowości bojowej w celu prowadzenia działań bojowych, ujawnienie taktycznego zamiaru nalotu środków napadu powietrznego, określenie głównego kierunku nalotu ŚNP, a tym samym utworzenie niezbędnego stosunku sił na kierunkach, rubieżach oraz względem celów powietrznych przez racjonalny podział zadań dla poszczególnych jednostek wojsk raketowych, lotnictwa myśliwskiego i pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych, a tym samym wybranie jednego z wariantów działań lub udokładnienie wcześniej powziętych decyzji.

Jakość informacji określa stopień spełnienia wymagań, stawianych przez użytkowników, przede wszystkim w zakresie jej pełności (w tym składu), aktualności i dokładności.

Pełność informacji radiolokacyjnej oznacza jej wymaganą kompletność. Wymaganą kompletność informacji radiolokacyjnej należy rozumieć jako pewien zbiór wiadomości o sytuacji powietrznej, niezbędnych w procesie dowodzenia.

Przy określaniu składu informacji, niezbędnej dla danego stanowiska dowodzenia, należy mieć na względzie, że nadmiar informacji w czasie dowodzenia (walki) jest równie niepożądany jak i jej niedobór. Nadmiar informacji utrudnia bowiem szybką orientację w sytuacji i komplikuje proces dowodzenia, ponadto przeciąża kanały informacji, ograniczając przesyłanie potrzebnych wiadomości.

Do wiadomości niezbędnych dla większości szczebli dowodzenia wojsk w systemie obrony powietrznej, w procesie dowodzenia w czasie działań bojowych należą:

- współrzędne bieżące położenia każdego obiektu powietrznego (x, y, H lub D, H);
- dane z rozpoznania przynależności obiektów powietrznych;
- skład bojowy każdego celu, typ i ugrupowanie bojowe samolotów w składzie celu;
- charakter działań bojowych celu (manewr kursem, prędkością, wysokością, zmiana ugrupowania, stosowanie zakłóceń radioelektronicznych itp.);
- prędkość lotu celu powietrznego.

Większość spośród wyżej wymienionych wiadomości uzyskuje się z pierwotnej informacji radiolokacyjnej, niektóre ujawniają się w czasie opracowania, uogólniania oraz analizy całości otrzymanych wiadomości, włączając również informacje napływające z powiadamiania i współdziałania.

Analizując strefę rozpoznania radiolokacyjnego WRt można stwierdzić, czy wojska radiotechniczne w zakresie terminowości informacji są lub nie są w stanie zabezpieczyć pod względem radiolokacyjnym działania bojowe pododdziałów, oddziałów (ZT) WR i LM.

Wymaganą wiarygodność informacji wojska radiotechniczne spełniają poprzez jej opracowanie i zobrazowanie na: planszetach, tablicach i wskaźnikach aparatury ZtSD, rozmieszczonych w salach bojowych stanowisk dowodzenia.

Wymagania w zakresie aktualności informacji radiolokacyjnej charakteryzują dopuszczalne wartości takich parametrów (wskaźników), jak czas opóźnienia i dyskretność przekazywanej informacji.

Dopuszczalny czas opóźnienia informacji i dopuszczalna dyskretność przekazywanej informacji nie powinny zmniejszać efektywności działań bojowych oddziałów (ZT) WR i LM.

Ogólnie można stwierdzić, że wymagane czasy opóźnienia i dyskretności powinny zapewnić pełną charakterystykę faktycznej sytuacji powietrznej, terminowe wykrycie manewru i zmian ugrupowania oraz uniemożliwić mylenie tras.

Wymagania dotyczące dokładności informacji zależą od jej przeznaczenia. Aby określić wartość liczbową tych wymagań, należałoby sformułować stopień ich spełnienia w postaci potrzebnych wielkości prawdopodobieństw zabezpieczenia radiolokacyjnego wskazywania celów pododdziałom raketowym i naprowadzania samolotów lotnictwa myśliwskiego.

Wartości tych prawdopodobieństw z kolei są określone zakładanymi wartościami prawdopodobieństw wykonania zadania bojowego przez pododdział raketowy lub pojedynczy samolot (grupę samolotów) oraz oczekiwanym wynikiem działań bojowych i innymi wskaźnikami skuteczności bojowej.

Wymagania w zakresie dokładności zobrazowania informacji bojowej WRt spełniają poprzez dostarczenie tej informacji do SD pododdziałów oddziałów (ZT) WR i punktów naprowadzania LM sposobem wskaźnikowym, ze stacji radiolokacyjnych o najlepszych parametrach w zakresie rozdzielczości i dokładności określania współrzędnych położenia obiektów powietrznych.

Podczas planowania działań bojowych, oficerowie operacyjni rozpatrują kilka wariantów realizacji zadania bojowego przez pododdział, oddział (ZT)

WRt, w odniesieniu do wymagań postawionych przez zabezpieczane pod względem radiolokacyjnym pododdziały, oddziały (ZT) WR i LM.

Następnie dokonuje się oceny poszczególnych wariantów, porównując wartości liczbowe takich parametrów jak:

- zasięg strefy rozpoznania w warunkach bez zakłóceń i w zakłóceniach;
- potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej dla oddziałów (ZT) WR;
- potrzebnej rubieży informacji radiolokacyjnej dla oddziałów LM, dyżurujących na lotnisku, czy też w strefie dyżurowania.

Bardzo często, jako kryterium oceny możliwości bojowych pododdziałów, oddziałów (ZT) WRt, a więc i wyboru jednego z wariantów ugrupowania bojowego przyjmuje się zasięg rozpoznania.

Bardzo ważnym elementem procesu określania możliwości bojowych jest umiejętna interpretacja uzyskanych wyników i na tej podstawie wyciągnięcie właściwych wniosków, które umożliwiają powzięcie racjonalnej decyzji.

Na podstawie porównania wielkości potrzebnej i możliwej rubieży informacji radiolokacyjnej, dowódca pododdziału, oddziału (ZT) WRt będzie wiedział, czy jest w stanie zabezpieczyć w informację bojową aktywne środki walki SP.

Jeżeli potrzeby przewyższają możliwości pododdziałów WRt, jedynym wyjściem z tej trudnej sytuacji jest wykonanie manewru przez wybrane pododdziały, bądź utworzenie nowych WRLP. Należy przy tym dokonać kalkulacji manewru i sprawdzić, czy czas manewru nie jest dłuższy od czasu dysponowanego. W przypadku, kiedy czas potrzebny na wykonanie manewru jest większy od czasu dysponowanego, wykonanie manewru jest niecelowe, gdyż wiadomo, że manewrujące pododdziały nie wezmą udziału w prowadzeniu rozpoznania.

Analiza pozostałych parametrów możliwości bojowych pozwala określić:

- w jakim stopniu pododdziały, oddziały (ZT) WRt są w stanie przekazać dokładną informację o sytuacji powietrznej;

- czy wykorzystując sprzęt będący na wyposażeniu pododdziałów WRt można spełnić wymagania aktywnych środków walki SP, odnośnie miejsca położenia celu w przestrzeni powietrznej;
- ilość przekazywanej informacji o obiektach powietrznych;
- czas opóźnienia informacji dostarczanej użytkownikom.

Prognozowanie zdolności bojowej pododdziałów, oddziałów (ZT) WRt w całości można dokonywać w oparciu o dane statystyczne uzyskiwane w toku działań bojowych, jak też na podstawie wyznaczonych teoretycznie wartości wybranych parametrów.

Idealna sytuacja miałaby miejsce wówczas, gdyby wojska radiotechniczne wykrywały i przekazywały w czasie rzeczywistym, informacje o wszystkich ŚNP przeciwnika, (niezależnie od warunków działań) oddziałom (ZT) WR i LM, umożliwiając tym samym zdecydowane przeciwdziałanie.

W praktyce jednak jest to prawie niemożliwe do osiągnięcia. Wynika to przede wszystkim z faktu, że w dotychczasowych konfliktach i wojnach, w większości przypadków lotnictwo przeciwnika skutecznie obezwładniało radioelektronicznie środki rozpoznania radiolokacyjnego, stwarzając warunki do dalszych działań wojskom lądowym.

2.4. Zastosowanie programów komputerowych do określania wybranych parametrów możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych SP

Program „Aproksymacja”

Przeznaczenie:

Program APROKSYMACJA przeznaczony jest do obliczenia aproksymowanych zasięgów wykrywania podstawowych stacji radiolokacyjnych będących na wyposażeniu WLOP i OPL, na wybranym azymucie. Obliczenie dokonywane

są na podstawie danych z mapy topograficznych. Umożliwia on również wydruk obliczonych wartości.

W celu obliczenia zasięgu wykrywania RLS, przy użyciu programu APROKSYMACJA, można wprowadzić dane wejściowe:

- typ RLS, wysokość stania RLS odczytany z mapy z uwzględnieniem wysokości nasypów;
- wysokość lotu celu względem stania RLS;
- wysokość przeszkody terenowej z uwzględnieniem lasów, zabudowy itp.;
- odległość do przeszkody.

W celu obliczenia zasięgu wykrywania RLS na innym azymucie należy wprowadzić nowe dane o wysokości i odległości do przeszkody terenowej.

Podkreślić należy, że istnieje możliwość zmiany typu stacji bez zmiany współrzędnych stania i przeszkody. Umożliwia to szybkie sprawdzenie, która ze stacji radiolokacyjnych na danej pozycji ma najlepsze możliwości lub zastosowanie której stacji umożliwi otrzymanie potrzebnej informacji radiolokacyjnej.

Wykreślenie aproksymowanej strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej należy rozpocząć od wykreślenia na mapie pomocniczego okręgu o promieniu około 50 km i środka w miejscu stania RLS. Jego obwód należy podzielić na dowolną liczbę odcinków, a granice odcinków należy połączyć z miejscem stania RLS, spowoduje to powstanie stref.

Dokonując podziału należy pamiętać o następujących zasadach:

- im więcej stref tym określenie zasięgu jest dokładniejsze;
- aby dokonać obliczeń tylko na wybranym kierunku, np. na prawdopodobnym kierunku nalotu ŚNP, można dokonać podziału tylko części okręgu.
- każdy sektor powinien być jednolity pod względem terenowym.

Po wykreśleniu okręgu, lub jego wycinka oraz określeniu stref, należy każdą strefę poddać analizie, w wyniku której określić najwyższe przeszkody terenowe w danej strefie w stosunku do miejsca znajdowania się stacji radiolokacyjnej. W tym celu należy:

- ustalić wysokość RLS nad poziomem morza, dodając do wysokości odczytanej z mapy wysokość nasypu, na którym stoi stacja;
- znaleźć najwyższe wzniesienie w sektorze, ustalić jego wysokość ponad poziomem morza, dodając do wysokości odczytanej z mapy wysokość pokrycia (las, zabudowa itp.);
- ustalić odległość między przeszkodą a miejscem znajdowania się RLS;
- zapisać wartości wysokości i odległości do przeszkody wewnątrz sektora, dotychczasowe czynności należy powtórzyć dla pozostałych sektorów;
- wprowadzić do programu APROKSYMACJA typ stacji i dane wpisane w poszczególnych sektorach, a wynik obliczeń wpisać obok poprzedniego zapisu.
- wykreślić część okręgu w danym sektorze o promieniu równym wartości otrzymanej w wyniku obliczeń.

W wyniku wykreślenia części okręgów wokół stacji powstanie aproksymowana strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej.

Program „RADMAP” - radiolokacyjna mapa Polski

Przeznaczenie:

Program komputerowy RADMAP przeznaczony jest do obliczania aproksymowanych zasięgów stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach z uwzględnieniem kątów zakrycia oraz obliczanie współczynnika pokrycia.

Program umożliwia :

- wybór kartoteki roboczej.

- nanoszenie nowych stacji radiolokacyjnych w celu dokonania dalszych obliczeń;
- edycję wprowadzonych do programu stacji radiolokacyjnych;
- przeglądanie wprowadzonych stacji radiolokacyjnych;
- dokonanie obliczeń stref wykrywania stacji radiolokacyjnych;
- obliczenia pokrycia terenu dla obszaru, trasy lotu celu powietrznego, punktu;
- zapamiętanie i ponowną edycję tras lotu celu powietrznego dla potrzeb obliczeń pokrycia;
- wprowadzenie źródła zakłóceń i edycję ich parametrów;
- zmianę parametrów stacji radiolokacyjnych;
- dokonanie obliczeń stref wykrywania stacji radiolokacyjnych z uwzględnieniem zakłóceń;
- zmianę i zapamiętanie współrzędnych obszaru roboczego;
- zmianę kolorów pracy programu;
- wprowadzanie wysokości lotu celu dla której będą dokonywane obliczenia;
- ustalenie sposobu prezentacji stacji radiolokacyjnych;
- zobrazowanie komputerowej mapy fizycznej wybranego obszaru Polski
- zobrazowanie miejscowości wojewódzkich ;
- zobrazowanie innych mniejszych miejscowości;
- zobrazowanie lasów;
- zobrazowanie rzek i innych zbiorników wodnych;
- zobrazowanie elementów zabudowy zwartej takich jak duże miasta, zakłady pracy itp.;
- zobrazowanie przeszkód wodnych;
- zobrazowanie ważniejszych ciągów komunikacyjnych;
- zobrazowanie na roboczej części ekranu sytuacji taktycznej;
- wydruk zobrazowania stref wykrywania z lub bez uwzględniania skali mapy.

NANOSZENIE STACJI RADIOLOKACYJNEJ

Nanoszenie nowej stacji radiolokacyjnej dokonuje się poprzez wczytanie z pliku za pomocą klawisza funkcyjnego lub poprzez wybór opcji NANOSZENIE z menu ZOBRAZOWANIE\ STACJE. Po wyborze tej opcji wyświetlone zostanie okno TYP STACJI z wyszczególnionymi typami stacji radiolokacyjnych.

Po dokonaniu wyboru miejsca stania stacji należy je zatwierdzić wówczas wyświetlone zostanie okno OPIS STACJI RADIOLOKACYJNEJ. Podstawowymi danymi zawartymi w oknie są:

- TYP STACJI - nazwa typu stacji radiolokacyjnej wybranej z menu TYP RLS;
- WSP. KILOMETROWE lub WSP.GEOGRAFICZNE - współrzędne kilometrowe lub geograficzne stania stacji radiolokacyjnej;
- H-lok. | H-anteny - Wysokość stania stacji w m n.p.m. oraz wysokość anteny;
- MIEJSCOWOŚĆ - nazwa miejscowości według której opisana jest stacja radiolokacyjna - nazwę tą wprowadza użytkownik samodzielnie;
- Nr RLS - numer stacji radiolokacyjnej.

PRZEGLĄDANIE STACJI RADIOLOKACYJNEJ

Przeglądanie stacji radiolokacyjnych dokonuje się poprzez wybór opcji PRZEGLĄDANIE z menu ZOBRAZOWANIE/ STACJE. Po wybraniu przybliżonego rejonu rozwinięcia (rozmieszczenia) stacji radiolokacyjnej w miejscu jej stania zostanie wyświetlony krzyż i jednocześnie zostaje wyświetlone okno OPIS STACJI RADIOLOKACYJNEJ. Dane w oknie po dokonaniu zmian nie są zapamiętywane.

OBLICZENIA STREF WYKRYWANIA

Obliczenia stref wykrywania stacji radiolokacyjnych dokonuje się poprzez wybór opcji OBLICZENIA z menu ZOBRAZOWANIE/ STACJE. Po wyborze tej opcji wyliczane są strefy wykrywania dla wszystkich włączonych stacji radiolokacyjnych dla wysokości równej, wprowadzonej za pomocą opcji WYSOKOŚĆ CELU.

Kolor obwiedni stref wykrywania dla poszczególnych wysokości lotu celu oznaczany jest kolorem zgodnym z numeracją w pliku konfiguracyjnym, gdzie poszczególne kolory obwiedni oznaczone są liczbami od 1 do 15, zgodnie z konfiguracją dokonaną za pomocą opcji KOLORY z menu ZOBRAZOWANIE . Zbiór kolory zawiera maksimum dziesięć liczb dla wysokości lotu celu od 100m do 1000m., co 100m. Jeżeli liczba nie jest określona wówczas program przyjmuje wartość koloru równą 15.

Podczas dokonywania obliczeń na ekranie wyświetlana jest, w miarę stopnia zaawansowania obliczeń, obwiednia aproksymowanej strefy wykrywania dla obliczanej aktualnie stacji radiolokacyjnej.

OBLICZENIE PRZEKRYCIA STREF WYKRYWANIA

Obliczenie przekrycia stref wykrywania stacji radiolokacyjnych dokonuje się poprzez wybór opcji POKRYCIE.

Po wyborze tej opcji wyświetlone jest menu, umożliwiające za pomocą swoich opcji:

- obliczenie krotności pokrycia całego obszaru;
- obliczenie krotności pokrycia wprowadzonej przy pomocy klawiatury trasy lotu samolotu;
- obliczenie krotności pokrycia wprowadzonej z pamięci komputera trasy lotu samolotu;
- obliczenie krotności pokrycia dla punktu;
- powrót do poprzedniego menu.

OBLICZENIA PRZEKRYCIA OBSZARU STREF WYKRYWANIA

Obliczenia przekrycia obszaru stref wykrywania stacji radiolokacyjnych dokonuje się poprzez wybór opcji OBSZAR. Po wyborze tej opcji rozpoczynają się obliczenia krotności przekrycia strefy radiolokacyjnej. Teren ponad którym taka sama liczba stacji „widzi” cel powietrzny, na równej wysokości, pokryty jest tym samym kolorem.

WPROWADZANIE ŹRÓDŁA ZAKŁÓCEŃ

Wprowadzanie źródła zakłóceń dokonuje się poprzez wybór opcji ZAKŁÓCENIA z menu ZOBRAZOWANIE/ STACJE. Po wyborze tej opcji wyświetlone zostanie na części roboczej ekranu znacznik oznaczający źródło zakłóceń. Przemieszczanie znacznik dokonuje się przy użyciu kursorów strzałek. Na ekranie zostaną wyrysowane trzy okręgi równoznaczne z trzema obszarami wpływu zakłóceń na zasięgi stacji radiolokacyjnych.

Wewnątrz najmniejszego okręgu wpływ zakłóceń jest największy a współczynnik zmniejszenia zasięgu stacji radiolokacyjnej ze względu na zakłócenia wybierany jest losowo z przedziału maksymalny i minimalny współczynnik dla danego zasięgu.

Podczas obliczeń stref wykrywania w zależności od odległości stacji od źródła zakłóceń oraz kierunku zostanie wyliczona zmniejszona wartość zasięgu wykrywania.

WPROWADZANIE WYSOKOŚCI LOTU CELU

Ustalenie wysokości lotu celu dokonuje się poprzez wybór opcji WYSOKOŚĆ z menu ZOBRAZOWANIE. Na ekranie wyświetlone zostanie okno WYSOKOŚĆ CELU, w którym należy wprowadzić wysokość lotu celu w metrach nad poziomem morza. Należy pamiętać, że jeżeli wprowadzi się wysokość lotu celu mniejszą niż wysokość stania stacji - odczytana z mapy komputerowej - wówczas dla tej stacji będzie liczony zasięg dla celu lecącego poniżej stacji radiolokacyjnej i będzie on zawsze zerowy.

Reasumując, zastosowanie opracowanych programów komputerowych pozwala tylko w niewielkim stopniu określać możliwości bojowe WRt. Dotyczą przede wszystkim wyboru ugrupowania i określenia teoretycznych zasięgów wykrywania w warunkach bez zakłóceń i w zakłóceniach. Nie mniej jednak w początkowych obliczeniach możliwości bojowych pozwalają one uniknąć żmudnych obliczeń i analiz.

BIBLIOGRAFIA:

1. A. Adamczyk. Batalion radiotechniczny. Skrypt. AON, 1994.
2. A. Adamczyk. Rozpoznanie radiolokacyjne w obronie powietrznej Rzeczypospolitej Polskiej. AON. Warszawa, 1992.
3. M. Adamczyk. Informacja radiolokacyjna w procesie dowodzenia wojskami w systemie obrony powietrznej na terytorium kraju. Rozprawa doktorska. ASG WP, 1990.
4. A. Adamczyk, M. Adamczyk. Wojska radiotechniczne w obronie powietrznej. Skrypt. AON, 1995.
5. A. Adamczyk, M. Adamczyk. Zabezpieczenie radiolokacyjne oddziałów wojsk OP. Skrypt. AON, 1991.
6. A. Adamczyk, S. Antczak. System radiolokacyjny jako obiekt zakłóceń radioelektronicznych. Skrypt. AON, 1993.
7. A. Adamczyk, K. Koliński. Rozpoznanie sytuacji powietrznej w brygadzie radiotechnicznej. Skrypt, AON 1991.
8. Biuletyn informacyjny nr (1/149). Szt. Gen. 1986.
9. Z. Groszek. Rozpoznanie w systemie obrony powietrznej Rzeczypospolitej Polskiej. Rozprawa habilitacyjna, AON 1994.
10. E. Grzeszek. Problemy wykrywania i śledzenia obiektów (celów) powietrznych na małych wysokościach przez wojska radiotechniczne w warunkach PRL Rozprawa doktorska. ASG WP. Warszawa, 1979.
11. Instrukcja organizacji i pełnienia dyżurów bojowych przez wojska obrony powietrznej kraju, wojska lotnicze, wojska OPL oraz siły i środki OP marynarki wojennej w systemie obrony powietrznej kraju, Sztab Gen, Warszawa, 1989.

12. J. Kochanowski. Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych WR i LM OPK podczas zwalczania celów powietrznych typu CRUISE. Rozprawa habilitacyjna. WOSR, 1985.
13. K. Kokot. Podstawy radiolokacji. Warszawa WAT, 1968.
14. M. Koselski. Jakość informacji radiolokacyjnej i jej wpływ na działania bojowe WOPK Rozprawa doktorska. ASG WP. Warszawa, 1988.
15. Mały słownik języka polskiego. Warszawa, 1989.
16. S. Miodek. Połączone stanowisko dowodzenia szczebla taktycznego. Skrypt. AON, 1993.
17. S. Miodek. Treść procesu decyzyjnego i podstawowe dokumenty bojowe wojsk OP. Część I. Skrypt. AON, 1993.
18. S. Miodek, Wojska raketowe WLOP, oddział (ZT) WR. Skrypt. AON, 1996.
19. S. Pagacz. Określanie realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych bez wykonywania oblotu. Rozprawa doktorska. ASG WP, 1982.
20. J. Pietrasiński. Niektóre aspekty rozwoju współczesnych radarów. Problemy techniki uzbrojenia i radiolokacji 42/88
21. T. Pszczołowski. Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji. Wrocław, 1978.
22. Regulamin działań bojowych wojsk radiotechnicznych Wojsk Obrony Powietrznej Kraju (Brygada - kompania). DW OPK. Warszawa, 1980.
23. Słownik języka polskiego. PWN, 1993.
24. Słownik podstawowych terminów wojskowych. Warszawa, 1977.
25. Słownik wyrazów obcych. PWN, 1980.
26. Taktyka WRt (podręcznik). DWOPK, 1979.
27. Technika współczesnej radiolokacji. Praca zbiorowa. WKŁ, Warszawa, 1975.

28. Współczesne urządzenia radiolokacyjne. Praca zbiorowa. WKŁ, Warszawa 1976.
29. Zespół oficerów. Obrona powietrzna. Podręcznik. AON, 1996.
30. Zespół oficerów. Rozwiązywanie problemów OP i OPL z wykorzystaniem techniki mikrokomputerowej. Skrypt. AON, 1995.

**OBOWIAZUJĄCE OZNACZENIA ALFABETYCZNE DLA PASM
CZĘSTOTLIWOŚCI I PASM DŁUGOŚCI FAL**

Pasmo czę- stotliwości	Częstotliwość	Pasmo długości fal	Długość fal
A	100-300MHz	VHF	300-100cm
B	300-500MHz	UHF	100-60cm
C	0,5-1GHz	UHF	60-30cm
D	1-2GHz	L	15-30cm
E	2-3GHz	S	10-15cm
F	3-4GHz	S	7,5-10cm
G	4-6GHz	C	5-7,5cm
H	6-8GHz	C	3,75-5cm
I	8-10GHz	X	3-3,75cm
J	10-20GHz	X-Ku	1,5-3cm
K	20-40GHz	K-Ka	7,5mm-1,5cm
L	40-60GHz	V	5-7,5mm
M.	60-100GHz	W	3-5mm

CHARAKTERYSTYKA TYPOWYCH URZĄDZEŃ ZAKŁÓCAJĄCYCH

TYP URZĄDZENIA	ZAKRES CZĘSTOTLIWOSCI (GHz)	MOC ZAKŁ. W IMPULSIE SZUMOWYCH (W)	LICZBA NADAJNIKÓW	NOSICIEL
AN/ALQ-99E	0,064-20	1000/100	10	EF-111
AN/ALQ-100	1,12-8,2	1000/50	4	A-6, A-7, F-14, F-18 A-10
AN/ALQ-119	2-10	300/150	5	F-4, F-15, F-16, RF-4, F-111, A-10
AN/ALQ-131	0,1-18	1000/400	8	F-4, F-15, F-16, A-10 F-111, TORNADO Jaguar
AN/ALQ-135	1-18	2000/400	3	F-15
AN/ALQ-137	2-20	1000/100	10	F-111, FB-111
AN/ALQ-165	0,7-18	2000/200	3	F-14, F/A-18
SPS-141MWG-E	8,3-10,3	15/10	1	SU-22M4
SPS-161	7,5-10		1	SU-24
SPS-162	5-7,5		1	SU-24
GARDENIA	7,1-10,3		1	MiG-29
SORBCJA	7,1-10,3		1	SU-27
SPS-1 SPS-2 SPS-5 SPS-171 SPS-172	cm dcm 0,14-0,22 7,5-23 5-7,5			Jak-28
SPS-63	2,7-3,7		2	
SPS-66	1-1,5		2	
SPS-88	8-10		1	Mi-17PP

BŁĘDY OKREŚLANIA WSPÓLRZĘDNYCH ORAZ ZDOLNOŚCI
ROZDZIELCZE PODSTAWOWYCH TYPÓW STACJI
RADIOLOKACYJNYCH

Zakres pracy	Typ RLS	Błędy pomiaru współrzędnych			Rozróżnialność		
		D /m/	H /m/	β /stop/	D /m/	β /stop/	ε /stop/
cm	K-66	± 1000	-	$\pm 0,8$	2000	1	-
	P-37	± 500	-	$\pm 0,5$	500	1	-
	NUR-11	$\ll 300$	$\ll 600$	$\ll 0,5$	150	2,5	-
	NUR-22	$\ll 300$	-	$\ll 0,6$	500	3	-
	RT-17W	± 300	-	$\ll 0,5$	500	2,5	-
dcm	J-2P	± 600	-	$\pm 0,5$	1500	1,5	-
	J-2M	± 600	-	± 1	1500	2	-
	NUR-12	$\ll 500$	$\ll 600$	$\ll 0,5$	150	4,5	1,5-10
	NUR-31	$\ll 300$	-	$\pm 0,6$	150	3,5	-
	NUR-32	$\ll 300$	-	$\pm 0,6$	150	3	-
m	5N84	± 1200	-	$\pm 1,2$	3500	8	-
	P-14F	± 1500	-	$\pm 1,5$	3500	8	-
	P-18	± 1800	-	$\pm 1,3$	2000	8	-
cm	NUR-41	$\ll 200$	$\ll 300$	$\ll 1$	200	3,2	0,8
	RW-31	± 1000	± 500	± 2	1000	3	0,85
	PRW-13	± 1000	± 300	± 2	2000	3	1
	PRW-16	± 1000	± 100	± 2	1500	2,5	0,5
	PRW-17	± 1000	± 300	± 2	1000	3	0,8

SPIS TREŚCI

	str.
Wstęp	3
1. Podstawy teorii możliwości bojowych WRt SP	5
1.1. Czynniki wpływające na możliwości bojowe WRt SP.....	8
1.2. Możliwości WRt SP w zakresie organizacji strefy rozpoznania radiolokacyjnego.....	21
1.3. Możliwości probabilistyczne WRt SP.....	39
1.4. Możliwości czasowe WRt SP.....	50
1.5. Możliwości liczbowe (ilościowe)WRt SP.....	59
1.6. Wymagania informacyjne pododdziałów i oddziałów (ZT) SP.....	61
1.7. Możliwości informacyjne WRt SP.....	73
2. Metody określania możliwości bojowych WRt SP	81
2.1. Charakterystyka metod określania realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych.....	82
2.2. Przykłady obliczeń wybranych zadań operacyjno - taktycznych....	100
2.3. Analiza taktyczna wyników określania możliwości bojowych WRt SP.....	120
2.4. Zastosowanie programów komputerowych do określania wybranych parametrów możliwości bojowych WRt SP.....	124
Bibliografia.....	131
Załączniki.....	134

Wydrukowano w 32 egz.

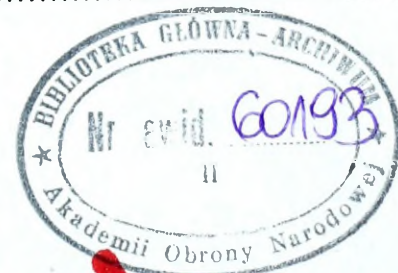
Egz. nr 1-30 Bibl. Gł. DZN

Egz. nr 31 Bibl. Gł.-Archiwum

Egz. nr 32 Bibl. Nauk. Sztabu Gen.

Wyk. kpt. Z. SKWAREK

Druk AON nr pf 545/WW



~~pf 505/s~~
21

SINIS TRISKI

OSONLOK ZA QIUY NIZAKO BYE AKA BUBO TOSK

JICATS WOY TIOY WWA ETOY PAU TU OTOY

Wstyp

1. Podstawy teorii matematycznej

1.1	Czynnik	...
1.2	...	...
1.3	...	...
1.4	...	...
1.5	...	...
1.6	...	...
1.7	...	...
1.8	...	...
1.9	...	...
1.10	...	...
2	...	...
2.1	...	...
2.2	...	...
2.3	...	...
2.4	...	...
2.5	...	...
2.6	...	...
2.7	...	...
2.8	...	...
2.9	...	...
2.10	...	...
2.11	...	...
2.12	...	...
2.13	...	...
2.14	...	...
2.15	...	...
2.16	...	...
2.17	...	...
2.18	...	...
2.19	...	...
2.20	...	...
2.21	...	...
2.22	...	...
2.23	...	...
2.24	...	...
2.25	...	...
2.26	...	...
2.27	...	...
2.28	...	...
2.29	...	...
2.30	...	...
2.31	...	...
2.32	...	...
2.33	...	...
2.34	...	...
2.35	...	...
2.36	...	...
2.37	...	...
2.38	...	...
2.39	...	...
2.40	...	...
2.41	...	...
2.42	...	...
2.43	...	...
2.44	...	...
2.45	...	...
2.46	...	...
2.47	...	...
2.48	...	...
2.49	...	...
2.50	...	...



~~2/2002/9~~
2/2002/9

Wydawnictwo ...
Egz. nr 1-20 ...
Egz. nr 21 ...
Egz. nr 22 ...
Wsk. nr 23 ...
Druk. AON nr 24...