AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

Ppłk dypl. Eugeniusz GRZESZEK

PROBLEMY WYKRYWANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW (CELÓW) POWIETRZNYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH PRZEZ WOJSKA RADIOTECHNICZNE W WARUNKACH PRL

Rozprawa doktorska

WARSZAWA KWIECIEŃ 1979

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

Ppłk dypl. Eugeniusz GRZESZEK

PROBLEMY WYKRYWANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW (CELÓW) POWIETRZNYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH PRZEZ WOJSKA RADIOTECHNICZNE W WARUNKACH PRL

Rozprawa doktorska

WARSZAWA KWIECIEŃ 1979

A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O

im. gen. broni K. Świerczewskiego

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICTWA I OPK
KATEDRA TAKTYKI WOJSK OPK

ppłk dypl. Eugeniusz GRZESZEK

PROBLEMY WYKRYWANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW /CELÓW/ POWIETRZNYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH PRZEZ WOJSKA RADIOTECHNICZNE W WARUNKACH PRL.

Rozprawa doktorska

Praca napisana pod kierownictwem naukowym
płk rez. doc. dr Antoniego PRZENICZNEGO

WARSZAWA KWIECIEŃ 1979 r.

S P I S T R E Ś C I

str. nr

str. nr

str. nr

W S T Ę P

Na podjęcie przez autora tak skomplikowanego tematu wpłynęły następujące okoliczności : ważność i aktualność problemu, brak w dotychczasowych podręcznikach i publikacjach wojskowych kompleksowego rozpracowania tego tematu oraz osobiste zaangażowanie autora w problematykę związaną z wykrywaniem i śledzeniem obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach x/.

Rozwój współczesnych środków napadu powietrznego oraz ich użycie, szczególnie na małych i bardzo małych wysokościach zmusza do ciągłego doskonalenia Obrony Powietrznej Kraju (OPK), której podstawą są środki radiolokacyjne wchodzące w skład wojsk radiotechnicznych /WRT/.

---

x/ Pojęcie "małe wysokości" nie jest jednoznacznie interpretowane. Na przykład w materiałach radzieckich odnośnie możliwości działania SNP nieprzyjaciela, przyjmuje się następujący podział :

- wysokości skrajnie małe od 50 do 150 m;
- wysokości małe od 150 do 600m ;
- wysokości średnie powyżej 600 m.

W podręczniku taktyka wojsk radiotechnicznych OPK wyd. DW OPK 1973 r. przyjmuje się podział wysokości taki sam jak w materiałach radzieckich.
W regulaminie DWL natomiast przyjmuje się :

- loty koszące od 20 do 100 m ;
- małe wysokości od 100 do 600 m ;
- średnie wysokości od 600 do 4000 m ;
- duże wysokości od 4000 do 12000 m ;
- stratosferyczne wysokości powyżej 12000 m.

Według poglądów zachodnich do małych wysokości zaliczane są loty w granicach od 100 do 450 m, natomiast do bardzo małych wysokości loty poniżej 100 m. Niemniej jednak i w tym przypadku występują pewne różnice, np.: w lotnictwie USA do bardzo małych wysokości zaliczane są tylko loty do 70 m, natomiast w RFN do 100 m.

Warunkiem osiągnięcia pozytywnych wyników w tym zakresie jest przede wszystkim ciągłe ukierunkowanie dalszego rozwoju środków obrony powietrznej oraz wprowadzenie ich w uzbrojenie /wyposażenie/ wojsk, według uprzednio wypracowanych koncepcji. Ważne jest również systematyczne rozpracowanie metod i sposobów racjonalnego wykorzystania tych środków w dostosowaniu do koncepcji użycia środków napadu powietrznego nieprzyjaciela.

Dotychczasowy rozwój środków wykrywania i rozpoznania nieprzyjaciela powietrznego doprowadził do skonstruowania stacji radiolokacyjnych uniwersalnych, tj. do pomiaru : azymutu, odległości i wysokości oraz stacji radiolokacyjnych specjalistycznych, do pomiaru współrzędnych azymutu i odległości lub tylko do określania współrzędnej wysokości.

Obecnie występujący w wyposażeniu wojsk radiotechnicznych OPK zestaw stacji radiolokacyjnych posiada najlepsze osiągnięcia na wysokościach średnich i dużych oraz częściowo stratosferycznych, natomiast na wysokościach małych legitymuje się on niewielkimi /nie wystarczającymi/ zasięgami wykrywania.

Jednym z zasadniczych kierunków wiodących do rozwiązania problemu wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach jest oczywiście wyposażenie wojsk radiotechnicznych w bardziej doskonałe stacje radiolokacyjne, które posiadałyby wystarczające możliwości w tym zakresie, a wynikające z uwarunkowań współczesnej obrony powietrznej i możliwości środków napadu powietrznego.

Drugi kierunek, to modernizacja aktualnie posiadanych stacji radiolokacyjnych w wyposażeniu wojsk radiotechnicznych oraz ich przystosowanie do wykonywania zadań w zakresie małych wysokości.

Niezależnie jednak od tego, niezbędne jest poszukiwanie jak najbardziej racjonalnych metod i sposobów zastosowania wojsk radiotechnicznych w celu maksymalnego wykorzystania możliwości i właściwości posiadanych w wyposażeniu stacji radiolokacyjnych do wykrywania i śledzenia środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na małych wysokościach.

Problemy te stanowią główny cel niniejszej rozprawy. Przy czym zdając sobie w pełni sprawę ze skromnych możliwości badawczych, rozpatruję tylko niektóre zagadnienia związane bezpośrednio z podstawowym wskaźnikiem możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych na małych wysokościach - zasięgiem wykrywania.

Powyższa problematyka jest dość skomplikowana oraz obwarowana szeregiem właściwości i czynników, które wymagały pewnego uporządkowania i właściwego naświetlenia. Jednocześnie wskazałem, które z nich mają najistotniejszy wpływ na możliwości wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

Rozdział pierwszy zawiera hipotezy możliwego zagrożenia terytorium Polski przez nieprzyjaciela powietrznego z małych wysokości, ze wskazaniem najbardziej prawdopodobnych kierunków nalotu ŚNP nieprzyjaciela i przedziału ich wysokości lotu.

W dalszej części rozdziału przedstawiona została charakterystyka ŚNP nieprzyjaciela oraz możliwości ich użycia na małych wysokościach na terytorium Polski. Oprócz tego podana została charakterystyka możliwego wyposażenia ŚNP w aparaturę radioelektronicznego rozpoznania, przeciwdziałania i nawigacji na małych wysokościach. Scharakteryzowano także niektóre elementy taktyki działania ŚNP nieprzyjaciela rzutujące na możliwości wojsk radiotechnicznych.

Analiza możliwości nieprzyjaciela powietrznego oparta

została o dotychczasowe doświadczenia z działań SNP USA w Wietnamie i Izraela na Bliskim Wschodzie. Wynikłe z powyższej analizy wnioski zdaniem autora są w większości adekwatne w stosunku do możliwego oddziaływania SNP NATO na terytorium Polski i mogą być użyteczne podczas planowania działań w wojskach radiotechnicznych OPK.

Rozdział drugi obejmuje analizę możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach. Szczególne miejsce zajmuje w nim analiza podstawowych źródeł informacji - jakimi są poszczególne typy stacji radiolokacyjnych.

Rozdział ten podzielony został na trzy podrozdziały :

-w pierwszym zawarta została dość szczegółowa charakterystyka poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych oraz analiza ich możliwości w zakresie wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach ;

-drugi obejmuje analizę czynników, właściwości i warunków, które bezpośrednio wpływają na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach ;

-trzeci jest konsekwencją pierwszego i drugiego podrozdziału, gdzie rozpatrzone zostały zasadnicze kwestie wykorzystania środków radiolokacyjnych WRT OPK do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, z uwzględnieniem warunków terenowych w obszarze PRL. Ponadto przedstawione zostały w nim zabiegi organizacyjne i taktyczne w zakresie modelowania pola radiolkacyjnego na małych wysokościach.

Końcowe wnioski wynikają z analizy poszczególnych problemów rozpatrywanych w niniejszej rozprawie.

Podczas rozwiązywania poszczególnych problemów posługiwałem się różnymi metodami badań, a przede wszystkim :

- metodą analizy i syntezy oraz logicznym wnioskowaniem ;
- metodą porównania, w odniesieniu do możliwości własnych i przeciwnika ;
- metodą krytyki dotychczasowej literatury przedmiotu.

Do zasadniczych źródeł, na podstawie których została oparta praca, należą : wydawnictwa wyszczególnione w bibliografii, materiały uzyskane w czasie pobytu autora na dwumiesięcznym kursie w Akademii OPK w KALININIE w 1976 r., materiały opracowane przez słuchaczy kursów OPK w ramach prac dyplomowych i kursowych oraz prac zleconych w czasie praktyk w jednostkach WRT OPK, ponadto obserwacje z ćwiczeń oraz dyskusje i wnioski gromadzone podczas seminariów doktoranckich w katedrze.

1. ZAGROŻENIE TERYTORIUM PRL ZE STRONY ŚRODKÓW NAPADU POWIETRZNEGO NIEPRZYJACIELA NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH.

1.1. KIERUNKI ZAGROŻENIA.

Położenie Polski w Europie wyznaczają następujące współrzędne geograficzne :

- kraniec północny /przylądek Rozewie/ 54°50'szerokości geograficznej północnej ;
- kraniec południowy /szczyt OPOŁONEK w Bieszczadach/ 49°0'szerokości geograficznej północnej ;
- kraniec zachodni /kolano ODRY na zachód od CEDYNI/ 14°5'długości geograficznej wschodniej ;
- kraniec wschodni /kolano BUGU na wschód od STRZYŻOWA/ 24°7'długości geograficznej wschodniej.

Polska zajmuje więc geometryczny środek Europy, bowiem leży na przecięciu się dwóch linii prostych łączących skrajne punkty Europy. Miejsce tego przecięcia znajduje się w pobliżu Warszawy. Jednak z punktu widzenia geograficznego fakt ten nie określa jeszcze dostatecznie położenia Polski.

Przede wszystkim trzeba w tym miejscu stwierdzić, że Europa składa się z dwóch zasadniczych geologicznych części tj. Europy Zachodniej i Europy Wschodniej.
Przez całą Europę Zachodnią ciągnie się jednolita wielka nizina, w którą wdzierają się płytkie odnogi Morza Północnego i Bałtyku. Nizina ta nazywana jest Niżem Środkowo-Europejskim.

Niż ten ciągnie się od północnej Francji poprzez ziemie niemieckie i polskie, aż na tereny ZSRR.

Na południowych granicach tego niżu spotykamy wielki pas górski, rozbity na szereg oddzielnych masywów.

Ciągnie się on wielkim łukiem od francuskiego Masywu Centralnego poprzez Wogezy, Schwarzwald, Harz, Sudety i Góry Świętokrzyskie. Cały ten łańcuch charakteryzuje się niezbyt wysokimi szczytami, sięgającymi do 1000-1400 m ponad poziom morza.

Południe Europy Zachodniej zajmują skomplikowane łańcuchy gór systemu alpejskiego, do którego prócz samych Alp należą między innymi KARPATY. Wysokość szczytów górskich w tym systemie jest duża i dochodzi do 2000-4800 m ponad poziom morza.

Zgoła odmiennie przedstawia się budowa Europy Wschodniej, która ma jednolity charakter wielkiej płyty, ciągnącej się od Karpat aż do Uralu, od Oceanu Lodowatego do gór Krymu i Kaukazu.

W związku z powyższym charakteryzując położenie geograficzne Polski na tle budowy lądu Europy można stwierdzić, że Polska w obecnych swych granicach leży na pograniczu tych dwóch wyżej wymienionych obszarów - patrz rys. 1.

Prawdopodobny przeciwnik powietrzny ma możliwość wykonania zmasowanych nalotów na obszar PRL z trzech zasadniczych kierunków : północno-zachodniego, zachodniego i południowo-zachodniego.

Na ogólnym kierunku północno-zachodnim należy się liczyć z wykonywaniem nalotów z kilku wyodrębnionych kierunków operacyjnych, tzn. z północnego zachodu, z północy, a nawet z północnego wschodu - patrz rys. 2. Wymienione kierunki mogą wychodzić z rejonów powietrznych nad różnymi miejscami Bałtyku.

Na kierunku północno-zachodnim i jego wyodrębnionych kierunkach operacyjnych mogą działać : bombowe samoloty strategiczne W. Brytanii, brytyjskie i amerykańskie lotnictwo pokładowe oraz część lotnictwa taktycznego bazującego w Danii.

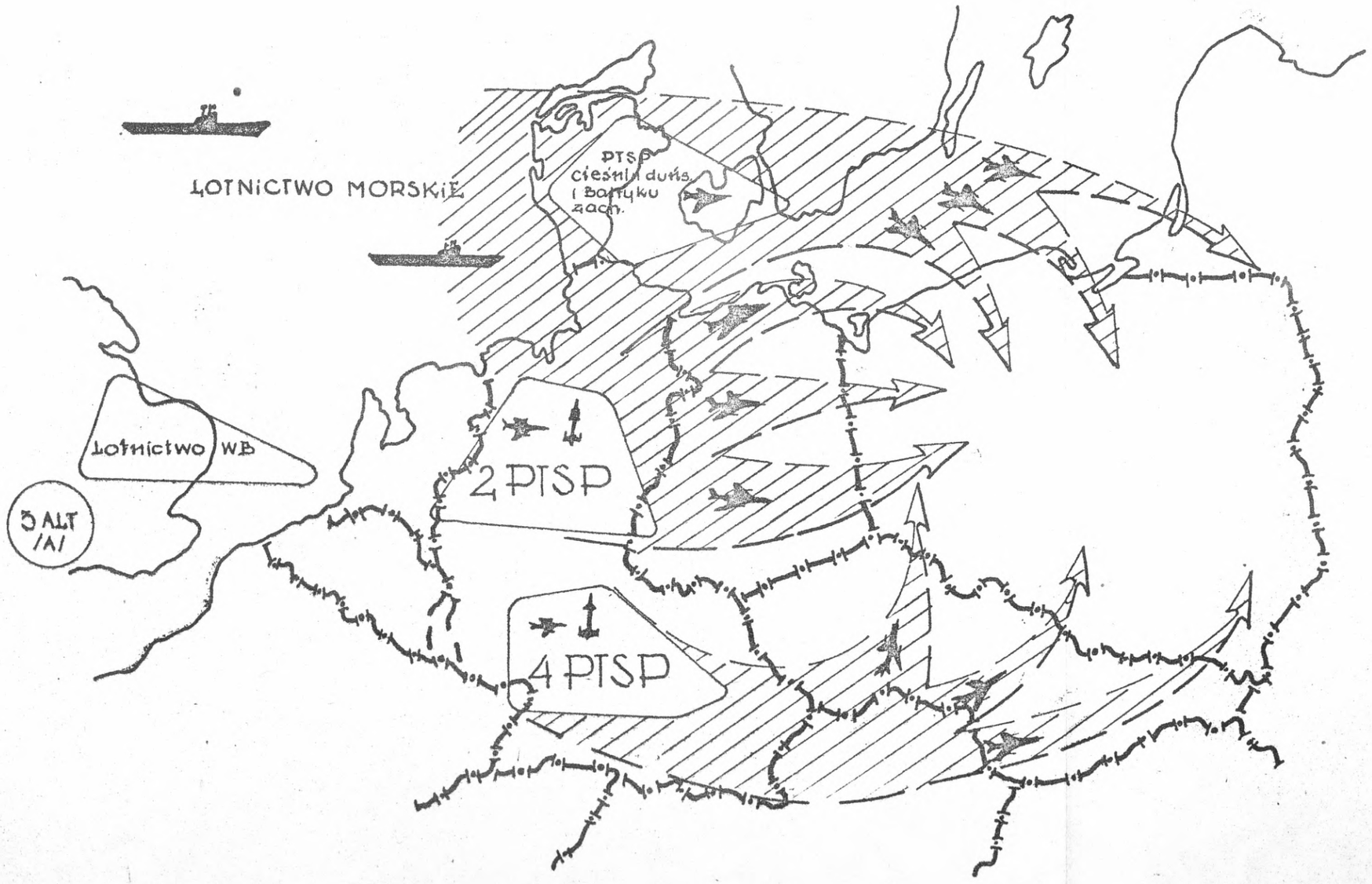
Rys. 1. Położenie geograficzne Polski na tle budowy lądu Europy.

Na ogólnym kierunku zachodnim wychodzącym z rejonów bazowania lotnictwa taktycznego NATO /głównie sił 2 PTSP/ bazującego w RFN, Belgii i Holandii, działać mogą głównie : samoloty myśliwsko-bombowe, taktyczne samoloty myśliwskie, samoloty rozpoznawcze i bombowce.

Południowo-zachodni ogólny kierunek nalotów lotnictwa przeciwnika należałoby rozpatrywać podobnie jak kierunek północno-zachodni, tzn. rozróżniać w nim kilka kierunków operacyjno-powietrznych /południowo-zachodni, południowy, południowo-wschodni/. Oznacza to, że oprócz możliwości nalotów z kierunku południowo-zachodniego wychodzącego z rejonu bazowania 4 PTSP przez południową część NRD i zachodnią Czechosłowację na obszary PRL, należy się liczyć z możliwością wykonywania przez lotnictwo NATO szerokiego manewru nad obszarami Czechosłowacji.
Ponadto należy się liczyć z możliwością utraty przez Austrię neutralności i w tym wypadku głęboki manewr może odbywać się nad terytorium Austrii. Oprócz tego, państwa NATO mogą także wykorzystywać sieć lotniskową Austrii.

Z punktu widzenia treści rozpatrywanego tematu istotne jest udzielenie odpowiedzi na następujące pytanie.
Czy wychodząc z wyżej określonych kierunków zagrożenia terytorium PRL przeciwnik będzie wykonywał naloty w ściśle określonych korytarzach czy też inaczej ?

Współczesne poglądy zachodnie na pokonywanie obrony powietrznej zakładają, że w czasie nalotów zmasowanych, lotnictwo może pokonywać tę obronę na poszczególnych kierunkach na wąskim i szerokim froncie. Oznacza to, że nie można z góry jednoznacznie określić czy samoloty przeciwnika wykonujące nalot, np.: na kierunku północno-zachodnim będą podchodziły i wchodziły w obszar powietrzny PRL tylko przez



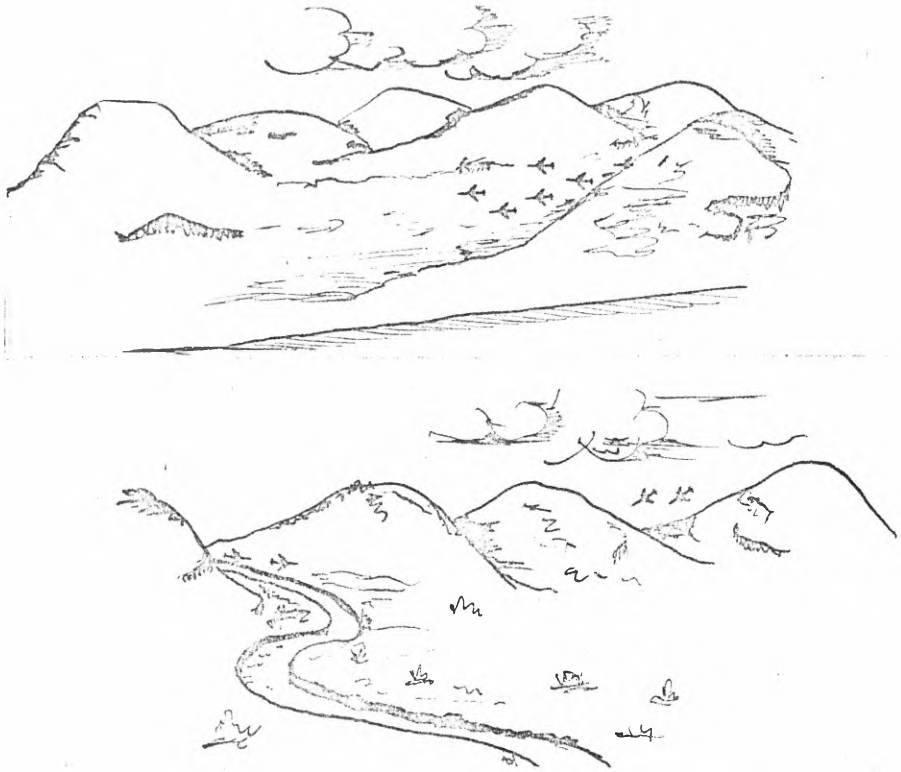
Rys. 2. Możliwe kierunki zagrożenia terytorium PRL przez SNP NATO.

dwa-trzy wybrane korytarze przełamania /np.: szczeciński, kołobrzeski i gdański/, tj. dążyć do przełamania tej obrony w wąskich kilkudziesięciu kilometrowych korytarzach, czy też na szerokim froncie rzędu setek kilometrów.

Położenie polityczno-geograficzne Polski w Europie wskazuje jednak, że możliwości potencjalnego przeciwnika w skrytym podejściu do naszych granic na małych wysokościach są największe z ogólnego kierunku północno-zachodniego. Oznaczałoby to, że na ten właśnie kierunek należy zwrócić szczególną uwagę.
Na pozostałych kierunkach ostrzeżenie o nalocie może być przekazane z pewnym uprzedzeniem przez systemy obrony powietrznej NRD lub Czechosłowacji.

Biorąc jednak pod uwagę doświadczenia niedawnych wojen lokalnych /szczególnie wojny na półwyspie Indochińskim/ należy zakładać, że przeciwnik powietrzny w celu uzyskania zaskoczenia może wykorzystać do wykonania nalotu na małych wysokościach ekranujące właściwości rzeźby terenu, a mianowicie : doliny większych rzek i dobrze widocznych dróg, zbocza łańcuchów górskich, kotliny, przełęcze górskie itd. /rys. 3/.

Rozpatrywany sposób działania może mieć zastosowanie podczas pokonywania naszej obrony powietrznej przez lotnictwo przeciwnika oraz w czasie podejść jego samolotów do obiektów uderzeń.
Jednak loty z wykorzystaniem ekranujących właściwości rzeźby terenu wymagają dokładnego rozpoznania trasy lotu. Np.: w działaniach w Wietnamie trasy lotu dla samolotów uderzeniowych kilkakrotnie rozpoznawano, a charakterystyczne punkty terenowe, które w czasie nalotu miały służyć jako punkty orientacyjne zazwyczaj fotografowano.



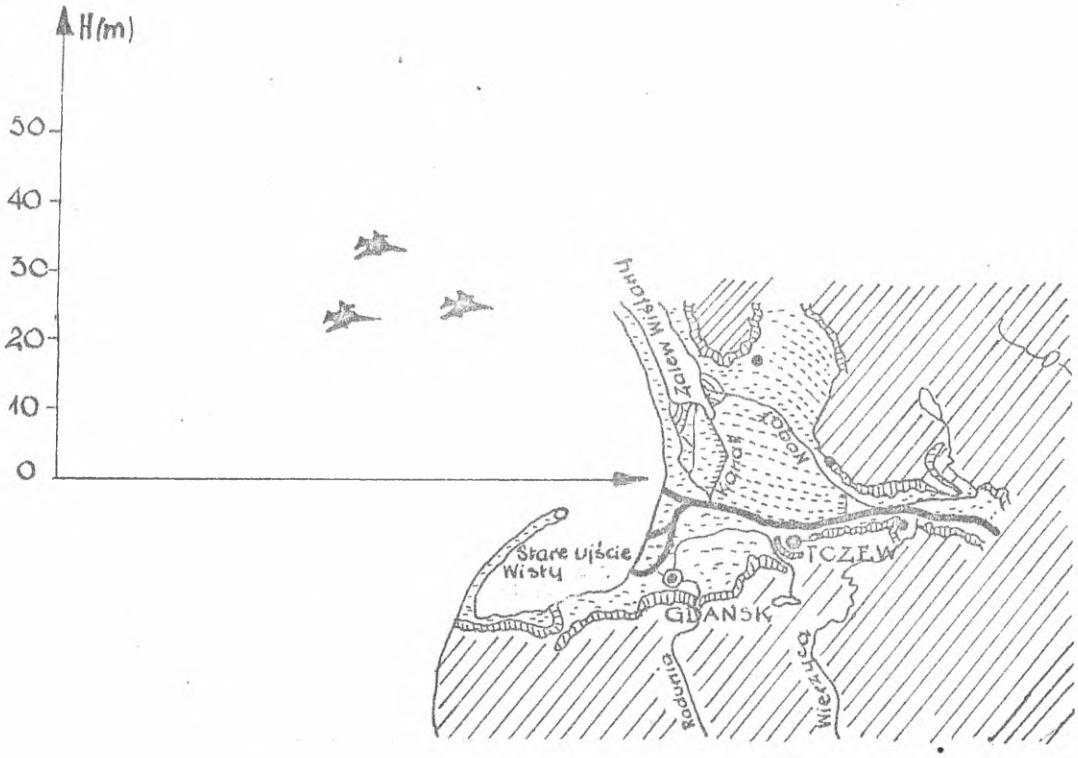
Rys. 3. Loty SNP nieprzyjaciela na małej wysokości z wykorzystaniem ekranujących właściwości rzeźby terenu.

We wszystkich tych poczynaniach główną rolę spełniał zawsze obiekt ataku i w stosunku do niego wybierano kilka tras dolotu oraz kilka kierunków podejścia. Grupy uderzeniowe wykonujące nalot na małej wysokości musiały ściśle przestrzegać ustalony reżim lotu i kierować się do obiektu uderzenia według punktów orientacyjnych. Nie przestrzeganie założonych warunków lotu powodowało przeważnie niedokładne wyjście grup uderzeniowych na cel i uniemożliwiło wykonanie zadania.

Na podstawie doświadczeń lotnictwa USA w Wietnamie można założyć, że minimalne wysokości działania współczesnych samolotów bojowych wynoszą około 20 m. Odnosi się to jednak, tylko do lotów wykonywanych nad morzem, korytami rzek i terenami równinnymi.

Natomiast nad rejonami wyżynnymi, pagórkowatymi, pociętymi i górzystymi loty wykonywano zazwyczaj na wysokościach od 50 do 200 m oraz 400 m. Wysokość 400 m przyjęto za optymalną wysokość lotu i bombardowania[x/].

W warunkach północnej Polski nalot na wysokościach rzędu 20-50 m jest możliwy, z ogólnego kierunku północno-zachodniego i wyodrębnionych w nim kierunków operacyjnych, wzdłuż koryt rzek wpadających do Bałtyku, a szczególnie wzdłuż rzeki Odry wychodząc z Zatoki Pomorskiej poprzez Zalew Szczeciński oraz wzdłuż rzeki Wisły wychodząc z Zatoki Gdańskiej - /patrz rys. 4/.



Rys. 4. Wykorzystanie doliny rzeki Wisły przez SNP do nalotu na małych wysokościach.

---

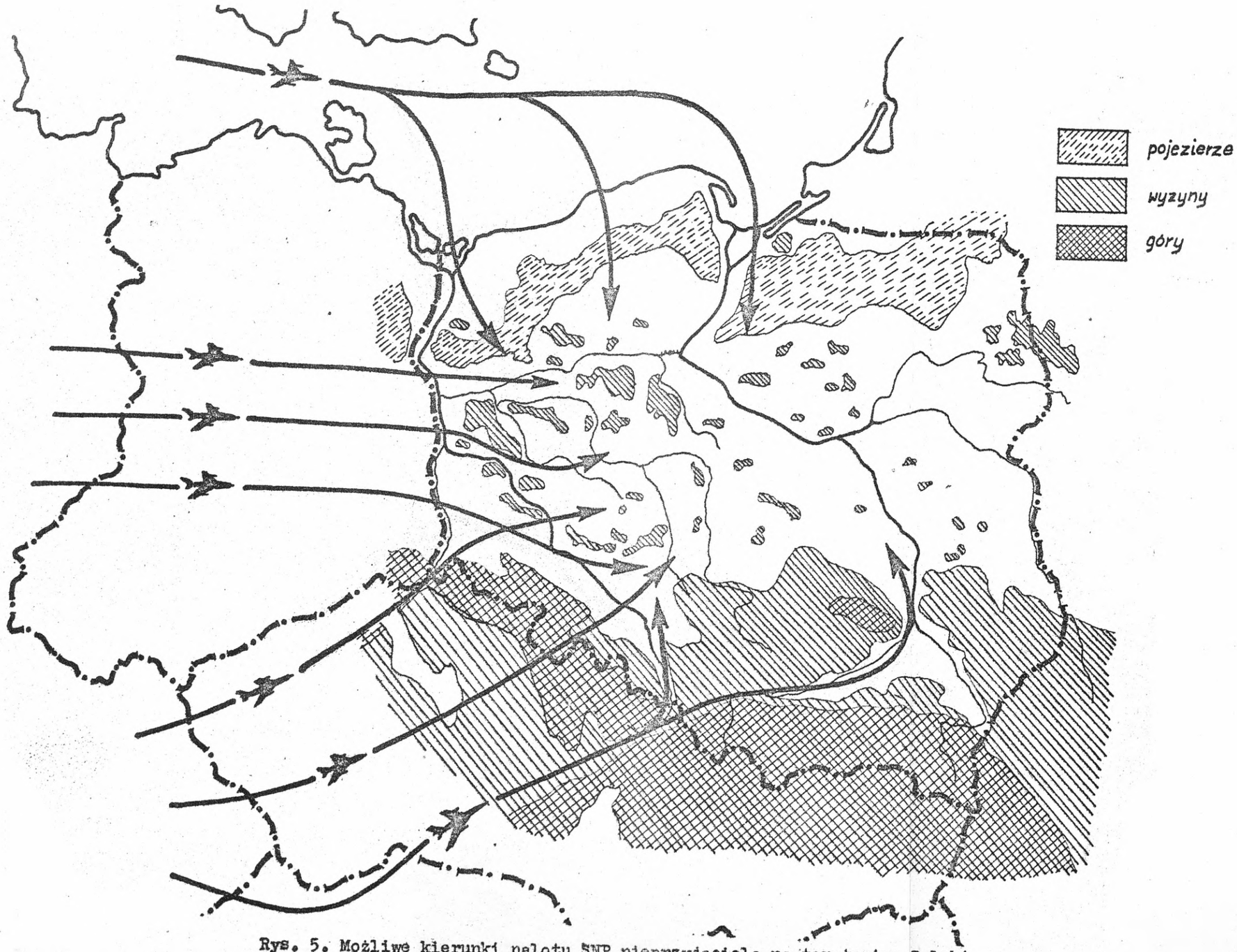
x/ "Doświadczenia lotnictwa amerykańskiego w Wietnamie" Wyd. MON Sztab Gen. - 549/71.

Nalot od strony morza na wymienionych wysokościach i warunkach jest możliwy zarówno w dzień w zwykłych warunkach atmosferycznych jak również w nocy oraz w trudnych warunkach atmosferycznych z wykorzystaniem pokładowych stacji radiolokacyjnych.
W wypadku kiedy przeciwnik nie będzie wykorzystywał w czasie nalotu koryt rzek, wysokość lotu samolotów musi być nieco wyższa i muszą być brane pod uwagę deniwelacje terenu występujące na trasie lotu, a szczególnie w rejonach wybrzeża klifowego i pasa wzgórz pojezierzy.

Nalot w kierunku południowo-zachodniego i z wyodrębnionych z niego kierunków operacyjno-powietrznych na małych wysokościach jest możliwy tylko w dzień i przy dobrej widoczności. Przeciwnik powietrzny w czasie wykonania nalotu może wykorzystać przełęcze i doliny rzek, a szczególnie Dolinę Kłodzką i Bramę Morawską.
Nalot z tego kierunku może wychodzić z obszarów naddunajskich /Austrii/ poprzez środkową Czechosłowację i Bramę Morawską, która otwiera wejście dla środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na małych wysokościach do obiektów uderzeń rozmieszczonych w Kotlinie Oświęcimskiej, Sandomierskiej i Śląskiej.

Biorąc pod uwagę doświadczenia z wojny wietnamskiej można przypuszczać, że w południowych rejonach Polski przeciwnik powietrzny w czasie nalotów będzie wykorzystywał wysokości raczej większe niż z kierunku północno-zachodniego.

Nalot z kierunku zachodniego na małych wysokościach jest w zasadzie także możliwy, ponieważ istnieją tu dogodne warunki terenowe. Nalot może wychodzić zarówno z lotnisk bazowania 2 PTSP jak i 4 PTSP poprzez pas nizin niemieckich i Bramę Łużycko-Szczecińską do obiektów uderzeń rozmieszczonych w pasie nizin środkowej Polski - patrz rys. 5.



Rys. 5. Możliwe kierunki nalotu SNP nieprzyjaciela na terytorium Polski z małych wysokości.

Uogólniając problem można wysunąć następujące wnioski :

- obszar Polski jest zagrożony ze strony lotnictwa NATO na trzech głównych /zasadniczych/ kierunkach, na których można wyodrębnić po kilka kierunków nalotu o charakterze operacyjno-taktycznym, w tym również na małych wysokościach ;
- przeciwnik powietrzny podczas nalotu na małych wysokościach ma możliwość wykorzystywać ekranujące właściwości rzeźby terenu, w tym szczególnie z kierunku południowo-zachodniego;
- środki napadu powietrznego nieprzyjaciela mają możliwość działania na obszar Polski z kierunku północno-zachodniego od wysokości 20-50 m, z kierunku zachodniego od wysokości 100-200 m oraz z kierunku południowo-zachodniego od wysokości 200-400 m ;
- wysokość nalotu środków napadu powietrznego nieprzyjaciela będzie zależeć głównie od wybranej trasy lotu, istniejących warunków i wyszkolenia pilotów.

1.2. ŚRODKI NAPADU POWIETRZNEGO NIEPRZYJACIELA, ICH PODZIAŁ I MOŻLIWOŚCI DZIAŁANIA NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH.

Do działań z małych wysokości przygotowana jest większość samolotów lotnictwa taktycznego, pokładowego, wojsk lądowych oraz lotnictwa strategicznego państw NATO, jak również niektóre typy rakiet uskrzydlonych. Wynika to z zestawienia danych taktyczno-technicznych podstawowych typów samolotów i rakiet uskrzydlonych państw zachodnich zawartych w załączniku Nr 1.

W niniejszej pracy uwzględnia się przede wszystkim te środki napadu powietrznego, które mogą być użyte w obecnym okresie i w najbliższej przyszłości masowo lub w większych ilościach na małych wysokościach oraz których parametry techniczne w tym zakresie są najlepsze. Przy czym rozpatrując wybrane środki napadu powietrznego nieprzyjaciela autor koncentruje się jedynie na tych parametrach i elementach taktyki, które wywierają wpływ na możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania, rozpoznania i śledzenia na małych i bardzo małych wysokościach. Do nich należą :

- profile lotu środków napadu powietrznego nieprzyjaciela oraz minimalne pułapy ich działania na małych wysokościach;
- prędkości lotu środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na małych wysokościach ;
- taktyczne promienie działania środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na małych wysokościach ;
- wyposażenie środków napadu powietrznego nieprzyjaciela w aparaturę radioelektronicznego rozpoznania i przeciwdziałania oraz możliwości tej aparatury.

Należy przy tym podkreślić, że w porównaniu do działań

na wysokościach średnich i dużych, działanie ŚNP na małych wysokościach cechuje szereg właściwości i ograniczeń wynikających z utrudnionego pilotowania samolotami.

1.2.1. Profile lotu środków napadu powietrznego nieprzyjaciela oraz minimalne wysokości ich działania.

Z dotychczasowych doświadczeń uzyskanych w wojnach lokalnych wynika, że profile lotu ŚNP zarówno w czasie dolotu do obiektów uderzeń, jak również i po wykonaniu zadania - mogą być różne. Zależeć to będzie w znacznym stopniu od :

- skuteczności pokonywanej obrony powietrznej ;
- odległości obiektów uderzeń od lotnisk startu ;
- ukształtowania terenu i wysokości przeszkód terenowych na trasie lotu ;
- warunków atmosferycznych i pory doby ;
- wyposażenia samolotów w urządzenia radioelektroniczne oraz nawigacyjne ;
- prędkości lotu samolotów i wyszkolenia załóg.

Z punktu widzenia dogodności nawigacji, możliwości sterowania samolotem, utrzymania łączności samolotu z ziemią i prędkości lotu samolotu korzystniejsze jest wykonywanie lotów na wysokościach średnich i dużych. Natomiast ze względu na skuteczność współczesnych systemów obrony powietrznej lepiej jest wykorzystywać małe i bardzo małe wysokości.

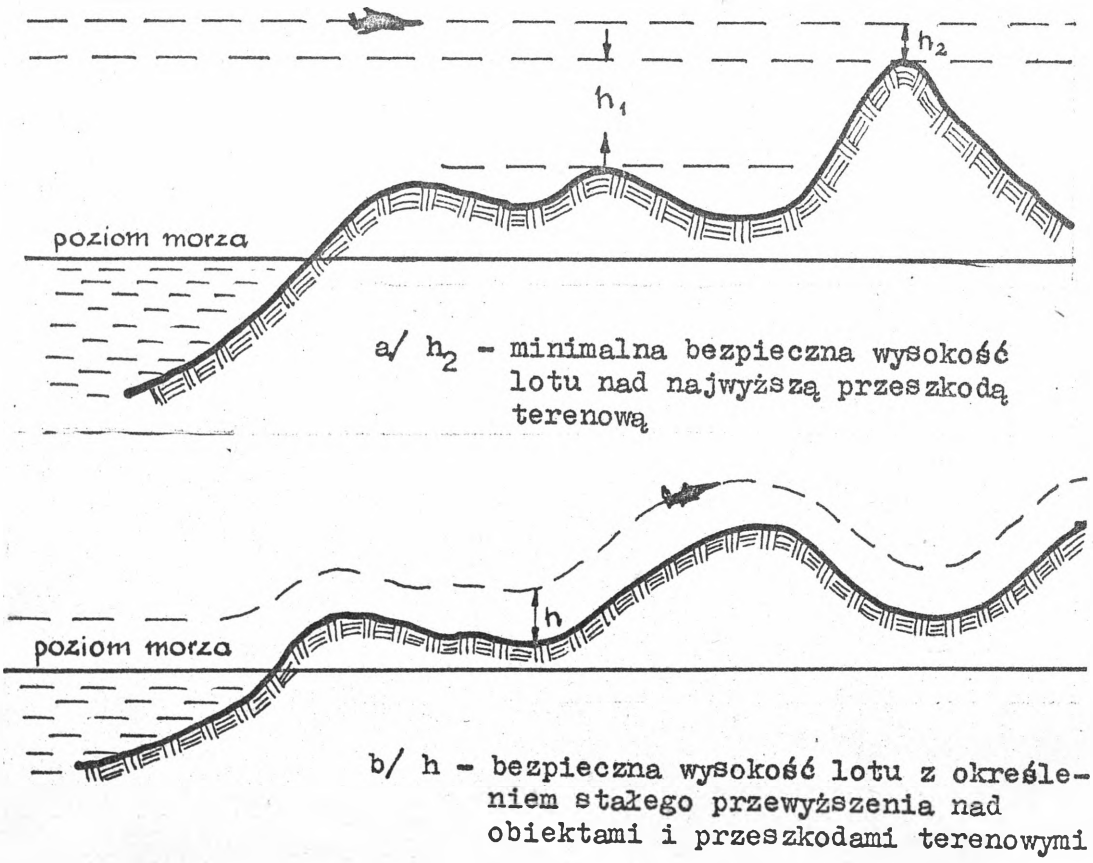
Specjaliści wojskowi spraw lotniczych na zachodzie wyróżniają dwa rodzaje profilów lotu na małych wysokościach, a mianowicie :

- lot z ckreśleniem minimalnej bezpiecznej wysokości nad

najwyższą przeszkodą terenową na trasie lotu, według wskazań wysokościomierza barometrycznego /rys. 6a/ ;

- lot z określeniem stałego przewyższenia nad obiektami i przeszkodami terenowymi na trasie lotu, to jest na wysokości zależnej od przewyższeń i wysokości przeszkód terenowych /rys. 6b/.

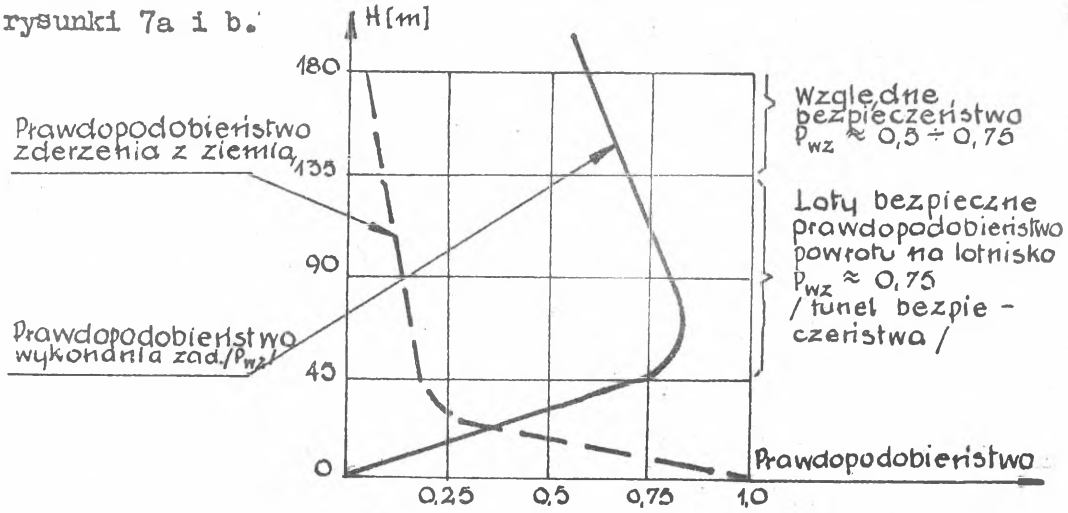
Drugi z wymienionych profilów lotu został z powodzeniem wykorzystany w układzie "TERCOM" do kierowania lotem pocisków "CRUISE". Charakterystykę tych pocisków i ich układu kierującego zawiera załącznik Nr 2.



Rys. 6. Profile lotu samolotów na małych wysokościach.

Należy tu nadmienić, że loty na małych wysokościach, a szczególnie z określeniem stałego przewyższenia nad rzeźbą terenu i przeszkodami terenowymi, wymagają stosowania urządzeń radiolokacyjnych i nawigacyjnych do automatycznej kontroli przebiegu lotu. Takie urządzenia montowane są na pokładach samolotów produkcji USA. Nomenklatura tych urządzeń i ich możliwości są przedstawione w załączniku Nr 3.

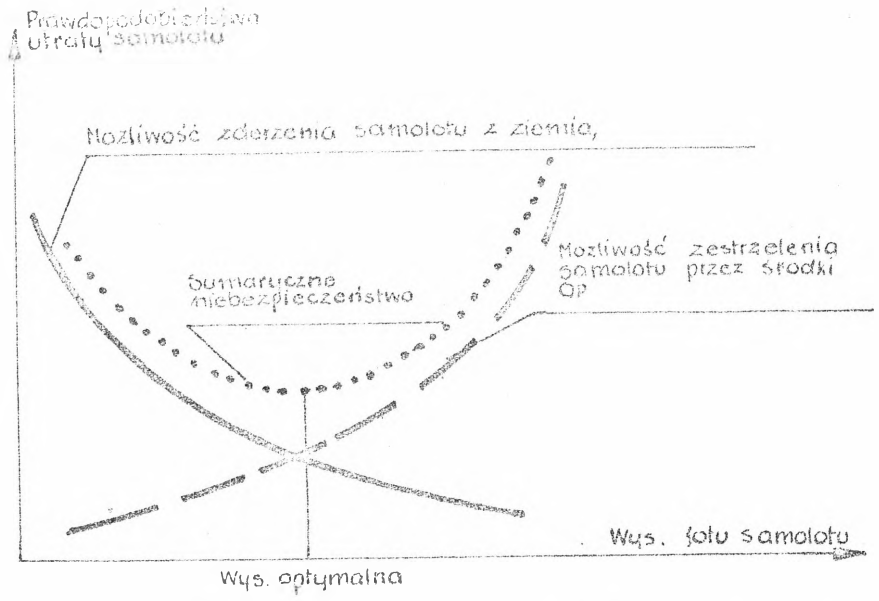
Urządzenia te mogą jednak zawieść i dlatego pilot musi mieć wystarczający zapas wysokości do przyjęcia pełnej kontroli nad samolotem. Dlatego też minimalna wysokość lotu nie zawsze jest wysokością bezpieczną. Wysokość względnego bezpieczeństwa lotu samolotów na małej wysokości ilustrują rysunki 7a i b.



Rys. 7a. Wysokość "tunelu bezpieczeństwa" i względnego bezpieczeństwa lotu samolotu x/.

---

x/ według opracowania WAT oraz Instytutu Techniki wojsk lotniczych na konferencję naukową dotyczącą zwalczania celów nisko lecących - 1968 r.



Rys. 7b. Bezpieczna wysokość lotu samolotu na małych wysokościach x/.

Przeciwnik powietrzny w celu wykorzystania maksymalnych możliwości swych samolotów może stosować w czasie nalotów zmienny profil lotu, czego dowodem są działania lotnictwa USA w wojnie wietnamskiej.

Z doświadczeń tych wynika, że lotnictwo amerykańskie stosowało trzy warianty profilów lotu.

Pierwszy posiadał kryptonim "Lo-Lo-Lo" tzn. /nisko-nisko-nisko/. Według tego profilu, dolot samolotów do celu, działanie w rejonie celu i powrót na lotniska odbywały się na małej wysokości, a ich prędkość podczas lotu wynosiła od 800 km/godz. do prędkości około dźwiękowych. Prędkości dźwięku nie przekraczano.

---

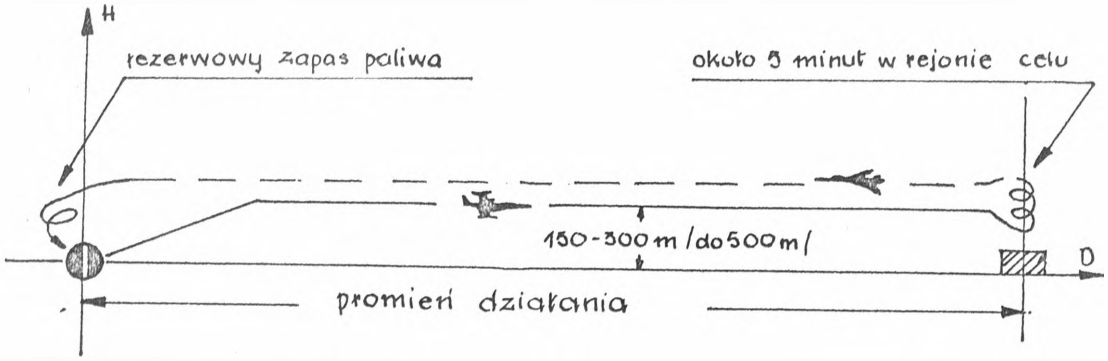
x/ w/g wojskowego przeglądu zagranicznego nr 19.

Drugi posiadał kryptonim "Hi-Lo-Lo-Hi" tzn. /wysoko-nisko-nisko-wysoko/, a więc mamy już tu do czynienia ze zmiennym profilem lotu. Technika jego wykonania była następująca : lot samolotów nad własnym obszarem i morzem odbywał się na dużych wysokościach rzędu 5000 - 10000 m, następnie na odległości około 200 km /100 mil/ od celu samoloty zniżały lot do małych wysokości rzędu 150-300 m, działanie w rejonie celu z małych wysokości, powrót na lotniska w pierwszej fazie lotu na małej wysokości - w drugiej fazie lotu na dużych wysokościach. Omówiony profil lotu pozwalał zwiększyć promień działania samolotów około 20-30 %.
W tym miejscu należałoby zaznaczyć, że zniżenie lotu samolotów odbywało się poza zasięgiem wykrywania stacji radiolokacyjnych.

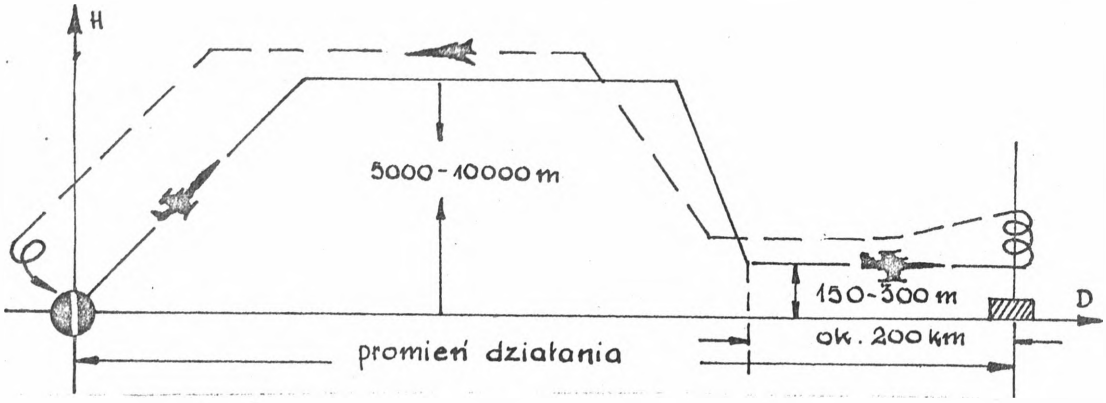
Trzeci posiadał kryptonim "Hi-Lo-Hi" tzn. /wysoko-nisko-wysoko/ i był nieco zmodyfikowany w stosunku do poprzedniego. Modyfikacja wynikała ze zdobytych w czasie działań doświadczeń i polegała na tym, że samoloty po wykonaniu zadania w rejonie celu włączały dopalacze, nabierały wysokości i odchodziły na dużej wysokości.

Powyższy profil lotu umożliwiał odejście samolotom od celu z zastosowaniem manewru wysokością, prędkością i kursem.
Omówione profile lotu samolotów są ilustrowane na rysunkach 8, 9 i 10.

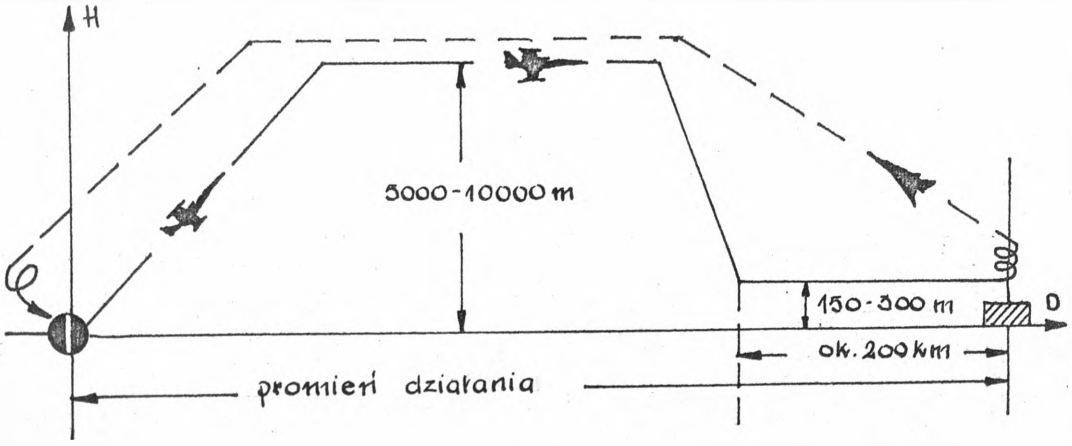
Minimalne pułapy działania SNP, a także minimalne profile ich lotu na małych wysokościach zależą od wielu czynników. Niektóre z tych czynników zostały już wymienione.
Ponadto minimalna wysokość lotu w rejonie bezpośrednich działań zależeć będzie od sposobu atakowania obiektu oraz od stosowanych środków rażenia. W tym wypadku powinna być wykluczona możliwość uszkodzenia /zniszczenia/ samolotu czy samolotów przez własne zastosowane środki rażenia do niszczenia obiektów ataku.



Rys. 8. Profil lotu na małej wysokości /nisko-nisko-nisko/ "Lo-Lo-Lo".



Rys. 9. Zmienny profil lotu /wysoko-nisko-nisko-wysoko/ "Hi-Lo-Lo-Hi".



Rys. 10. Zmienny profil lotu /wysoko-nisko-wysoko/ "Hi-Lo-Hi".

Według poglądów specjalistów amerykańskich, minimalna wysokość lotu współczesnego samolotu jest możliwa :

- nad morzem i terenem równinnym bez poszycia na wysokości równej 20 m ;
- nad terenem równinnym lecz zalesionym oraz terenem pociętym /pagórkowatym/ i górzystym na wysokości w granicach od 50 do 100/200 m.

Natomiast w niektórych materiałach radzieckich podaje się, że minimalne wysokości lotu są możliwe w granicach od 20-50 do 500/600/ m, przy czym uzależnione są one od aktualnych warunków i mogą wynosić :

- w zwykłych warunkach atmosferycznych, nad terenem równinnym i wodą od 50 do 150 m ;
- w trudnych warunkach atmosferycznych i w nocy od 150/300/ do 450 m ;
- w terenie pociętym /pagórkowatym i górzystym/ 300 i więcej metrów nad najwyższym punktem terenowym lub przeszkodą na trasie lotu.

Nieco inny jest też pogląd państw NATO na ten problem. Za optymalne wysokości do pokonania systemu obrony powietrznej przyjmuje się :

- 15-20 m nad morzem ;
- 60 m nad terenem równinnym ;
- 120 m nad terenem pociętym /pagórkowatym/ i zalesionym ;
- 200-400 m nad terenem górzystym .

Dotychczasowe ustalenia i przytoczone poglądy wskazują, że określenie minimalnych wysokości lotu samolotów jednoznaczną wartością jest niemożliwe, ponieważ zależą one

od zbyt dużej ilości czynników.

Uwzględniając uzyskane doświadczenia, szczególnie z działań lotnictwa USA w Wietnamie można stwierdzić, że nasz potencjalny przeciwnik ma możliwość wykonania nalotów na obszar Polski z małych wysokości, w tym także poniżej wysokości 50 m. Z tym, że loty na małych wysokościach /szczególnie z określaniem stałego przewyższenia nad rzeźbą terenu i przeszkodami terenowymi/ wymagają stosowania urządzeń radiolokacyjnych i nawigacyjnych do automatycznej kontroli przebiegu lotu.

Z powyższych rozważań nasuwa się wniosek, że przeciwnik powietrzny w nalotach na obszar Polski może stosować na małych wysokościach zarówno stałe jak i zmienne profile lotu, których minimalne wysokości mogą się mieścić w granicach od 20 do 400 m. Zależeć to będzie od ukształtowania terenu na wybranej trasie lotu.

1.2.2. Prędkości lotu środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na małych wysokościach.

Bardzo istotnym czynnikiem, który ogranicza czas oddziaływania środków obrony powietrznej na przeciwnika, jest prędkość z jaką SNP mogą wykonywać nalot. Duża prędkość lotu samolotów na małych wysokościach ogranicza potencjalne możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania SNP, a szczególnie w zakresie ich śledzenia. Samolot wykonujący lot na małej wysokości z dużą prędkością będzie przebywał w strefie wykrywania jednej RLS nie dłużej jak 2-4 minuty.

Ciągłe śledzenie za lotem takiego celu będzie utrudnione ponieważ dane o jego locie należy czerpać z kilka kolejnych źródeł informacji[x/].

- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -

x/ Pod tym mianem występuje posterunek radiolokacyjny /RLP/.

Tabela 1.

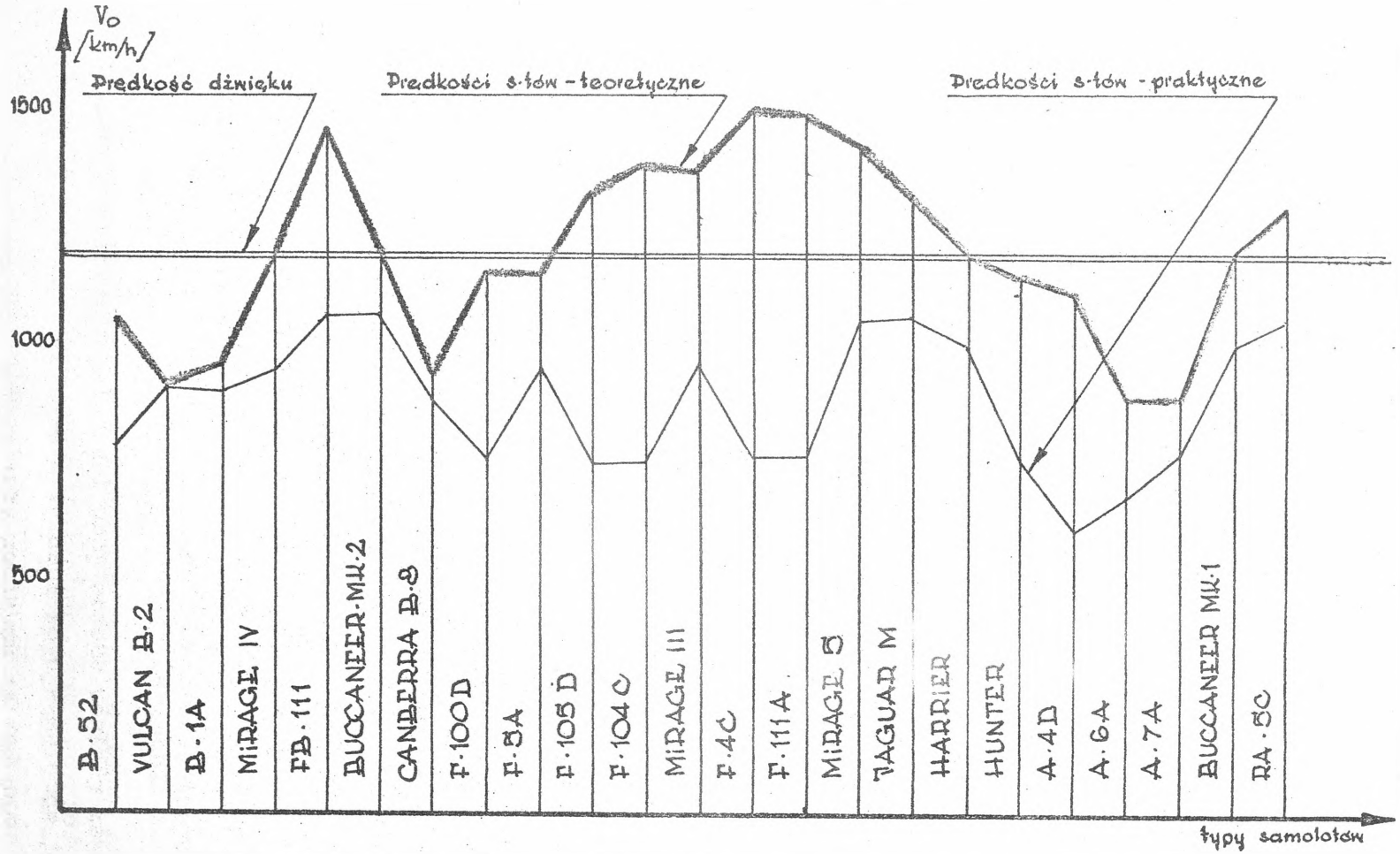
Zestawienie teoretycznych i praktycznych prędkości lotu podstawowych typów SNP nieprzyjaciela na małych wysokościach.

TYP ŚNP NIEPRZYJACIELA	V_{max} NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH WG. DANYCH ZAWARTYCH W PODRĘCZNIKACH I INSTRUKCJACH		V NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH NA PODSTAWIE DANYCH Z DOŚWIADCZEŃ Z WIETNAMU I BLISKIEGO WSCHODU	
	km/h	km/min	km/h	km/min
	LOTNICTWO STRATEGICZNE			
B-52	1000·1050	16·18	720	13
VULCAN B-2	700·900	12·15	—	—
B-1A	0,9 M	—	—	—
MIRAGE IV	1200	20	—	—
FB-111	1300·1450	21·24	—	—
	LOTNICTWO BOMBOWE TAKTYCZNE			
CANBERRA	900	15	—	—
BUCCANEER MK-2	1200	20	—	—
	LOTNICTWO TAKTYCZNE MYŚLIWSKO-BOMBOWE			
F-100D	760·1150	13·19	700·750	12·13
F-104C	1300·1400	22·23	—	—
F-105D	1300·1350	22·23	750·1080	12·18
F-4C	1400·1500	23·25	720·840	12·14
F-5A	960·1150	16·19	około 800	około 13
F-111A	1100·1500	18·25	720·840	12·14
MIRAGE III	1100·1400	18·23	—	—
	LOTNICTWO SZTURMOWE-DOWŁADOWE /MORSKIE/			
A-4D	1000·1100	16·18	600	10
A-6A	900	15	600·720	10·12
A-7A	900	15	około 800	około 13
BUCCANEER MK-1	1200	20	—	—
RA-5C	1300	21	—	—

W warunkach nieskomplikowanych, kiedy jest mało celów w powietrzu i przeciwnik nie stosuje zakłóceń, wykrycie i śledzenie takich celów powietrznych jest możliwe.
Natomiast w warunkach skomplikowanych /nalot zmasowany, zakłócenia itp./ takie cele powietrzne mogą być często gubione przez operatorów RLS, a niekiedy dane o locie wręcz nie odczytywane.

Z dostępnej literatury o środkach napadu powietrznego nieprzyjaciela wynika, że maksymalne prędkości lotu współczesnych samolotów myśliwsko-bombowych i bombowych sięgają rzędu 1500-2500 km/godz. tj. od 25 do 40 km/min.
Niemniej jednak ich maksymalne prędkości na małych wysokościach i prędkości przelotowe podczas wykonywania zadań bojowych są znacznie mniejsze. Orientacyjne dane odnośnie prędkości SNP na małych wysokościach ilustruje tabela 1 oraz rys. 11.
Nawet pobieżna analiza danych zawartych w tabeli 1 i na rys.11 wykazuje, że jedynie niektóre samoloty - szczególnie nowszych typów mogą osiągać i przekraczać na małych wysokościach prędkość dźwięku, rzędu 1,0 - 1,3 Ma.
Na przykład perspektywicznie samoloty typu F-14, F-15, F-16, F-17 mają mieć możliwość kontynuowania długotrwałego lotu na małych wysokościach z prędkościami naddźwiękowymi, tak przynajmniej zakładają specjaliści wojskowi oraz producenci tych samolotów. Do powyższych danych należy podchodzić z pewną rezerwą, ponieważ jak wspomniałem już wyżej są one orientacyjne a przede wszystkim reklamowe.

Uwzględniając dotychczasowe doświadczenia, a szczególnie z działań lotnictwa USA w Wietnamie oraz izraelskiego na Bliskim Wschodzie można stwierdzić, że zadania bojowe samoloty /w tym także F-4 i F-111/ wykonywały nie na maksymalnych prędkościach lecz prawie wyłącznie na prędkościach dodźwiękowych.



Rys. 11. Maksymalne prędkości lotu s-tów uderzeniowych NATO na małych wysokościach /▬▬TEORETYCZNE ▬▬PRAKTYCZNE/.

Ponadto z podwieszonym uzbrojeniem prędkości lotu samolotów nie przekraczały 700-800 km/h.

Według obecnych poglądów specjalistów lotnictwa państw NATO, a szczególnie USA[x/] - zakres prędkości lotów samolotów na małych wysokościach /w czasie wykonywania zadań/ powinien się organiczać do przedziału 0,7-0,9 Ma.

Z powyższych rozważań nasuwa się wniosek, że jako typową prędkość samolotów na małych wysokościach można przyjąć - prędkość dodźwiękową rzędu 800-1100 km/h tj. około 13-16 km/min.

1.2.3. Taktyczne promienie działania środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na małych wysokościach oraz przy zmiennych profilach lotu.

Nie mniej ważnym zagadnieniem, które rzutuje na możliwości npla powietrznego w zakresie jego oddziaływania na terytorium Polski na małych wysokościach, są taktyczne promienie działania podstawowych środków napadu powietrznego.
Powyższy czynnik rzutuje bezpośrednio na możliwości bojowe wojsk radiotechnicznych tak, jak : minimalne wysokości lotu, zakłócenia czy też prędkości. Ponadto wskazuje on orientacyjnie na jaką odległość w głąb kraju, od granic państwowych lub linii styczności wojsk, mogą działać poszczególne typy środków napadu powietrznego. W związku z powyższym można z góry przewidzieć rejony, na które będzie oddziaływać większość SNP nieprzyjaciela i rejony, na które oddziaływać będą tylko niektóre z tych środków. Ponadto czynnik ten, między innymi określa wskaźnik ilościowy, tzn. z jaką ilością realnych celów lub ilością samolotów mogą się spotkać wojska radiotechniczne w przygranicznych /przyfrontowych/ rejonach, a z jaką ilością

---

x/ Zasady bojowego wykorzystania lotnictwa taktycznego Stanów Zjednoczonych.

w głębi terytorium kraju. Ilość jednocześnie działających celów /samolotów/ rzutuje bezpośrednio na możliwości zbioru informacji przez wojska radiotechniczne oraz na sposoby przetwarzania zebranej informacji i jej przekazywania do nadrzędnych szczebli dowodzenia.

Należy się liczyć z tym, że jeżeli przeciwnikowi będzie zależało na dotarciu do wybranego obiektu ataku /uderzenia/, wówczas niewątpliwie znajdzie taki sposób działania, aby mógł dolecieć do obiektu i zaatakować go z wygodnych dla siebie wysokości, w tym również z małych wysokości.

Promienie działania współczesnych samolotów odrzutowych lub zasięgi działania rakiet uskrzydlonych na małych wysokościach są znacznie mniejsze od maksymalnych - osiąganych na wysokościach średnich i dużych /w tym optymalnych/. Praktycznie zależą one od : zabieranej ilości paliwa, udźwigu bomb i ugrupowania bojowego w czasie nalotu oraz od przyjętego profilu lotu. W tabeli 2 i 3 podano maksymalne zasięgi oraz taktyczne promienie działania /w tym również przy zmiennych profilach lotu/ podstawowych typów SNP, uwzględniając wyżej wymienione zależności.

Odcinek lotu samolotu na małej wysokości /przy zmiennym profilu lotu/ może być określony z pomocą następującego wzoru :

$$d = \frac{D_t - D}{2} \qquad /1.1/$$

gdzie :

d - odcinek trasy lotu samolotu na małej wysokości ;

D_t - taktyczny zasięg lotu samolotu, który wynosi :

0,8 Dmax dla bombowców ;

0,7 Dmax dla myśliwców ;

D - odległość od lotniska startu do obiektu uderzenia.

Tabela 2.

Maksymalne zasięgi oraz taktyczne promienie działania podstawowych /pojedynczych/ samolotów taktycznych państw NATO[x/].

TYP SAMOLOTU	MAKSYMALNY ZASIĘG NA OPTYMALNEJ WYSOKOŚCI LOTU W km	MAKSYMALNY ZASIĘG NA MAŁEJ WYSOKOŚCI W km	PROMIEŃ DZIAŁANIA	
			NA MAŁEJ WYSOKOŚCI W km	PRZY ZMIENNYM PROFILU LOTU W km
F-111	5600	4000	800	1700
F-100D	3500	1370	600	1200
F-104G	3500	1800	570	1200
F-105	4000	2400	1000	1300
F-4C	4800	1600	800	—
BUCCANEER	3500	2100	900	1200
A-4A	4000	850	450	—
A-6A	5100	2800	800	1500
A-7A	6600	1150	570	1200

Tabela 3.

Promienie działania klucza samolotów na małej wysokości [xx/].

TYP SAMOLOTU	BEZ ZBIORNIKÓW PODWIESZONYCH		ZE ZBIORNIKAMI PODWIESZONYMI		Z MAKSYMALNĄ ILOŚCIĄ PALIWA	
	PROMIEŃ DZIAŁANIA W km	ŁADUNEK BOJOWY W kg	PROMIEŃ DZIAŁANIA W km	ŁADUNEK BOJOWY W kg	PROMIEŃ DZIAŁANIA W km	ŁADUNEK BOJOWY W kg
F-104 G	370	2200	520	1200	610	900
F-4C	330	6800	500	4600	600	2600
A-4A	260	1800	580	1100	780	—
A-7A	560	3700	800	2900	1000	2300

---

x/ według : 1. "Metodyczeskoje posobie po oboczuniu radiotechniczeskich wojsk PWO strany bojewoj rabotie po niskoletjaszczym i wysotnym celam".

xx/ 2. "Lotnictwo taktyczne NATO", wyd. MON - Sztab Gen. Zarząd II - 1971 rok.

Jeżeli do rozważań przyjmiemy promień taktyczny działania samolotu, wtedy wzór przyjmie postać :

$$d = R_t - D \qquad /1.2/$$

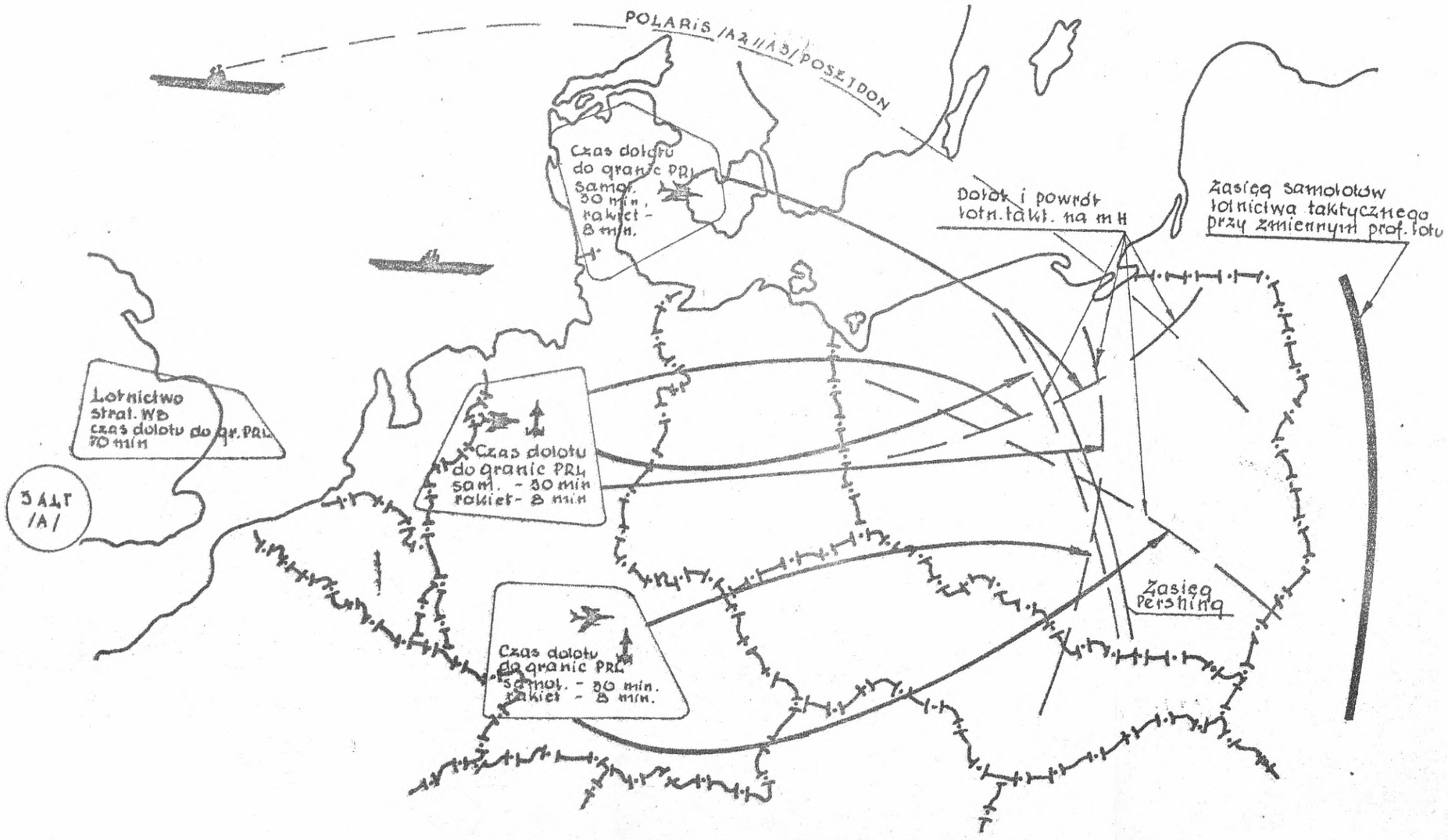
gdzie :

R_t - promień taktyczny działania samolotu, on wynosi: $0,5\ D_t$ lub $0,4 - 0,35\ D_{max}$.

Z pobieżnego porównania i przeglądu taktycznych promieni działania samolotów /tabele 2 i 3/ wynika, że możliwości lotnictwa państw NATO na małych wysokościach w zakresie oddziaływania na terytorium Polski są znaczne.

Lotnictwo strategiczne /niezależnie od profilu lotu/ na małych wysokościach swym zasięgiem obejmuje całe terytorium Polski, natomiast większość typów samolotów uderzeniowych lotnictwa taktycznego i pokładowego może działać na małych wysokościach na znaczną głębokość terytorium kraju. Np.: samoloty F-111, F-105, F-104-F-4c i F-100 D z lotnisk w RFN stosując lot na małej wysokości mogą działać do rubieży Bydgoszcz, Kalisz ; samoloty lotnictwa pokładowego A-4, A-5A, A-6A i A-7 z basenu Morza Północnego i Norweskiego mogą działać na małych wysokościach na obiekty w północno-zachodniej części Polski i wzdłuż wybrzeża morskiego do rubieży GORZÓW Wlkp - BYDGOSZCZ. Powyższy problem ilustruje rys. 12.
Jeżeli wymienione wyżej samoloty podczas działań zastosują zmienny profil lotu, to ich przeważająca większość będzie mogła działać nad całym terytorium Polski.

Z powyższych rozważań wynika, że nie należy w warunkach Polski przyjmować zbyt sztywnych ograniczeń dotyczących działalności środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na małych wysokościach.



Rys. 12. Zasięgi oddziaływania SNP państw NATO na obszar Polski z małych wysokości.

1.2.4. Wyposażenie środków napadu powietrznego w aparaturę radioelektronicznego rozpoznania i przeciwdziałania oraz możliwości tej aparatury.

W warunkach współczesnej wojny jednym z decydujących czynników, określających powodzenie działań bojowych wojsk, jest rozpoznanie i przeciwdziałanie radioelektroniczne. W celu rozwiązywania zadań w tym zakresie, nieprzyjaciel wyposaża swoje samoloty bojowe w różnorodną aparaturę przeznaczoną do prowadzenia rozpoznania radiolokacyjnego, radionawigacji, kierowania uzbrojeniem i zakłócenia.

W pierwszej kolejności należy scharakteryzować po krótce środki rozpoznania radioelektronicznego montowane na pokładach samolotów lub podwieszane do nich w specjalnych zasobnikach oraz wskazać na ich możliwości. Do powyższych środków zalicza się odbiorniki i stacje rozpoznawcze, namierniki i przystawki do namierzania oraz aparaturę analizy i rejestracji. W uzbrojeniu lotnictwa sił powietrznych i marynarki wojennej Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii i innych państw NATO oraz Francji znajduje się obecnie ponad 30 wzorów odbiorników pozwalających prowadzić rozpoznanie w zakresie częstotliwości od 0,09 do 40000 MH_z. Aparatura rozpoznawcza montowana na pokładach samolotów umożliwia określić :

- dyslokację środków radiolokacyjnych OPK ;
- konfigurację pola radiolokacyjnego ;
- taktyczno-techniczne charakterystyki różnych urządzeń radiowych i radiolokacyjnych.

Ponadto aparatura pozwala uprzedzić załogi samolotów o ich opromieniowaniu przez naziemne i samolotowe stacje radiolokacyjne oraz o wystrzeleniu z ziemi w stronę samolotu przeciwlotniczych pocisków kierowanych, a także naprowadzić nadajniki zakłóceń na pracujące środki radioelektroniczne przeciwnika.

W celu pokrycia określonego zakresu częstotliwości montuje się kilka lub kilkanaście odbiorników, które połączone z urządzeniami wskaźnikowymi i rejestrującymi tworzą stację rozpoznawczą o określonym przeznaczeniu. W stacji szczegółowego rozpoznania typu AN/APR-25/26 wykorzystuje się cztery rodzaje wskaźników : elektroniczne, świetlne, dźwiękowe i zegarowe. Na przykład, przy wykorzystaniu wskaźnika elektronowego pilot może określić kierunek na pracującą naziemną stację radiolokacyjną z dokładnością około 1° oraz w przybliżeniu określić odległość według wielkości mocy odebranego sygnału od naziemnej RLS.
Stacja typu AN/APR-25/26 montowana jest na pokładach większości samolotów bojowych, między innymi na B-52, F-104, F-100, F-4, A-6A i F-14. Z zasady aparatura rozpoznawcza montowana na samolotach bojowych spełnia rolę przede wszystkim ostrzegawczą i zabezpieczającą wykonanie zadania przez załogi samolotów.

W celu otrzymania dokładniejszych danych o środkach radioelektronicznych wykorzystywanych w obronie powietrznej państw Układu Warszawskiego, państwa NATO w oparciu o samoloty seryjne produkują i wykorzystują specjalne samoloty rozpoznania i przeciwdziałania radioelektronicznego. Do takich samolotów można zaliczy- : RF-4c, OV-1B, RA-5C, RB-57, SR-71, EB-66c, ATLANTIC, CANBERRA, EC-121 i RC-135. Niektóre z wymienionych samolotów nazwano latającymi labolatoriami, z uwagi na ilość i jakość posiadanej na pokładzie aparatury rozpoznawczej. Wyposażenie poszczególnych samolotów w aparaturę rozpoznawczą ilustruje załącznik Nr 4.

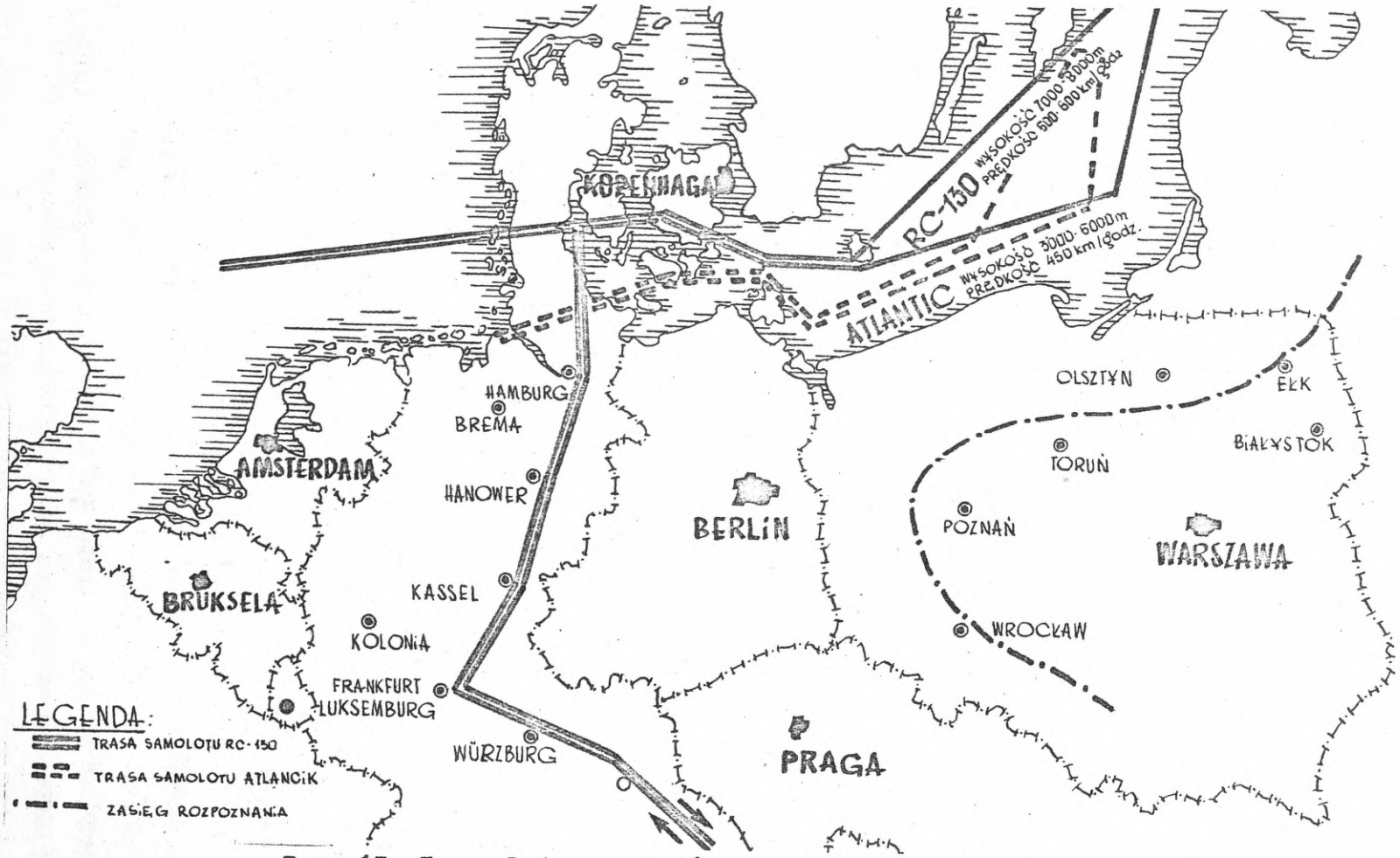
Jakie znaczenie przywiązują nasi potencjalni przeciwnicy do rozpoznania radioelektronicznego może posłużyć fakt, że od szeregu lat ich lotnictwo - szczególnie lotnictwo USA i RFN prowadzi systematyczne loty rozpoznawcze wzdłuż granic CSRR,NRD a także w rejonie wód przybrzeżnych NRD.PRL i ZSRR.

Powyższe loty prowadzone są w celu rozpoznania miejsc dyslokacji posterunków radiolokacyjnych, konfiguracji pola radiolokacyjnego i środków łączności radiowej oraz ustalenia częstotliwości pracy tych środków. Zasięg powyższego rozpoznania ilustruje rys. 13.

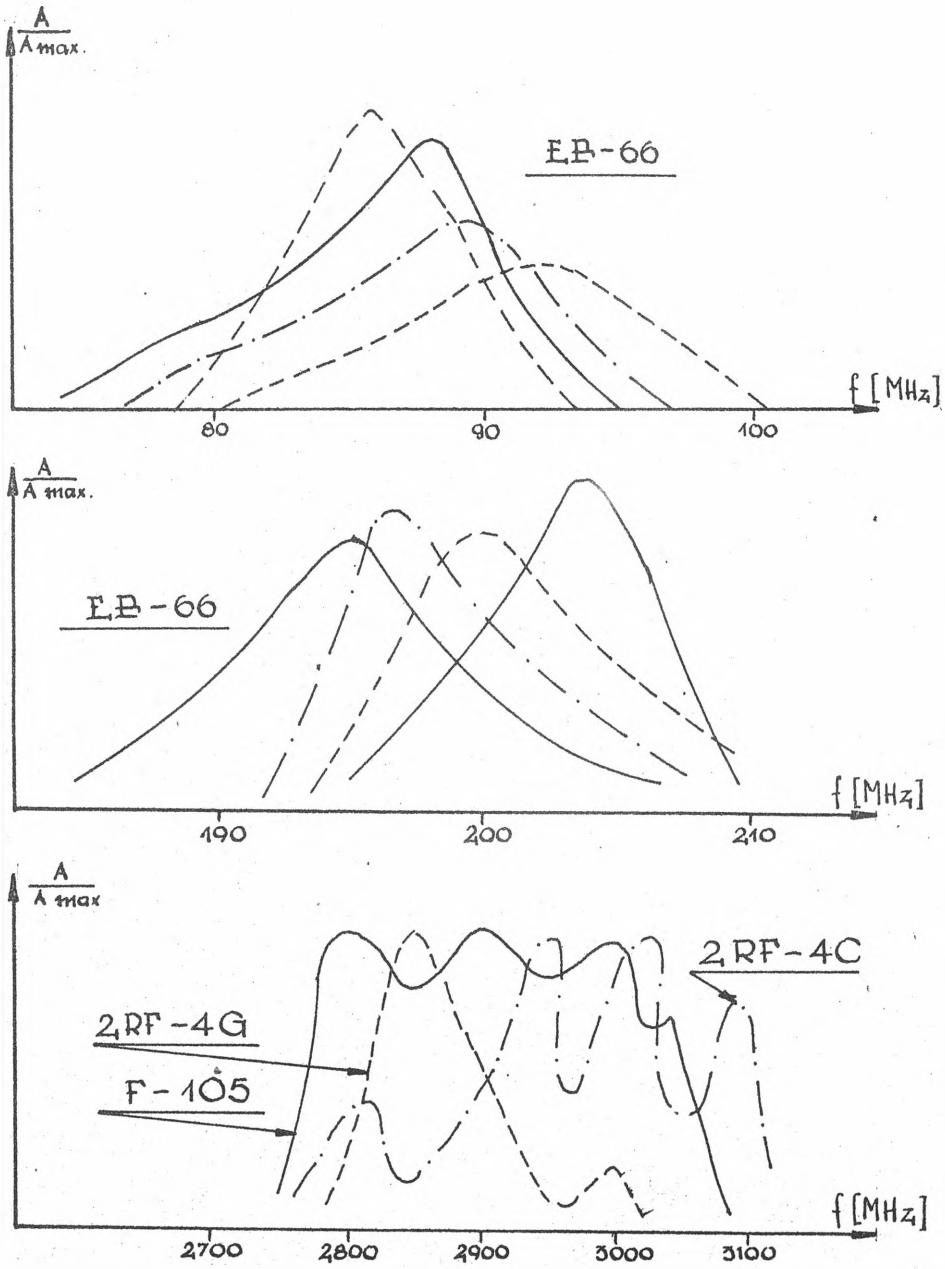
Obok rozpoznania radioelektronicznego państwa NATO, a szczególnie Stany Zjednoczone, dużą uwagę przywiązują do przeciwdziałania radioelektronicznego, które swym zakresem działalności obejmuje : wytwarzanie zakłóceń radioelektronicznych, dezinformację oraz ogniowe niszczenie środków radioelektronicznych.

Wytwarzane celowo zakłócenia dzielimy na dwie zasadnicze grupy, a mianowicie : na zakłócenia aktywne i zakłócenia pasywne. Taki podział uwarunkowany jest z jednej strony sposobem /technika/ ich wytwarzania, a z drugiej strony oddziaływaniem. Aktywne zakłócenia /wytwarzane przez specjalne nadajniki zakłóceń/ oddziaływują na wszystkie rodzaje środków odbioru radioelektronicznego, natomiast zakłócenia pasywne oddziaływują tylko na środki radiolokacyjne, które pracują na zasadzie odbioru sygnałów odbitych od celu.

Środki zakłóceń aktywnych montowane są zarówno na samolotach bojowych jak również na samolotach specjalnego przeznaczenia. Na samolotach bojowych nadajniki zakłóceń mogą być montowane bezpośrednio na pokładach samolotów lub podwieszone do nich w specjalnych zasobnikach. Użycie nadajników zakłóceń w zasobnikach umożliwia dość szybkie ukompletowanie poszczególnych samolotów w te urządzenia. Liczba i typy nadajników zakłóceń aktywnych, montowanych w zasobnikach lub na pokładach samolotów, określane są na podstawie uprzedniego rozpoznania środków radiotechnicznych OPK - rozmieszczonych w pasie planowanego przelotu samolotów oraz w rejonach obiektów uderzeń.



Rys. 13. Trasy lotu samolotów rozpoznawczych oraz zasięgi prowadzonego przez te samoloty rozpoznania.



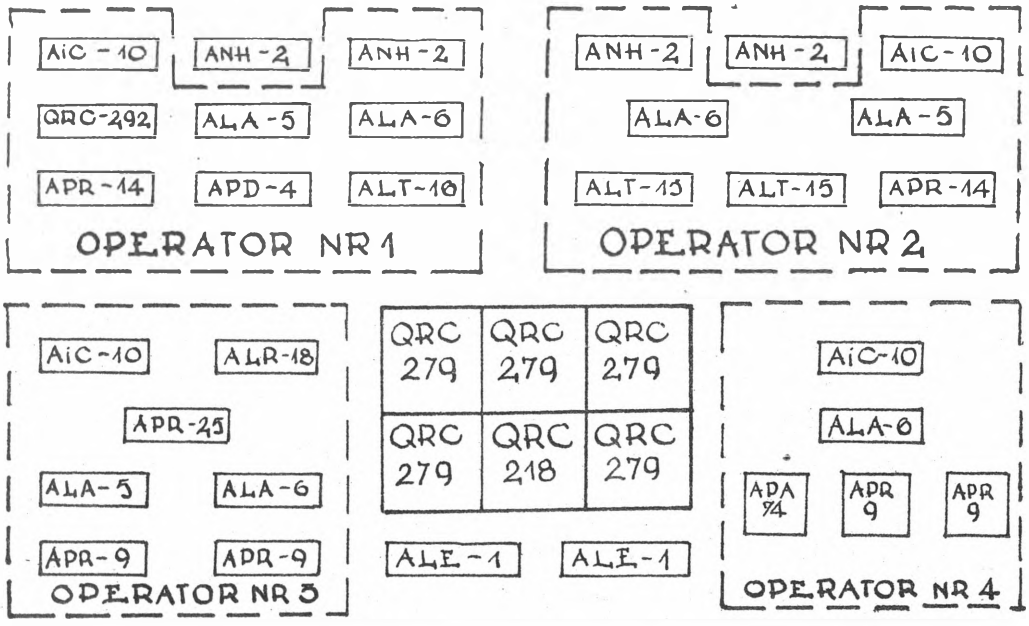
Rys. 14. Krzywe charakteryzujące widmo zakłóceń w różnych zakresach częstotliwości x/.

---

x/ Każda krzywa odpowiada innemu okresowi czasu, charakterystyki odnośnie intensywności zakłóceń /A/ uzyskano eksperymentalnie w czasie nalotu na Hanoi w lipcu - 1967 r.

Np.: na samolotach strategicznych typu B-52 może być zamontowanych do 13-15 nadajników zakłóceń, pokrywających niemal cały zakres częstotliwości pracy naszych środków radiolokacyjnych. Natomiast samoloty lotnictwa taktycznego i pokładowego mogą zabierać od 3 do 5 nadajników, a samolot F-111 nawet do 8 nadajników zakłóceń - głównie zakresu centymetrowego. Widma zakłóceń w różnych zakresach częstotliwości ilustruje rys. 14.

Specjalne samoloty przystosowane do stawiania zakłóceń radioelektronicznych mogą posiadać na swym wyposażeniu od 10 do 25 nadajników zakłóceń zakresu centymetrowego, decymetrowego i metrowego - patrz rys. 15.



Rys. 15. Skład aparatury rozpoznania i przeciwdziałania radioelektronicznego wchodzącej w wyposażenie samolotu specjalnego /wariant/.

Do najbardziej rozpowszechnionych nadajników można zaliczyć : AN/ALT-13, 15, 16 i 22, AN/ALQ-41, 51, 71, 72 i 87 oraz AN/QRC 160/279.

Powyższe nadajniki zabezpieczają stawianie zakłóceń w zakresie częstotliwości od 50 do 11000 MH_z.

Najwięcej jednak nadajników zakłóceń pracuje na częstotliwościach 50-950 MH_z, 2500-3500 MH_z oraz 8000 - 11000 MH_z. Porównując zakres częstotliwości nadajników zakłóceń z zakresami częstotliwości stacji radiolokacyjnych pracujących w systemie OPK można stwierdzić, że są to zakresy częstotliwości nawzajem pokrywające się.

Możliwości nadajników zakłóceń, pod względem skuteczności ich oddziaływania na nasze środki radioelektroniczne można scharakteryzować na podstawie gęstości mocy zakłócenia, którą określa się z wykorzystaniem następującego wzoru :

$$P = \frac{P_z \cdot G_z}{f_z} \quad [wat/MH_z] \qquad /1.3/$$

gdzie :

P - gęstość mocy zakłócenia wyrażana w watach na MHz;

P_z - średnia moc generatora stacji zakłóceń ;

G_z - współczynnik - zysk antenowy nadajnika zakłóceń ;

f_z - szerokość pasma zakłóceń wielkiej częstotliwości.

Moc pokładowych nadajników zakłóceń mieści się w granicach 100-500 wat, szerokość widma w rodzaju kierunkowego zakłócania nie mniej niż 10-15 MHz, a zakłócenia zaporowego 200-400 MHz.

Gęstość mocy zakłóceń wytwarzana przez pokładowe nadajniki zależy od ich przeznaczenia, typu zakłócenia i wycinka zakresu częstotliwości.

Np.: w zakresie centymetrowych fal gęstość mocy dla zakłóceń wąskopasmowych może być zwiększona od 2 do 4 razy, ze względu na możliwość wykorzystania anten o dużej kierunkowości.

Pokładowe nadajniki zakłóceń mogą stosować zakłócenia maskujące i imitujące. Maskującym zakłóceniem nazywamy takie, które tłumi /maskuje/ właściwy sygnał użyteczny i uniemożliwia jego obserwację na ekranach stacji radiolokacyjnych. Natomiast imitującym zakłóceniem nazywamy takie, które zawiera fałszywą informację o miejscu znajdowania się celu powietrznego, jego prędkości, składu i kierunku lotu.

Najbardziej rozpowszechnionymi źródłami zakłóceń pasywnych są przeciwradiolokacyjne odbijacze dipolowe, z linii długich oraz kątowe i soczewkowe. Do grupy pasywnych zakłóceń zalicza się również odbicia od zwartych mas meteorologicznych i przedmiotów miejscowych, a także zakłócenia wywoływane przez zjonizowane warstwy powietrza powstałe w wyniku wybuchów jądrowych.

Odbijacze dipolowe wykonuje się z metalizowanego włókna szklanego lub metalizowanych mas plastycznych, cechuje je wąskopasmowość odbijanych częstotliwości. Odbijacze z linii długich wykonywane są z foli aluminiowej. Jedne i drugie są paczkowane z odcinków o różnej długości. Zakłócenia tego typu są skuteczne w zakresach metrowych i decymetrowych. Natomiast odbijacze kątowe stosuje się jako fałszywe cele radiolokacyjne i pułapki - z reguły w zakresie centymetrowym. Odbijacze soczewkowe charakteryzują się znacznie szerszą charakterystyką promieniowania zwrotnego niż odbijacze kątowe. Jedne i drugie mogą być zrzucone na spadochronach lub podwieszane na balonach.

Podstawowym jednak środkiem maskowania samolotów i ich ugrupowań z zakresu zakłóceń pasywnych, są standartowe paczki odbijaczy wyrzucane za pomocą automatów zrzutu lub specjalnych urządzeń do ich wystrzeliwania w przednią lub tylną półsferę samolotu.

Na wyposażeniu SNP państw zachodnich, a szczególnie USA znajdują się automaty zrzucania odbijaczy, takie jak : AN/ALE-1, AN/ALE-2, AN/ALE-24, 27, 28 i 32. Np.: bombowiec strategiczny B-52 może mieć na pokładzie około 1200 paczek odbijaczy dipolowych, które za pomocą urządzeń typu AN/ALE-24, 27 mogą być rozrzucone w tylną półsferę, z prędkością od 4 do 240 paczek na minutę. Zbudowano również do tego celu rakietę, która wyrzuca 10-13 paczek co każde 45 m lotu przy prędkości 800 km/h.

Powierzchnia skuteczna jednej paczki wynosi od 25 do 75 m^2 - po całkowitym rozsianiu odbijaczy /po 30-60 sek. od momentu zrzutu/.

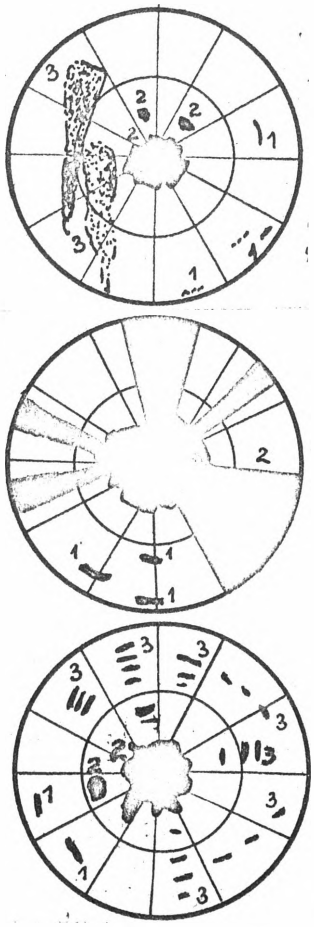
Obecnie w większości wypadków stosuje się paczki odbijaczy z metalizowanego włókna szklanego typu RR-70 i RR-72. Odbijacze RR-70 stosuje się skutecznie w zakresie częstotliwości 20-3400 MH_z, a odbijacze RR-72 w zakresie 2600-11000MH_z.

Ponadto w uzbrojeniu lotnictwa strategicznego USA znajdują się środki wytwarzające tzw. "fałszywe cele kombinowane". Rakieta "Quail" /ADM-20B/ imituje za pomocą aktywnego retranslatora ciężki bombowiec i może zrzucić kilkadziesiąt paczek zakłóceń pasywnych. Rakieta wystrzeliwana jest z samolotu.

Rozpatrywane rodzaje zakłóceń obserwowane na wskaźnikach stacji radiolokacyjnych ilustruje rys. 16.

Na równi ze stosowaniem zakłóceń i wprowadzaniem dezinformacji za jeden z najbardziej efektywnych sposobów zwalczania systemu radiolokacyjnego OPK, przyjmuje się niszczenie RLS za pomocą rakiet.

W uzbrojeniu samolotów lotnictwa taktycznego i pokładowego państw zachodnich są pociski samonaprowadzające się na źródło promieniowania elektromagnetycznego typu "SHRIKE", "STANDART ARM" i "MARTEL" o zasięgu 50-100 km, z prawdopodobnym błędem trafienia około 3-9 m.



1 - znaki celów realnych

2 - odbicia od przedmiotów miejscowych

3 - pasywne zakłócenia maskujące

1 - znaki celów realnych

2 - zakłócenia aktywne - szumowe maskujące

1 - znaki celów realnych

2 - odbicia od przedmiotów miejscowych

3 - zakłócenia skierowane impulsowe imitujące fałszywe cele

Rys. 16. Zobrazowanie rodzajów zakłóceń na ekranach wskaźników stacji radiolokacyjnych.

Ponadto przeciwnik powietrzny może niszczyć środki radiolokacyjne przy użyciu bomb oraz strzeleckiej broni pokładowej.

Charakterystykę stosowanych urządzeń rozpoznawczych, nawigacyjnych i zakłóceń oraz wyposażenie samolotów tego typu urządzenia zawierają załączniki 3, 4, 5, 6 i 7.

Analizując możliwości środków napadu powietrznego nieprzyjaciela należy szczególną uwagę zwracać na ich możliwe wyposażenie w aparaturę rozpoznania,nawigacji i zakłóceń.Ponieważ taka analiza może dać właściwy pogląd na taktykę działania przeciwnika w czasie pokonywania naszej obrony powietrznej i wykonania uderzeń na wybrane obiekty, w tym szczególnie na małych wysokościach.

Nawet pobieżna analiza danych zawartych w załącznikach 3, 4, 5, 6 i 7 wskazuje, że obecnie w wyposażeniu lotnictwa państw zachodnich jest bardzo dużo różnorodnych środków radioelektronicznych o różnym przeznaczeniu.
Jednak już teraz obserwuje się systematyczne zmniejszanie się liczby tych środków w różnych systemach. Nowe generacje tych urządzeń dzięki ich doskonaleniu, postępującej automatyzacji i miniaturyzacji, pozwalają na wprowadzenie w wyposażenie samolotów wielozadaniowych aparatur - zastępujących dotychczasowe liczne i wąsko wyspecjalizowane środki. Do takich urządzeń można zaliczyć stację rozpoznania AN/ALQ-99 współpracującą z EMC AN/ASQ-133 i stacją zakłóceń AN/ALQ-92. Powyższa aparatura montowana jest na pokładzie samolotów EA-6A i EA-6B. Powyższy samolot w przyszłości ma być podstawowym samolotem rozpoznania i przeciwdziałania radioelektronicznego lotnictwa taktycznego i morskiego Stanów Zjednoczonych.

Z powyższych rozważań można wysunąć następujące wnioski :

- urządzenia rozpoznania radioelektronicznego montowane na samolotach /podwieszane do samolotów/ umożliwiają przeciwnikowi powietrznemu określać miejsca dyslokacji posterunków radiolokacyjnych oraz konfigurację pola radiolokacyjnego, co z kolei stanowi podstawę do planowania nalotu na małych wysokościach, a szczególnie wyboru profilów lotu samolotów ;
- możliwe wyposażenie samolotów przeciwnika w środki radioelektronicznego przeciwdziałania wskazuje, że możemy mieć do czynienia z silnym i zorganizowanym przeciwdziałaniem radioelektronicznym ze strony przeciwnika powietrznego w każdym nalocie, w dowolnym zakresie częstotliwości oraz różnego rodzaju zakłóceniami ;

- obecnie stosowana przez przeciwnika powietrznego aparatura radioelektroniczna, pozwala mu kompletować uniwersalne, wielozadaniowe zestawy do wykonywania zadań w zakresie rozpoznania, nawigacji i zakłócenia, w tym także i na małych wysokościach ;
- przeciwnik powietrzny na równi ze stosowaniem zakłóceń będzie niszczył środki radiolokacyjne przy użyciu rakiet, bomb i strzeleckiej broni pokładowej ;
- sytuację zakłóceniową w rejonach działań przeciwnika powietrznego można ocenić tylko na podstawie dokładnej znajomości charakterystyk aparatury rozpoznania i przeciwdziałania montowanej na pokładach samolotów specjalnych i uderzeniowych ;
- zakłócenia radioelektroniczne w poważnym stopniu będą obniżać możliwości wojsk radiotechnicznych na małych wysokościach.

1.3. WŁAŚCIWOŚCI TAKTYKI DZIAŁANIA ŚRODKÓW NAPADU POWIETRZNEGO NIEPRZYJACIELA NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH.

W warunkach ciągłego rozwoju środków napadu powietrznego i środków obrony powietrznej, trudno jest mówić o przyjęciu konkretnej recepty w zakresie taktyki działań ŚNP nieprzyjaciela podczas pokonywania naszej obrony powietrznej.
Można jedynie wyłonić tylko pewne charakterystyczne momenty, które będą sprzyjać przeciwnikowi powietrznemu w jego działaniach.

Nieprzyjaciel nie będzie działał stale według utartych wariantów i sposobów, są jednak zawsze ogólne wskazania dotyczące najbardziej celowego użycia jego sił i środków, a mianowicie :

- stosowanie zmasowanych uderzeń ;
- stosowanie intensywnych zakłóceń radiolokacyjnych ;
- imitowanie fałszywych celów, grup celów ;
- oddziaływanie ogniowe na środki obrony powietrznej, a w tym i na system radiolokacyjny /posterunki radiolokacyjne/ ;
- szerokie zastosowanie manewru : przeciwrakietowego, przeciwmyśliwskiego, przeciwartyleryjskiego i przeciwradiolokacyjnego ;
- szerokie wykorzystanie ekranujących właściwości rzeźby terenu.

Pokonanie naszego systemu OPK może być przeprowadzone na jednym lub kilku wybranych wąskich odcinkach frontu, przy stosowaniu małych wysokości i szerokim wykorzystaniu zakłóceń radiolokacyjnych. Według poglądów państw zachodnich prawdopodobne wykorzystanie lotnictwa taktycznego i pokładowego

w działaniach bojowych może być następujące x/ :

- na wysokości 40-150 m może działać jednocześnie do 25% sił ;
- na wysokościach 150-300 m, do 30% sił ;
- na wysokościach 300-600 m, do 35% sił ;
- na wysokościach większych niż 600 m do 10% sił.

Należy w tym miejscu podkreślić, że loty samolotów na małych i bardzo małych wysokościach są obecnie tym czynnikiem, który ułatwia w dużym stopniu ŚNP nieprzyjaciela skryte podejście do rejonów obrony powietrznej oraz uzyskania zaskoczenia taktycznego pod względem czasu, siły, miejsca i kierunku głównego uderzenia.

Nie sposób więc opisać, a tym bardziej przeanalizować w niniejszej pracy wszystkich elementów taktyki działania ŚNP nieprzyjaciela na małych wysokościach. W związku z tym chciałbym w dalszych rozważaniach poruszyć niektóre, lecz z mego punktu widzenia istotne czynniki, które mogą wywierać wpływ na wykorzystanie i pracę środków radiolokacyjnych, a mianowicie :

- ugrupowanie samolotów ;
- manewr przeciwradiolokacyjny ;
- stosowanie zakłóceń radiolokacyjnych i emitowanie fałszywych celów ;
- sposoby wykonywania ataków z małych wysokości i oddziaływanie ogniowe na środki radiolokacyjne.

---

x/ Taktyka wojsk radiotechnicznych obrony powietrznej kraju. Wyd. DW OPK 525/72 - str. 15.

1.3.1. Ugrupowanie samolotów podczas działań na małych wysokościach.

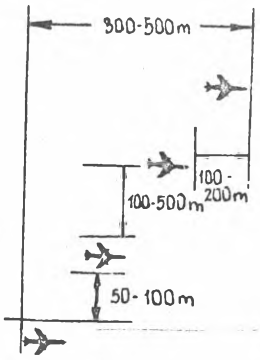
Według poglądów państw zachodnich, a szczególnie Stanów Zjednoczonych, potwierdzonych w różnego rodzaju ćwiczeniach oraz w wojnie w Wietnamie i na Bliskim Wschodzie wynika, że ugrupowanie samolotów podczas działań na małych wysokościach może być różnorodne. Zazwyczaj ugrupowanie lotnictwa taktycznego i pokładowego składa się z pojedynczych samolotów i małych grup w składzie od 2-4 do 8-12 samolotów, a w niektórych wypadkach i większych grup. Jednak obiektywnie należy stwierdzić, że na małych wysokościach lotnictwo nie ma dużej swobody w wyborze ugrupowania, jak to ma miejsce na wysokościach średnich i dużych.

Poszczególne grupy /szczególnie lotnictwa taktycznego i pokładowego/ na trasie lotu do obiektów uderzeń mogą stosować następujące ugrupowania bojowe :

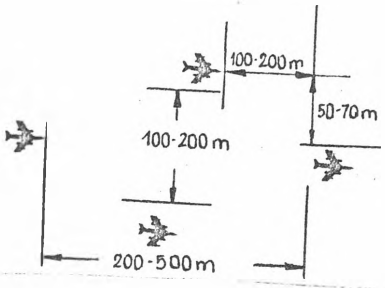
- schody w prawo lub w lewo - w parze samolotów ;
- klin, romb, front, kolumnę pojedynczych lub par samolotów, schody w prawo lub w lewo - w kluczu samolotów.

Większe grupy samolotów wykonują loty zazwyczaj kluczami, które tworzą kolumnę, klin lub schody. Ugrupowanie klucza samolotów w różnych wariantach ilustruje rys. 17.

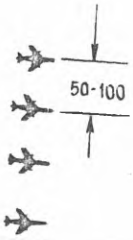
Ugrupowania samolotów mogą być też bardziej zwarte. Odstępy między samolotami w parze i w kluczu mogą wynosić od 15 do 50 m, natomiast odległości między parami w kluczu 100-500 m, między kluczami 500-1000 m i więcej. W ugrupowaniach luźnych odstępy między samolotami mogą wynosić 100-200 m, natomiast odległości 300-500 lub 500-1000 m /patrz tabela 4/.



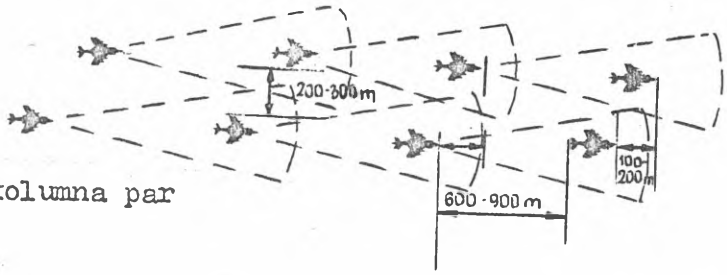
a/ schody



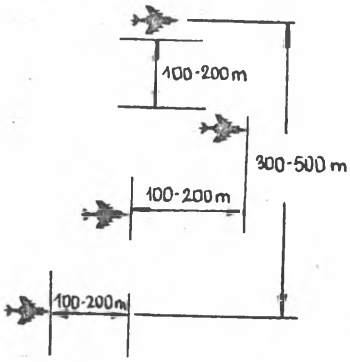
b/ romb



c/ front



d/ kolumna par



e/ klin

f/ kolumna pojedynczych samolotów

Rys. 17. Przykładowe ugrupowanie klucza samolotów w różnych wariantach.

Tabela 4.

Zasadnicze parametry ugrupowania bojowego grupy /eskadry/ dla niektórych typów SNP nieprzyjaciela x/.

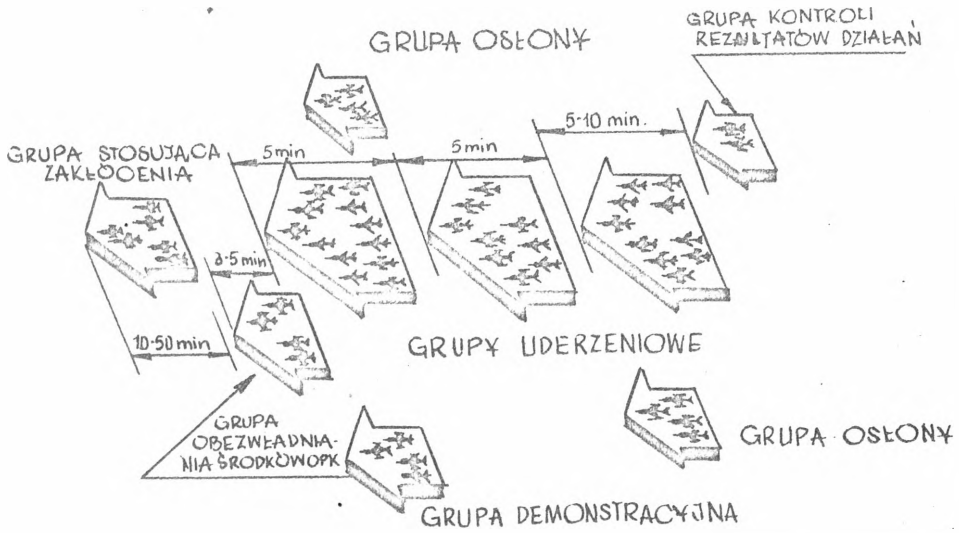
TYP SAMOLOTU	ODSTĘPY MIĘDZY SAMOLOTAMI W GRUPIE W/m/	ODLEGŁOŚCI MIĘDZY SAMOLOTAMI W GRUPIE W/m/	RÓŻNICA WYSOKOŚCI MIĘDZY SAMOLOTAMI W GRUPIE W/m/	ODLEGŁOŚCI MIĘDZY OSAMI PRZELOTU SAMOLOTÓW W GRUPIE W/km/	ODSTĘPY CZASOWE MIĘDZY GRUPAMI SAMOLOTAMI W/min/	RÓŻNICA WYSOKOŚCI MIĘDZY GRUPAMI SAMOLOTÓW W/m/	ODSTĘPY CZASOWE MIĘDZY ESKADRAMI W/min/
VULCAN B-52	200 - 1000	200 - 1000	100 - 200	5 - 10	0,5 - 1	150 - 200	5 - 10
B-58	200 - 1000	200 - 1000	100 - 200	5 - 10	1 - 2	150 - 200	5 - 10
A-3D, A-4D A-6, A-7	15 - 200	100 - 200	30 - 50	5 - 10	0,5 - 1	50 - 100	2 - 3
F-104, F-5 F-105, F-4C	50 - 100	100 - 1000	30 - 50	3 - 5	0,5 - 1	100 - 150	2 - 3

Dowświadczenia wojenne z Wietnamu i Bliskiego Wschodu wskazują, że w składzie ugrupowania bojowego lotnictwa taktycznego i pokładowego w czasie nalotów działało niejednokrotnie około 50 samolotów różnych typów i różnego przeznaczenia.

---

x/ Wg danych zawartych w podręczniku "Taktyka WRT OPK", wyd. DW OPK - 525/72 str. 14 oraz w materiałach zawartych w podręcznikach o rozwoju działań w Wietnamie i Bliskim Wschodzie.

Z tego w skład grupy uderzeniowej wchodziło od 16 do 20 samolotów, natomiast pozostałe samoloty wchodziły w skład grup osłony, pozoracyjnych, demonstracyjnych, obezwładnienia środków OPL i grup stosujących zakłócenia.
Przykładowe ugrupowanie lotnictwa taktycznego i pokładowego ilustruje rys. 18.



Rys. 18. Ugrupowanie lotnictwa taktycznego /pokładowego/ USA - wariant.

Lotnictwo w takim ugrupowaniu bojowym lot po trasie wykonywało zazwyczaj na wysokości 4000-6000 m. Przy podejściu do stref wykrywania pola radiolokacyjnego grupy uderzeniowe zmieniały ugrupowanie forsując kolumnę par lub kluczy i zniżały lot do wysokości 150-300 m.
Pozostałe grupy wykonywały dalszy lot według dotychczasowego kursu i wysokości.

Z przytoczonych danych wynika, że na małych wysokościach najczęściej może mieć miejsce ugrupowanie samolotów w kolumnę zarówno pojedynczych samolotów, par lub kluczy.

W trudnych warunkach atmosferycznych i w nocy bardziej prawdopodobnym ugrupowaniem może być kolumna pojedynczych samolotów i par samolotów z wykorzystaniem pokładowych stacji radiolokacyjnych dla zabezpieczenia bezpieczeństwa lotu /warianty d i f rys. 17/.

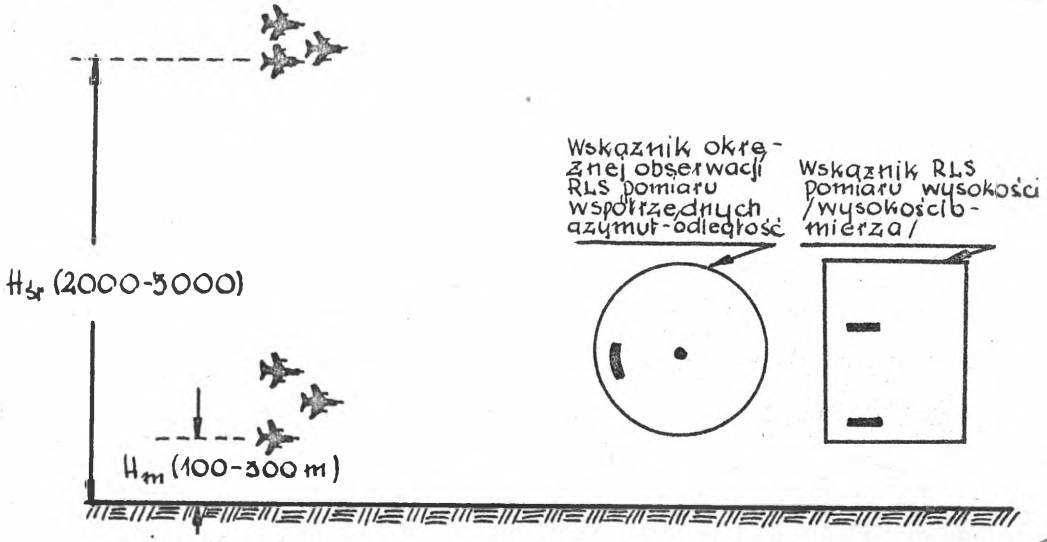
Dla wojsk radiotechnicznych stopień rozśrodkowania grupy podczas działań nawet niezbyt dużej liczby samolotów ma zasadnicze znaczenie, ponieważ czynnik ten wpływa bezpośrednio na możliwości wykrywania obiektów powietrznych, zbioru informacji o ich locie, przetwarzania tej informacji oraz przekazywania. Za ugrupowanie zwarte dla WRT uważa się takie ugrupowanie, gdzie odstępy między samolotami mieszczą się w granicach rozróżnialności RLS w azymucie, natomiast odległości między samolotami, parami i kluczami mieszczą się w granicach rozróżnialności RLS w odległości. Wtedy mamy do czynienia z sumaryczną wartością skutecznych powierzchni odbicia i taki obiekt grupowy wykrywany jest na większych odległościach aniżeli pojedynczy samolot. Za ugrupowanie luźne - rozśrodkowane w tym wypadku uważa się takie ugrupowanie, gdzie odstępy między samolotami i odległości są większe aniżeli możliwa rozróżnialność RLS. Inaczej mówiąc, gdzie poszczególne grupy samolotów lub pojedyncze samoloty są oddzielnie widoczne na urządzeniach wskaźnikowych stacji radiolokacyjnych.
Praktycznie ma to miejsce jeżeli rozpiętość ugrupowania w azymucie jest większa niż :

1° dla stacji radiolokacyjnych zakresu centymetrowego ;
4° - 8° dla stacji radiolokacyjnych zakresu decymetrowego ;
8° - 11° dla stacji radiolokacyjnych zakresu metrowego.

Ugrupowania luźne rozśrodkowane są dla wojsk radiotechnicznych niekorzystne, ponieważ wtedy mamy do czynienia z dużą ilością jednocześnie działających obiektów /celów/ powietrznych.

Z uwagi na ograniczone możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie zbioru informacji o sytuacji powietrznej mogą zaistnieć wypadki, że o niektórych obiektach /celach/ powietrznych nie będzie wydawana informacja.

Oprócz już wymienionych ugrupowań, przeciwnik powietrzny może zastosować ich kombinacje lub zupełnie nowy chwyt taktyczny. Za przykład niech posłuży ugrupowanie kombinowane typu "Etażerka"[x/], które lotnictwo Izraela zastosowało w wojnie na Bliskim Wschodzie /rys. 19/. Nalot wykonywały dwie grupy samolotów ugrupowanych w wysokości /jedna grupa na wysokościach średnich, druga na wysokościach małych rzędu 100-300 m/,utrzymujących ustalony reżim lotu co do kursu i prędkości. W pionie lot grup pokrywał się. Na wskaźnikach stacji radiolokacyjnych pomiaru płaskich współrzędnych /azymut-odległość/ te dwie grupy samolotów widziane były jako jeden cel, natomiast po dokładnym naprowadzeniu wysokościomierzy uzyskiwano informację, że w nalocie bierze udział dwie grupy samolotów i tym samym wykrywano grupę wykonującą nalot z małej wysokości.



Rys. 19. Ugrupowanie samolotów typu "Etażerka".

---

x/ Doświadczenie z wojny na Bliskim Wschodzie. Powyższe dane uzyskano na kursie w ZSRR - Kalinin 1976 r.

1.3.2. Manewr przeciwradiolokacyjny na małych wysokościach.

Jak stwierdzają specjaliści wojskowi na zachodzie, manewr środków napadu powietrznego na małych wysokościach jest możliwy. Taktyka działania lotnictwa na tych wysokościach posiada jednak szereg właściwości, do których zalicza się :

- trudności orientowania się pilotów przy wychodzeniu na cel uderzenia ;
- znaczne skrócenie promienia działania samolotu ;
- zwiększone wymagania w stosunku do pilotów w zakresie przygotowania fachowego i fizycznego ;
- niemożliwość wykorzystania bomb średniego i dużego kalibru z zapalnikiem natychmiastowego działania ;
- nie zawsze możliwe bombardowanie z lotu nurkowego ;
- ograniczony manewr z uwagi na niebezpieczeństwo zderzenia się samolotu z ziemią.

Z przytoczonych właściwości działania SNP npla na małych wysokościach wynika, że prawdopodobny przeciwnik nie rezygnuje z tak ważnego atutu jak manewr, lecz tylko wskazuje, że może on być ograniczony. Zastosowanie więc skutecznego manewru na małych wysokościach wiązało się będzie ściśle z uzyskaniem przez nieprzyjaciela maksimum informacji dotyczących rozmieszczenia środków obrony powietrznej naszych wojsk, a w tym między innymi : miejsc dyslokacji posterunków radiolokacyjnych, zasięgu ich wykrywania, częstotliwości roboczych RLS oraz konfiguracji pola radiolokacyjnego.

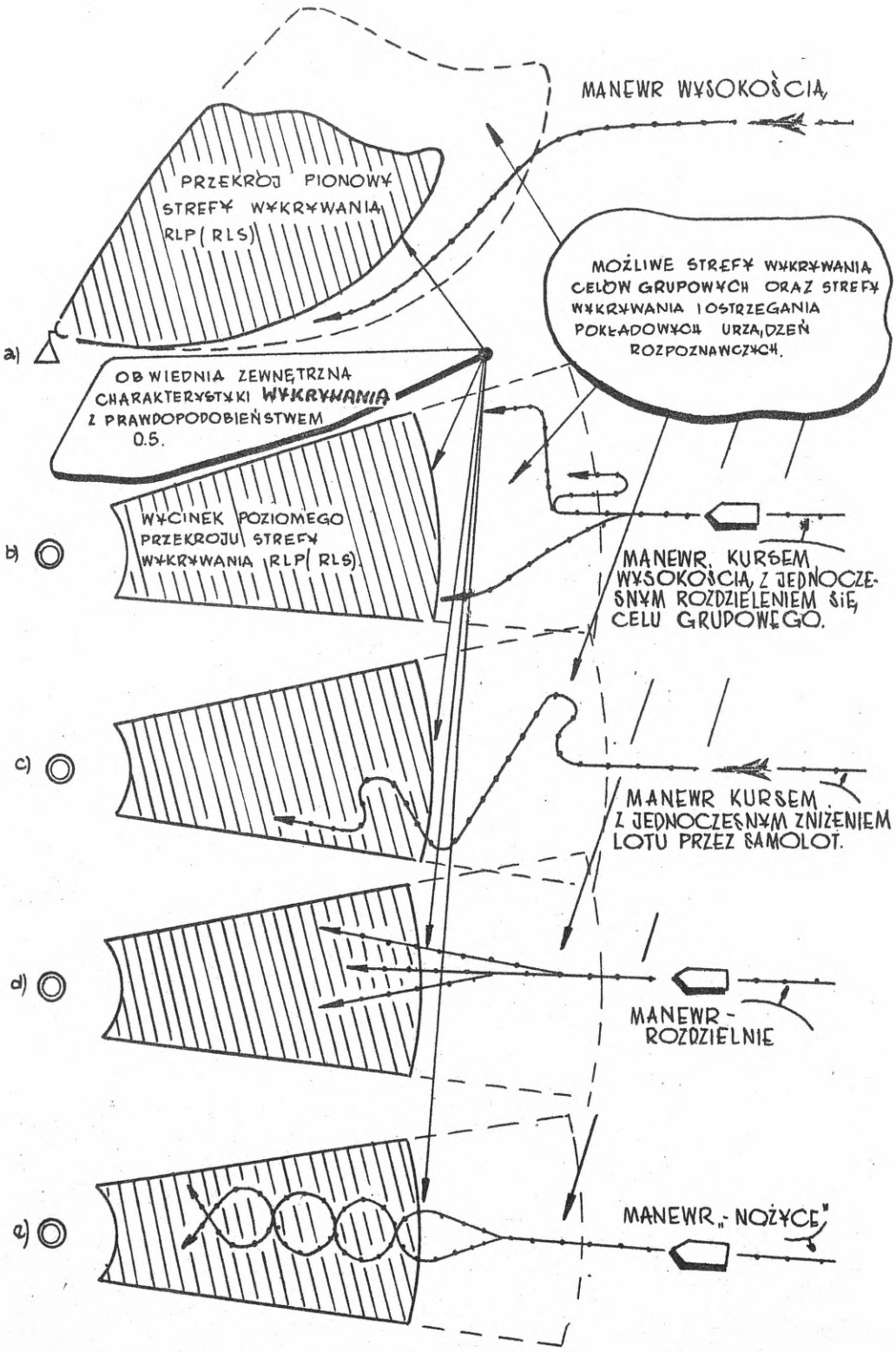
Tak więc najistotniejszym problemem dla nieprzyjaciela powietrznego w pokonywaniu naszej obrony powietrznej będzie ustalenie tak zwanych "pasów bezpiecznego przenikania".

Polega to na wnikliwej analizie ewentualnych tras przelotu lotnictwa /grup uderzeniowych/ do obiektów ataku z szerokim zastosowaniem przez samoloty manewru ochronnego. Przeciwnik powietrzny może stosować manewr kursem, wysokością i prędkością lotu. Podobny manewr może stosować kilka lub kilkanaście samolotów w grupie. Celem manewru zawsze będzie maskowanie właściwego zadania i zabezpieczenie wyjścia samolotów do obiektów uderzenia z najbardziej osłabionych kierunków w obronie powietrznej, z których nalot jest najmniej spodziewany. Inaczej mówiąc , manewr polega na wprowadzeniu sił i środków obrony powietrznej w błąd odnośnie zamiaru nalotu oraz spowodowaniu nieekonomicznego ich wykorzystania. Niektóre formy manewru przeciwradiolokacyjnego ilustruje rys. 20.

Rysunek 20a ilustruje przekrój pionowy charakterystyki promieniowania RLS. Zakreskowana część charakterystyki przedstawia możliwą strefę wykrywania dla pojedynczego samolotu, z zewnętrznym prawdopodobieństwem 0,5 - określonym linią ciągłą. To samo dotyczy rysunków b, c, d i e. Linią przerywaną jest określona strefa możliwego wykrycia celów grupowych oraz strefa w której pokładowe stacje rozpoznawcze typu AN/APR/wczesnego wykrycia i ostrzegania/ zarejestrują i ostrzegą załogi samolotów, że samolot /samoloty/ zostały opromieniowane przez naziemne RLS. Z dużym prawdopodobieństwem należy uważać właśnie te strefy za obszary powietrzne, w których będzie miał miejsce manewr przeciwradiolokacyjny lub jego początek.

Dla wojsk radiotechnicznych szczególnie trudne sytuacje powstają wówczas gdy :

- cele pojedyncze dokonują zdecydowanego manewru kursem z jednoczesnym zniżeniem lotu. Wówczas mamy do czynienia z zanikami obserwowanych celów na urządzeniach wskaźnikowych stacji radiolokacyjnych, spowodowanych zmianą sylwetki samolotu w stosunku do RLS - zmniejszeniem się skutecznej powierzchni odbijającej.



Rys. 20. Niektóre formy manewru przeciwradiolokacyjnego.

Przy dużej ilości obiektów w powietrzu, takie cele mogą być powtórnie nie wykrywane lub po ponownym wykryciu numerowane nowymi numerami. Zjawiska te ujemnie wpływają na identyfikację, analizę i weryfikację informacji radiolokacyjnej :

- grupowe cele powietrzne rozdzielają się na mniejsze grupy lub pojedyncze samoloty. Wówczas mamy do czynienia z dużą ilością obiektów /celów/ powietrznych. W tym wypadku utrudnione będzie wykrywanie celów powietrznych, szczególnie śledzenie za ich lotem oraz przekazywanie informacji z uwagi na ograniczone możliwości sprzętu i ludzi ;
- grupowe lub pojedyncze cele powietrzne dokonują manewru wysokością - zniżając lot stopniowo do wysokości, na których stacje radiolokacyjne posiadają minimalne możliwości w zakresie wykrywania lub w ogóle ich nie posiadają.

Jeżeli zaś chodzi o manewr prędkością to jest on dla WRT mniej skuteczny, z tej przyczyny, że wykryty obiekt /cel/ powietrzny będzie śledzony i wydawana będzie o nim informacja.

Taki manewr ogranicza tylko czas śledzenia wykrytego obiektu /celu/ powietrznego przez stacje radiolokacyjne, które posiadają określone możliwości zasięgu wykrywania na małych wysokościach.

A zatem, każdy niemal cel na małej wysokości, zwłaszcza manewrujący należy uważać zawsze za szczególnie ważny i przykładać maksimum wysiłku do jego wykrycia i śledzenia oraz wydawania o nim wyczerpującej informacji.

1.3.3. Stosowanie zakłóceń radiolokacyjnych.

Zakłócenia radioelektroniczne stanowią jeden z zasadniczych elementów zabezpieczenia działań lotnictwa nieprzyjaciela w czasie pokonywania przez niego naszego systemu OP, który oparty jest niemal całkowicie na wykorzystaniu techniki radiolokacyjnej.

Przed omówieniem taktycznych sposobów zastosowania środków zakłócających chciałbym wymienić niektóre czynniki określające sytuację zakłóceniową oraz przedstawić niektóre typowe zdaniem autora sposoby stosowania zakłóceń przez samoloty nieprzyjaciela.

Otóż, sytuację zakłóceniową można określić między innymi takimi czynnikami jak :

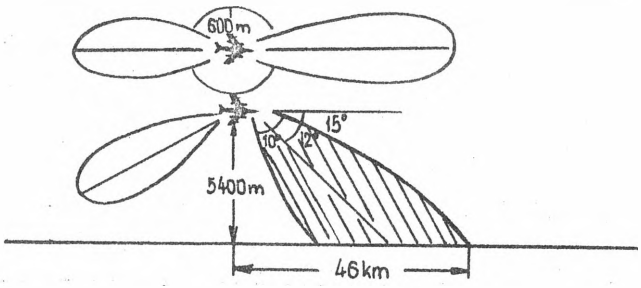
- ilością i taktyczno-technicznymi charakterystykami radioelektronicznych środków zakłócających montowanych na samolotach przeciwnika biorących udział w walce ;
- ilością i różnorodnością typów samolotów biorących udział w nalocie oraz stosunkiem między samolotami uderzeniowymi a samolotami zabezpieczającymi ich działanie, a także rozmieszczeniem samolotów zabezpieczających w czasie nalotu ;
- sposobem stosowania zakłóceń przy pokonywaniu systemu obrony powietrznej.

Należy w tym miejscu podkreślić, że sytuacja zakłóceniowa nawet dla jednego i tego samego środka radiolokacyjnego w zależności od charakteru i sposobu /wariantu/ nalotu może być krańcowo różna.
Mając na uwadze różnorodność możliwych sytuacji zakłóceniowych jest niemożliwością rozpatrzeć i ustalić konkretnych /typowych/ wariantów, które mogły mieć miejsce w konkretnych działaniach.

Natomiast można przedstawić możliwe sposoby stosowania zakłóceń przez samoloty prawdopodobnego nieprzyjaciela.

Sposób pierwszy

Środki zakłóceń radiotechnicznych rozmieszcza się na samolotach uderzeniowych. Samoloty wykonując zadanie bojowe, w odpowiedniej chwili i odległości od atakowanego obiektu lub rejonu obrony silnie bronionego, włączają urządzenia zakłócające /osłaniają sami siebie/ i tym samym utrudniają środkom radiolokacyjnym OP prowadzenie wykrywania, rozpoznania i śledzenie ich. Dotyczy to przede wszystkim środków radiolokacyjnych wykorzystywanych do naprowadzania rakiet i samolotów. /rys. 21/.



Rys. 21. Zakłócenia samoobronne - aktywne x/.

---

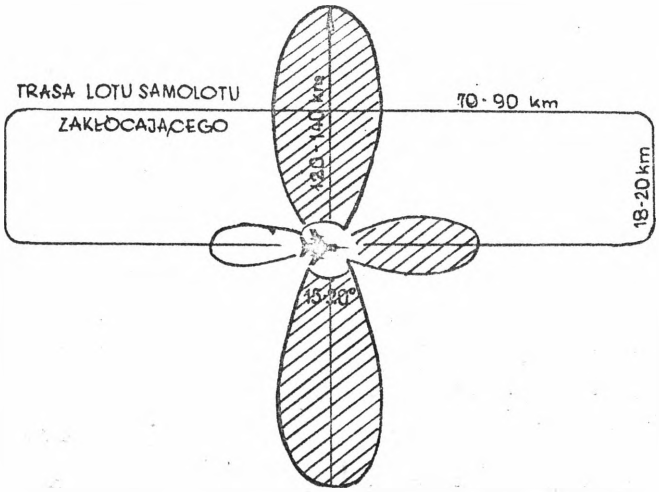
x/ Charakterystyka promieniowania aparatury zakłócającej typu QRC-160A.

Sposób drugi

Samoloty bojowe /uderzeniowe/ wykonują zadanie pod przykryciem zakłóceń stosowanych przez wydzielone do tego celu samoloty - wyposażone w różnego typu urządzenia zakłócające. Samoloty zakłócające wykonują lot razem z samolotami uderzeniowymi, w ich ugrupowaniu bojowym. /rys. 18/.

Sposób trzeci

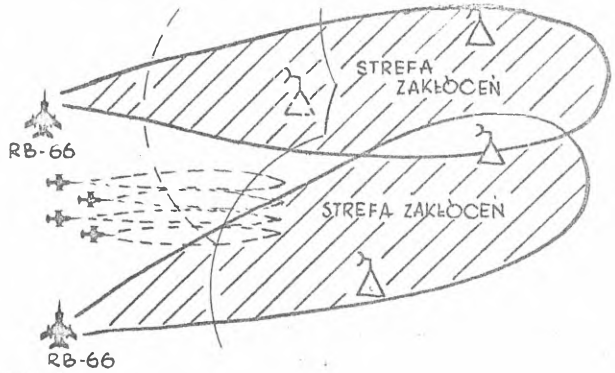
Samoloty uderzeniowe wykonują swoje zadanie bojowe pod przykryciem zakłóceń stosowanych przez specjalne samoloty z urządzeniami zakłócającymi. Samolot stosujący zakłócenia wykonuje lot w wyznaczonym uprzednio rejonie patrolowania w bezpiecznej odległości od naziemnych środków rażenia OP. Charakterystyka promieniowania zakłóceń typowa dla danego sposobu jest zilustrowana na rys. 22.



Rys. 22. Charakterystyka promieniowania aparatury zakłócającej typu QRC-279A.

Sposób czwarty

Specjalne samoloty zakłócające wykonują lot prostopadle do kierunku lotu grup uderzeniowych i bronionego rejonu. Grupy uderzeniowe w odpowiedniej chwili także włączają swoje urządzenia zakłócające - patrz. rys. 23.

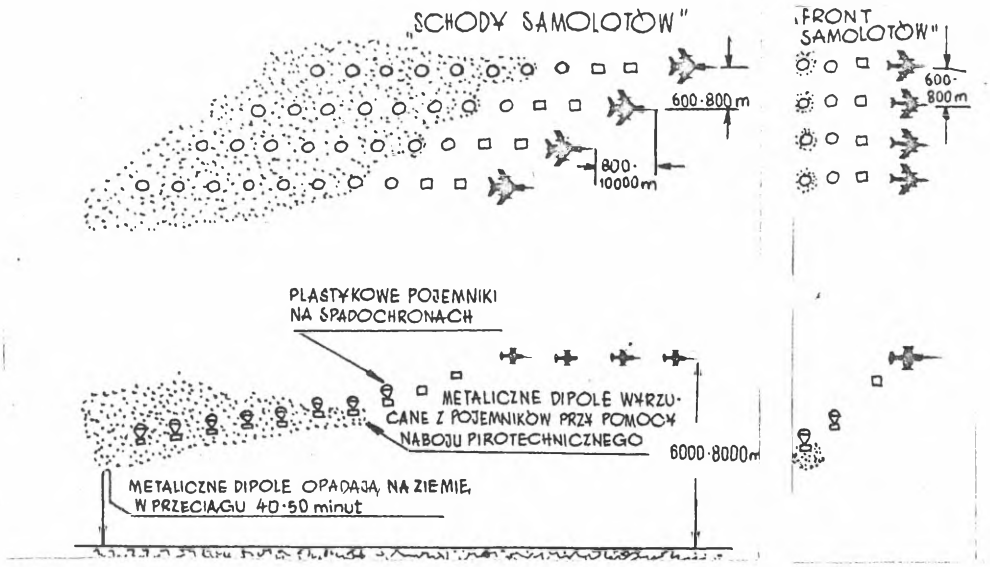


Rys. 23. Wariant zakłóceń kombinowanych.

Sposób piąty

Kompleksowe wykorzystanie zarówno zakłóceń pasywnych jak i aktywnych. Na 8-10 minut a niekiedy na 15-20 minut przed podejściem grup uderzeniowych do bronionego rejonu /szczególnie do stref rażenia art. lufowej i rakietowej/, do przodu mogą wysuwać się grupy samolotów ubezpieczenia przyjmując szyk "frontalny" lub "schody" /patrz. rys. 24/ i rozpocząć stawianie zasłon radiolokacyjnych stosując różne typy środków zakłóceń pasywnych oraz zakłóceń aktywnych wykorzystując do tego celu nadajniki jednorazowego użytku na spadochronach.

Plastykowe pojemniki z elementami zakłóceń pasywnych zrzucone są z samolotu na spadochronach. Umieszczony, wewnątrz pojemnika nabój pirotechniczny po pewnym czasie eksploduje i wyrzuca metalizowane dipole tworząc charakterystyczny obłok zakłóceń : przy ugrupowaniu "schody" - w kształcie rombu, przy ugrupowaniu "front" - w kształcie prostokąta.

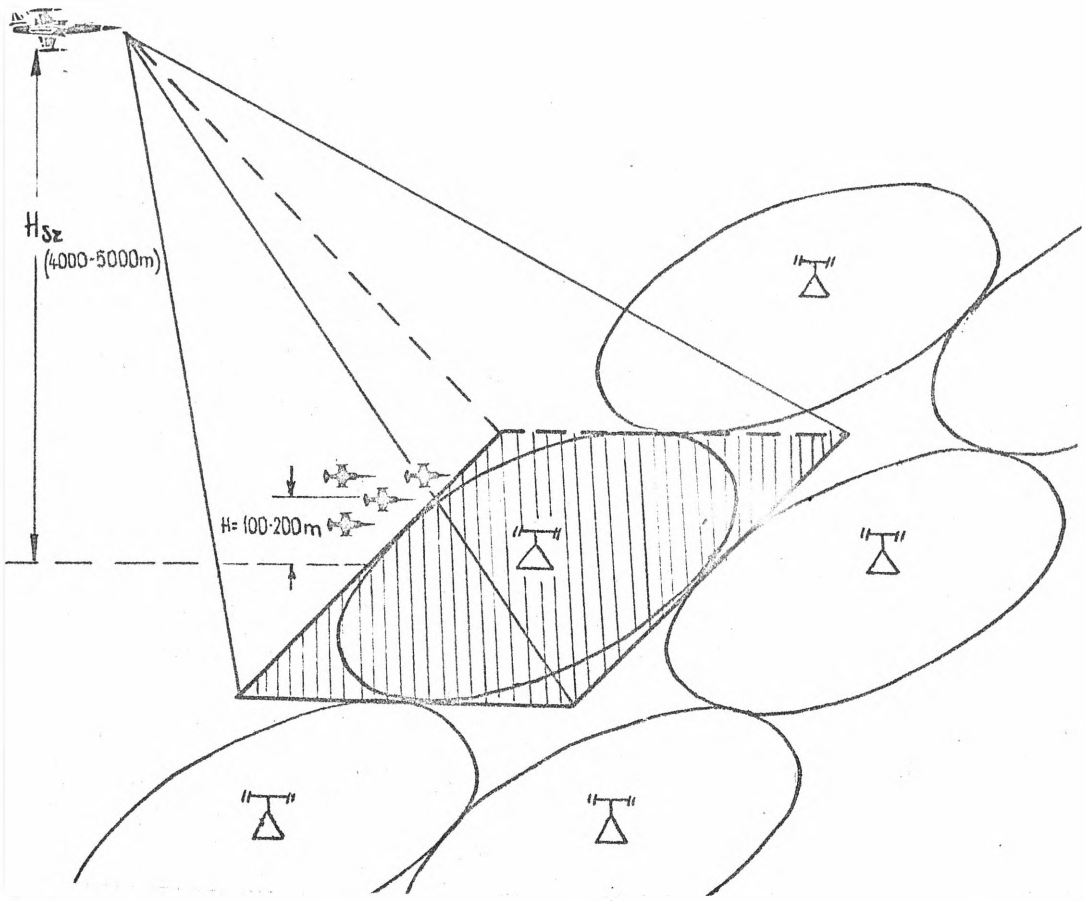


Rys. 24. Ugrupowanie bojowe samolotów podczas stosowania zakłóceń kompleksowych.

Metalizowane dipole opadają w dół w przeciągu 40-50 minut. Moment eksplozji naboju może być dowolnie opóźniany. W związku z tym, pojemniki zrzucane na średnich wysokościach mogą z powodzeniem tworzyć określone obłoki zakłóceń na małych wysokościach. Do tego celu mogą być wykorzystane nie tylko samoloty pilotowane, ale także i samoloty bezpilotowe typu AQM-34H.

Sposób szósty /przy wykorzystaniu przez przeciwnika najbardziej nowoczesnych urządzeń zakłócających typu AN/ALQ-101, 102/.

Samolot stosujący zakłócenia tzn. "Lider", wykonuje lot po z góry określonej trasie na wysokościach średnich rzędu 4000-5000 m - wykorzystując do zakłóceń urządzenie typu AN/ALQ-102. Taki reżim lotu pozwala przeciwnikowi zakłócać intensywnie każdy RLP, który znajdzie się w strefie oddziaływania zakłóceń. Grupa samolotów uderzeniowych wykonuje nalot na małych wysokościach rzędu 100-200 m pod przykryciem tych zakłóceń, według z góry określonego reżimu.



Rys. 25. Atak samolotów grupy uderzeniowej z małych wysokości pod przykryciem zakłóceń aktywnych - szumowych.

Zakłócany posterunek radiolokacyjny w takich warunkach celu na małej wysokości nie wykryje, natomiast sąsiednie posterunki też tego celu nie wykryją - ponieważ samoloty przeciwnika znajdują się poza zasięgiem ich wykrywania.

Powyższy sposób zakłóceń ilustruje rys. 25, natomiast w załączniku Nr 8 jest przedstawiona charakterystyka promieniowania w/w urządzenia zakłócającego.

Samoloty grup uderzeniowych w razie konieczności, przy podejściu do bronionego rejonu, mogą także włączać swoje urządzenia zakłócające.

Oceniając powyżej przedstawiane sposoby stosowania zakłóceń można podkreślić, że z punktu widzenia efektywności oddziaływania zakłóceń najlepszym sposobem jest sposób piąty - ponieważ powyższy problem traktuje kompleksowo.
Również skutecznym może być sposób pierwszy i drugi z uwagi na bezpośrednie oddziaływanie zakłóceniami z grup uderzeniowych. Niemniej skutecznym wydaje się być sposób czwarty ponieważ zakłócenia mogą oddziaływać nierównomiernie i tylko w określonym czasie.

Przy działaniach grup uderzeniowych z małych wysokości najbardziej prawdopodobne wydają się być sposoby trzeci, czwarty, piąty, a szczególnie szósty, ponieważ dwa pierwsze sposoby będą mało skuteczne. Moment rozpoczęcia stosowania zakłóceń przy locie grup uderzeniowych na małych wysokościach będzie odpowiadał zawsze odległości prawdopodobnego wykrycia tych samolotów na małych wysokościach przez WRT, tj. około 60-70 km.

W tym miejscu należałoby szczególnie podkreślić, że zasadą taktycznego zastosowania środków zakłócających jest kompleksowość ich użycia, co w całej rozciągłości potwierdziły działania prowadzone w Wietnamie i na Bliskim Wschodzie.

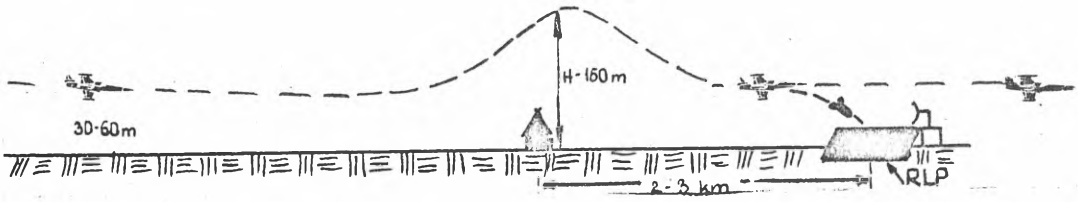
1.3.4. Sposoby wykonywania ataków przez SNP nieprzyjaciela z małych wysokości.

Atak jest głównym etapem lotu bojowego. Składa się on z manewru zabezpieczającego wyjście samolotu nad punkt rozpoczęcia celowania, drogi bojowej i zrzutu bomb /wystrzelenia rakiet lub pocisków/.

Znajomość sposobów i właściwości atakowania obiektów z małej wysokości jest rzeczą niezbędną dla właściwego wykorzystania sił i środków wojsk radiotechnicznych oraz ich osłony przed bezpośrednim atakiem z powietrza.

Znajomość sposobów atakowania obiektów i dolot do nich, może wskazać gdzie, na jakim odcinku trasy i z jakim prawdopodobieństwem cel powietrzny może być wykryty.

Bobmardowanie z samolotów myśliwsko-bombowych i bombowych z lotu poziomego, bombami burzącymi o dużych wagomiarach, odbywa się co najmniej z wysokości 250-300 m. W Wietnamie Amerykanie uznali za optymalną wysokość bombardowania przy locie poziomym 400 m. Bomby o mniejszym promieniu rażenia lub z opóźnionym działaniem, względnie z hamulcem aerodynamicznym mogą być zrzucane z wysokości mniejszych. Np.: specjalnie przystosowana do użycia z małych wysokości bomba "SNAKEYE" wprawdzie zapobiegała porażeniu samolotów przed wybuchem własnego ładunku bojowego, lecz nie zwiększała prawdopodobieństwa trafienia x/. Względy własnego bezpieczeństwa uniemożliwiły, zdaniem Amerykanów, stosowanie bomb większych niż 240 kg.

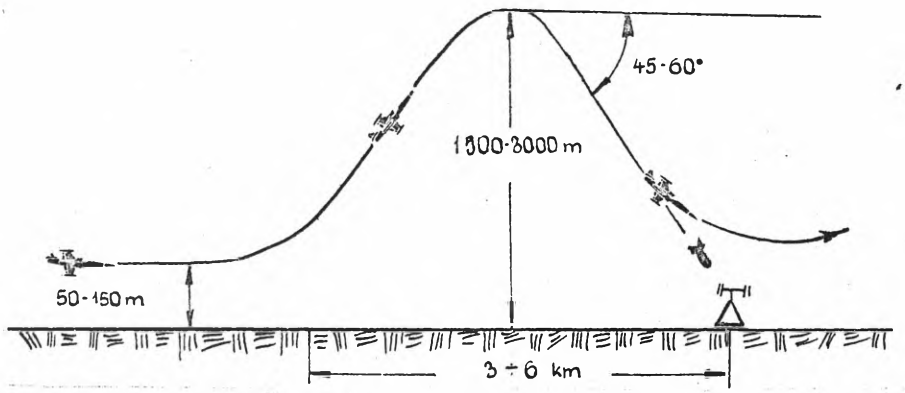


Rys. 26. Atak obiektu z lotu koszącego.

---

x/ patrz "Doświadczenia lotnictwa amerykańskiego w wojnie wietnamskiej". Wyd. MON Szt. Gen. Zarząd II - 1971 str. 114.

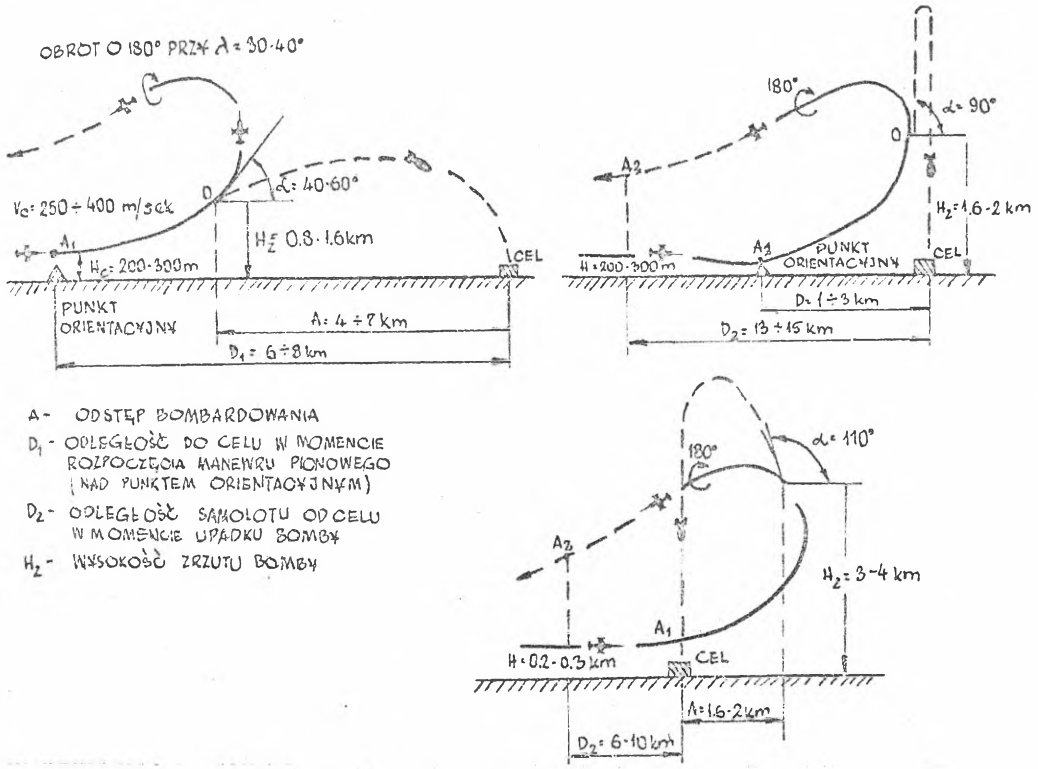
Atak z lotu koszącego /rys. 26/ wykonywany jest z jeszcze mniejszych wysokości. Wyjście na obiekt ataku odbywać się może na małej wysokości rzędu 50-100 m. W odległości kilku km od celu, nad charakterystycznym punktem orientacyjnym samolot nabiera wysokości do około 150-200 m, a następnie po udokładnieniu kierunku lotu atakuje obiekt ze zniżeniem wysokości.



Rys. 27. Atak obiektu z lotu nurkowego.

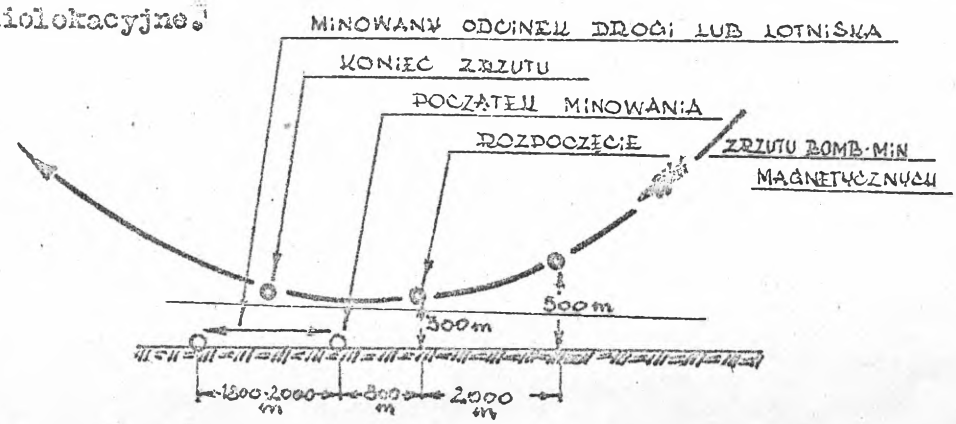
Atak z lotu nurkowego /rys. 27/ z małych wysokości może być wykonywany tylko pod małymi kątami nurkowania około 5°-15°. Aby zwiększyć kąt nurkowania do wartości rzędu 45-60 stopni, samoloty lecące dotąd na małej wysokości /przed wejściem na kurs bojowy/ muszą nabrać wysokości do 1500-3000 m, czyli przejść na wysokości średnie i dopiero atakować cel. Atak z lotu nurkowego może być wykonywany pojedynczymi samolotami, parą a nawet kluczem.

Następny sposób to atak z lotu wznoszącego /rys. 28/. Podczas działań na małych wysokościach, zwłaszcza samoloty myśliwsko-bombowe ten sposób ataku mogą stosować. Z uwagi na duży rozrzut - ten sposób ataku w zasadzie stosuje się dla zrzutu bomb jądrowych, które ze względu na duży promień rażenia nie wymagają precyzji trafienia.



Rys. 28. Atak obiektu z lotu wznoszącego.

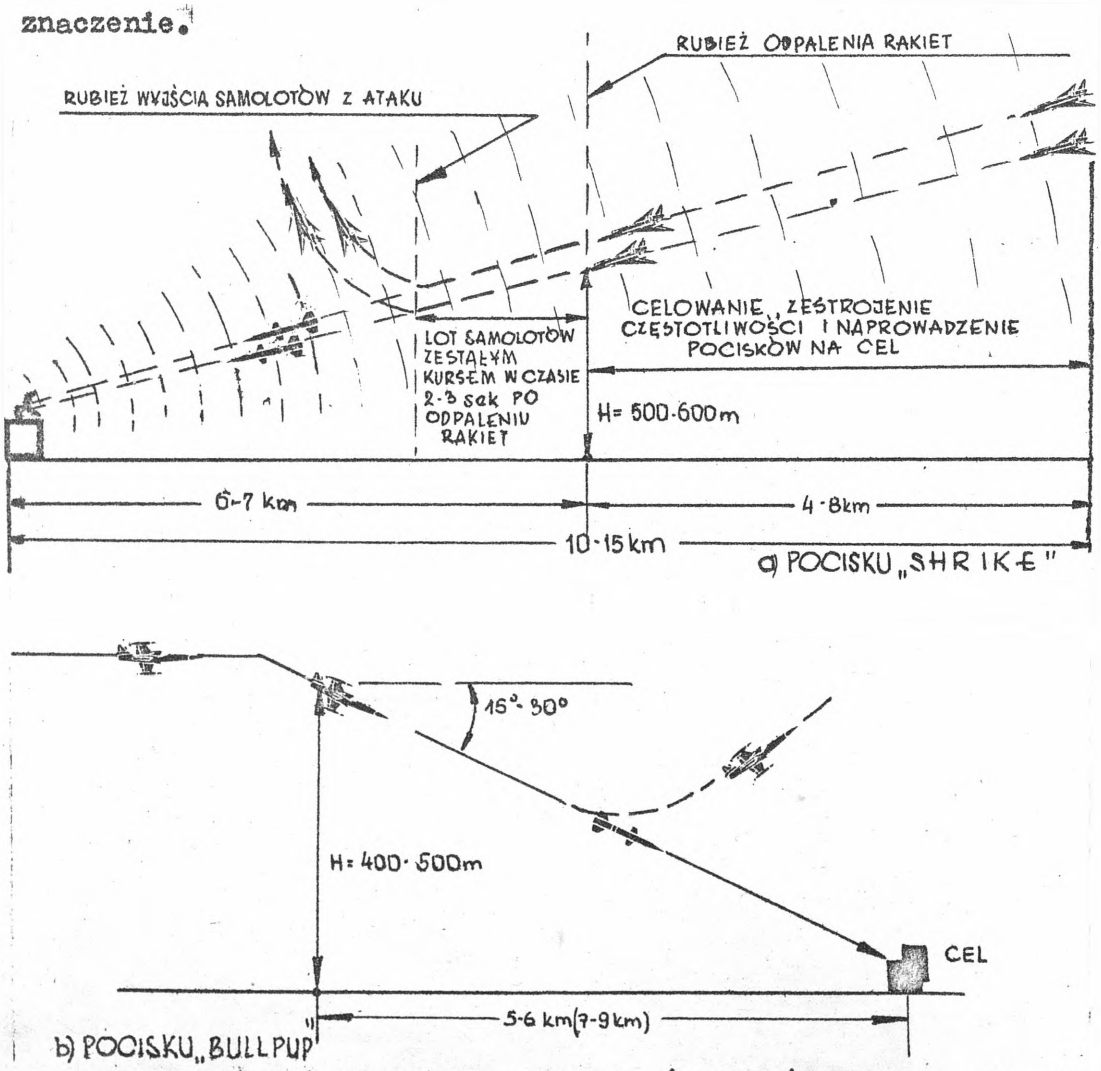
Jednak może on być także stosowany w czasie bombardowania bombami klasycznymi, zwłaszcza podczas zrzutu serii bomb lub kaset z bombami małego kalibru /bomby kulkowe/. Ten sposób atakowania między innymi stosowało lotnictwo USA w Wietnamie, zwłaszcza na obiekty powierzchniowe, a w tym i na posterunki radiolokacyjne.



Rys. 29. Atak samolotu z małych wysokości podczas minowania odcinka drogi /lotniska/ - wariant.

Ze względu na kąt zrzutu bomb rozróżnia się trzy zasadnicze warianty bombardowania pod kątami wznoszenia około 45°, 90° i 110°.

Oprócz bomb lub niekierowanych pocisków rakietowych lotnictwo uderzeniowe stosuje również kierowane pociski rakietowe lub bomby kierowane. Należałoby w tym miejscu podkreślić, że ze względu na coraz większą skuteczność obrony powietrznej - rozszerza się rakietyzacja lotnictwa i zwiększa się jej znaczenie.



Rys. 30. Odpalanie pocisków /rakiet/ powietrze-ziemia z małych wysokości.

Na przykład z dotychczas opublikowanych materiałów wynika, że kierowane pociski rakietowe typu "BULLPUP AGM-12" mogą być odpalane z wysokości 400-500 m i wyżej. Naprowadzanie pocisku na obiekt odbywa się wg metody trzech punktów, polegającej na tym, że : samolot, pociski i cel w czasie naprowadzania pocisku muszą znajdować się na jednej prostej.
W związku z tym samolot praktycznie nie może stosować manewru, ze względu na możliwość wyjścia pocisku z wiązki prowadzącej. Na wysokości 400-500 m pociski BULLPUP odpalane mogą być z odległości 5-6 km od atakowanego obiektu, a samolot w momencie zakończenia naprowadzania pocisku znajduje się w odległości 3-4 km od obiektu. Inne pociski, takie jak przeciwradiolokacyjne samonaprowadzające się pociski typu "SHRIKE" odpalane są w wiązkę promieniowania stacji radiolokacyjnej najczęściej z odległości 14-28 km. Odległość odpalania z małych wysokości są znacznie mniejsze i wynoszą na małej wysokości około 10-15 km[x/]. Problem ten nie jest do końca wyjaśniony z uwagi na brak konkretnych i przekonywujących danych odnośnie ich odpalania oraz naprowadzania z wysokości poniżej 500-600 m /rys. 30/. Skuteczność działania pocisku zależy od szerokości wiązki promieniowania anteny atakowanej RLS i zmniejsza się wraz ze zmniejszeniem szerokości wiązki.

Wyłączanie RLS lub wahanie wiązką w szerokich granicach tz. "mryganie" uniemożliwia zastosowanie pocisku /brak trafień/.

W związku z zaobserwowanymi brakami i wadami w czasie użycia pocisków "SHRIKE" w Wietnamie, trwają od tej pory prace nad ulepszeniem systemu kierowania pocisków.

- -

x/ Według "Radioeletronnaja borba w wojskach PWO strany" - podręcznik. Wyd. Kalinin 1969 r.

Ulepszono już system antenowy, zbudowano kilka nowych wersji pocisku z wymiennymi blokami układu kierowania, częstotliwość pracy systemu kierowania /samonaprowadzania/ z zakresu 2600-3200 MHz rozszerzono i zakres częstotliwości ulepszonych wersji pocisku wynosi obecnie 1550-5200 MHz. Rozpatruje się również możliwość zastosowania układu kierowania na podczerwień. Układ taki, wykorzystując promieniowanie cieplne anteny i samej stacji, mógłby naprowadzać pocisk na antenę RLS po jej wyłączeniu.

Zastosowanie tego układu niewątpliwie zwiększy możliwości pocisku, a szczególnie zwiększy się jego skuteczność. Odrębne zagadnienie, z racji prawdopodobnej rewolucji jaką może spowodować w wielu dziedzinach techniki wojennej, a także i przede wszystkim w omawianym problemie, stanowi coraz szersze wykorzystanie techniki laserowej.

Skąpe dotychczas i często przereklamowane wiadomości o wysokiej dokładności celowników laserowych, zastosowanych w samolotach, bombach i pociskach kierowanych świadczą o tym, że prawdopodobny przeciwnik ciągle szuka nowych i bardziej precyzyjnych urządzeń do kierowania uzbrojeniem z samolotu do walki z naziemnymi środkami OP, a szczególnie ze środkami radiolokacyjnymi. Doświadczenia z ostatniej wojny blisko-wschodniej niezbicie to potwierdzają, ponieważ lotnictwo Izraela niemal w każdym nalocie wydzielało około 50% swych sił do atakowania i niszczenia środków radiolokacyjnych[x/]. Niewątpliwie potencjalne możliwości trafienia obiektów punktowych /w tym i RLS/ znacznie wzrosły i będą stale wzrastać. Wpłynie to w dużym stopniu na taktykę działania przeciwnika powietrznego na małych wysokościach. Stosunkowo duża dokładność trafienia może na przykład spowodować zmniejszenie liczby samolotów

- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -

x/ Powyższe dane uzyskano w czasie kursu w ZSRR - Kalinin 1976r.

w grupach uderzeniowych i może wzrosnąć liczba jednocześnie atakowanych obiektów /celów/. W takiej sytuacji nawet każdy pojedynczy samolot uderzeniowy będzie bardzo ważnym celem, szczególnie na małych wysokościach.

W podsumowaniu rozpatrywanego problemu można stwierdzić, że znajomość sposobów i właściwości atakowania obiektów z małych wysokości jest niezbędna dla właściwego wykorzystania sił i środków wojsk radiotechnicznych oraz ich osłony przed bezpośrednim atakiem z powietrza.

Znajomość sposobów atakowania obiektów i dolot do nich, może wskazać gdzie i na jakim odcinku trasy oraz z jakim prawdopodobieństwem cel powietrzny może być wykryty.

Ponadto należy się liczyć z tym, że przeciwnik powietrzny może intensywnie niszczyć środki radiolokacyjne przy użyciu rakiet i bomb kierowanych oraz strzeleckiej broni pokładowej.

W związku z powyższym ewentualne zniszczenia i uszkodzenia sprzętu radiolokacyjnego w czasie działań będą w znacznym stopniu obniżać i ograniczać możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania i śledzenia przeciwnika powietrznego na małych wysokościach.

2. ANALIZA MOŻLIWOŚCI WOJSK RADIOTECHNICZNYCH W ZAKRESIE WYKRYWANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW /CELÓW/ POWIETRZNYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH.

Przystępując do analizy i rozpatrzenia zagadnień związanych z wykrywaniem i śledzeniem obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, należy zdać sobie z tego sprawę, że powyższa problematyka jest skomplikowana i posiada szereg właściwości a jej rozwiązanie zależy od wielu czynników. Czynniki i właściwości są ze sobą wzajemnie i ściśle powiązane Rozpatrywanie ich oddzielnie mijałoby się z celem. Niektóre z czynników wpływających, np.: na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych urastają w pewnych warunkach do problemów pierwszoplanowych. Ponadto jest wiele czynników, które bezpośrednio lub pośrednio rzutują na możliwości środków radiolokacyjnych w zakresie wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach a zarazem charakteryzują te możliwości. Należą do nich zarówno możliwości przestrzenne, czasowe oraz probabilistyczne.

Zdaniem autora należy przede wszystkim i w pierwszej kolejności poddać analizie te czynniki, właściwości i warunki, które bezpośrednio wpływają na możliwości środków radiolokacyjnych w zakresie wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach. Do nich należą :

- stosunkowo niewielka odległość wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach ;
- krótki okres przebywania obiektów /celów/ powietrznych w strefie widzialności pojedynczej stacji radiolokacyjnej /pojedynczego posterunku radiolokacyjnego/, a w związku z tym mała ilość wydawanej informacji o tych obiektach /celach/ ;

- znaczny wpływ rzeźby terenu i kątów zakrycia na odległość wykrywania stacji radiolokacyjnych ;
- wpływ na pracę stacji radiolokacyjnych odbić od przedmiotów miejscowych /terenowych/ i zakłóceń radiolokacyjnych, a w związku z tym wymuszoną staje się praca w reżymach tłumienia ech stałych ;
- możliwość zagubienia obiektu /celu/ powietrznego w niekontrolowanych wycinkach przestrzeni powietrznej ;
- niemożliwość lub obniżenie dokładności pomiaru wysokości obiektu /celu/ powietrznego nisko lecącego ;
- złożony proces naprowadzania własnych myśliwców na cele powietrzne, z uwagi na niemożliwość naprowadzenia na podstawie danych z jednej RLS i ograniczonego zasięgu i łączności radiowej z własnym samolotem oraz zabezpieczenia działań bojowych wojsk rakietowych.

Biorąc za podstawę w/w właściwości, trudności i czynniki, należy szukać rozwiązań zarówno w sensie technicznym jak i taktycznym, które pozwoliłyby w maksymalnym stopniu wykorzystać możliwości poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych do wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach. Ponadto przy zastosowaniu określonych metod pracy najbardziej efektywnie wykorzystywać wojska radiotechniczne w całości.

2.1. CHARAKTERYSTYKA STACJI RADIOLOKACYJNYCH ORAZ ICH MOŻLIWOŚCI W ZAKRESIE WYKRYWANIA, ROZPOZNANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW /CELÓW/ POWIETRZNYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH.

Wojska radiotechniczne obrony powietrznej kraju wyposażone są aktualnie w następujące typy stacji radiolokacyjnych /RLS/ :

Stacje radiolokacyjne zakresu centymetrowego

Odległościomierze: P-35, P-40 oraz P-37, która sukcesywnie zastępować będzie stację radiolokacyjną P-35, ponadto jako odległościomierze mogą być wykorzystane wysokościomierze PRW-11 i PRW-13.

Wysokościomierze : Bogota, PRW-9 i PRW-11 oraz PRW-13 i PRW-16 z tym, że wysokościomierze PRW-11 i PRW-9 będą sukcesywnie zastępowane przez PRW-13 i 16.

Stacje radiolokacyjne zakresu decymetrowego

Odległościomierze : P-15 i jej modyfikacje M i N, JAWOR-M i JAWOR M-2.

Stacje radiolokacyjne zakresu metrowego

P-35M

Odległościomierze : P-14, P-14F, P-18 oraz P-12, stacja P-12 ma także możliwość określania trzeciej współrzędnej wysokości sposobem goniometrycznym. Powyższa RLS w najbliższych latach zastępowana będzie stacją P-18.

Przewiduje się również w przyszłości, w ciągu najbliższych kilku /kilkunastu/ lat, że wymienione wyżej typy stacji radiolokacyjnych nadal będą stanowiły podstawowe wyposażenie jednostek i pododdziałów wojsk radiotechnicznych.

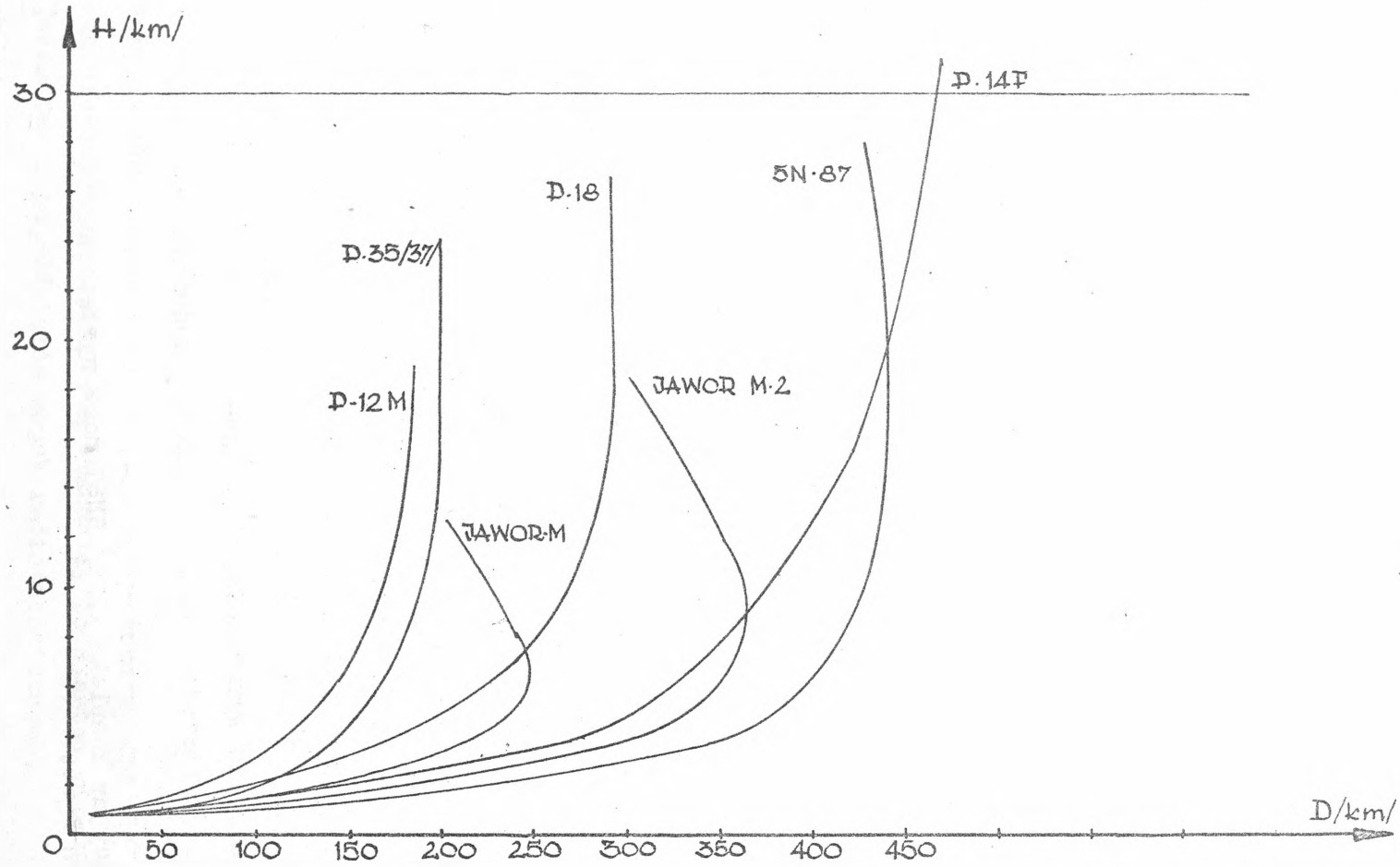
Nie mniej jednak do wyposażenia wojsk mogą wejść w międzyczasie nowe typy stacji radiolokacyjnych o lepszych parametrach, a szczególnie w zakresie wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach. Takim nowym zestawem /kompleksem/ małowysokościowym w najbliższych latach prawdopodobnie będzie odległościomierz typu "NAREW" i wysokościomierz "NIDA".
Z uwagi na to, że autor nie dysponuje dostateczną ilością danych o powyższych stacjach, ich charakterystyka będzie bardzo ogólna i szczątkowa. Oprócz tego przewiduje się, że do wyposażenia może wejść także wielozadaniowy kompleks radiolokacyjny 5N87[x/]. Powyższy kompleks posiada znaczne możliwości w zakresie wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

Dane taktyczno-techniczne wymienionych typów stacji radiolokacyjnych ilustruje tabela Nr 5 oraz wykresy na rys. 31a i 31b.

Jak wynika z przytoczonych w rozprawie danych taktyczno-technicznych podstawowych typów stacji radiolokacyjnych, są one w przeważającej swej większości przeznaczone do wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych w dużym zakresie wysokości. Obejmują one zarówno małe jak i duże wysokości, z wyjątkiem tych typów stacji radiolokacyjnych, które specjalnie były konstruowane do wykonywania zadań na małych wysokościach /P-15 i jej modyfikacje, JAWOR, PRW-11NL, PRW-13NL oraz"NAREW"/. Należy przy tym podkreślić, że niektóre typy stacji radiolokacyjnych /P-15, P-35, JAWOR, PRW-11 i PRW-13/ były już kilkakrotnie modernizowane i przystosowywane do pracy w zakresie wykrywania, rozpoznawania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

---

x/ Radiolokacyjny kompleks /RLK/ 5N87 może występować pod mianem K-66.



Rys. 31a. Zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych na średnich, dużych i stratosferycznych wysokościach w stosunku do pojedynczego samolotu o $\sigma_{SK} = 1-5\ m^2$

Tabela 5.

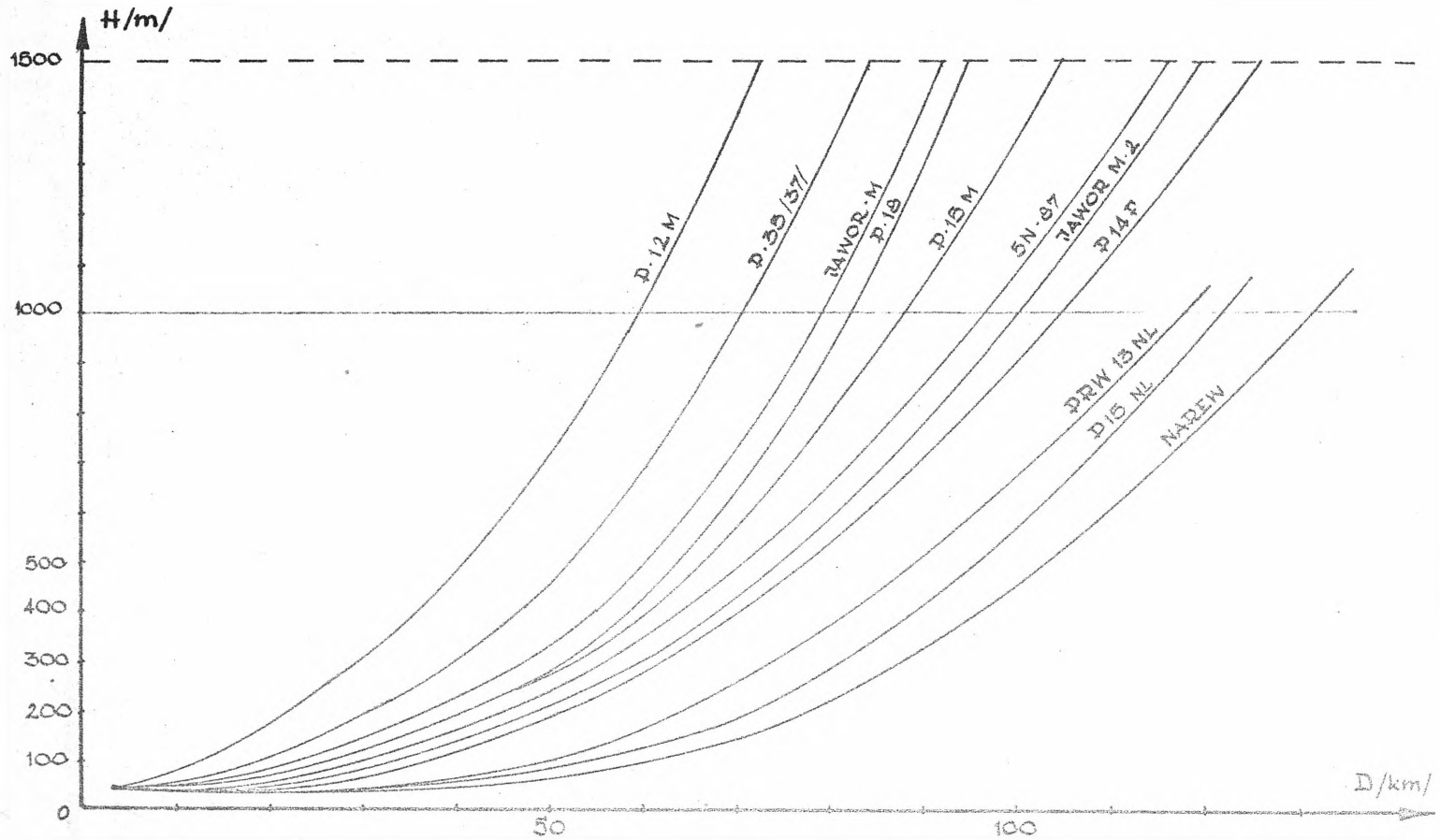
Dane taktyczno-techniczne podstawowych typów stacji radiolokacyjnych.

TYP RLS	ZAKRES CZĘSTOTLIWOŚCI	ODLEGŁOŚĆ WYKRYWANIA RLS w km NA WYSOKOŚCIACH w m.														ROZRÓŻNIALNOŚĆ RLS W ODLEGŁOŚCI w km	ROZRÓŻNIALNOŚĆ RLS W AZYMUCIE W STOPNIACH	DOKŁADNOŚĆ OKREŚLANIA ODLEGŁOŚCI (Km)	DOKŁADNOŚĆ OKREŚLANIA AZYMUTU W STOPNIACH	MAKSYMALNY PUŁAP WYKRYWANIA W m.	MAKSYMALNY PUŁAP CIĄGŁEGO ŚLEDZENIA W m.
		100	200	300	500	1000	2000	3000	5000	8000	10000	16000	20000	25000	30000						
P-12M	m	20*	25	30	40	60	100	120	140	160	170	180	140	150	–	1	11	1	±3	24000	16000
P-18	m	30*	45	50	60	80	120	140	180	–	250	–	270	270	240	2	6÷8	±1	±1,5	35000*	27000*
P-14F	m	40	50	60	80	105	140	180	250	280	300	360	400	430	500	4÷6,5	4÷8	±1,5	±1,5	45000	36000
P-15M	dcm	30*	40*	50	70	90	130	170	240	–	–	–	–	–	–	2,5	8	±2	±2	1500-1000	1500*
P-15NL	dcm	55	65	75	90	120	150*	–	–	–	–	–	–	–	–	2,5	8	±2	±2	1500-1800	1500*
JAWOR M	dcm	30*	40	45	60	80	130	160	240	230	230	200	200	–	–	1	4	±1	±2	2200	19000
JAWOR M-2	dcm	36*	50	60	70	100*	150*	180*	280*	–	350*	–	330*	330*	–	1÷2	·2	±1	±1	60000	30000
NAREW	dcm	60*	70*	80*	100*		brak danych										brak danych				
P-35	cm	30	35	42	55	70	120	130*	150*	160*	170	180*	170	160*	150*	1	1	±0,5	±0,5	34000	25000
P-37	cm	30	35	40	50	80	120*	130*	150*	160*	180	180	180	–	–	0,5÷1	1÷1,5	±0,5	±0,5	25000	18000
5N-87	dcm	40	45	50	65	100*	140*	170	240	280*	320	330	330	330	330	1,4÷3,5	1÷2,4	±1	±0,8	54000	50000*
PRW-11NL	cm	35	40	50	60	90	110	–	–	–	–	–	–	–	–	2	2	±1	±1	2000	1500
PRW-13NL	cm	50	63	73	95	120	150	–	–	–	–	–	–	–	–	2	2	±1	±1	3000*	2500*

UWAGA : 1. Powyższą tablicę zestawiono na podstawie danych zawartych : w instrukcjach poszczególnych typów RLS, Taktyki WRT OPK, Podręcznika - Metodiczeskoje posobie po obuczeniu radiotechniczeskich wojsk PWO strany bojowej rabotie po niskoliejtjaszim i wysotnym celam oraz własnych notatek sporządzonych na kursie w Akademii w Kalininie - w 1976 r.

2. Dane zawarte w tabeli odpowiadają odległości wykrywania pojedynczego samolotu myśliwsko-bombowego o skutecznej powierzchni odbicia równej 1-5m^2.

3. x/ Wartości oznaczone gwiazdką - są wartościami przybliżonymi.



Rys. 31b. Zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach w stosunku do pojedynczego samolotu o $\sigma_{SK} = 1-5\,m^2$

Np.: stacja radiolokacyjna P-15 posiada szereg takich modyfikacji i występuje jako P-15M, P-15N, P-15M-2 oraz "DUNAJ-15". Powyższa stacja może być wyposażona w dodatkowe urządzenie antenowe, które zawieszane jest na specjalnych masztach typu "UNŻA". Maszty te występują pod wieloma mianami, np.: "UNŻA", "UNŻA-1", "UNŻA-2" i "UNŻA-3".
Każdemu z tych typów odpowiada określona wysokość masztu, która wynosi odpowiednio : 12-15 m, 20 m, 30 m, 45 m. Anteny tego typu mogą być również wykorzystane do pracy ze stacją P-12 oraz z zestawem małowysokościowym "NAREW-NIDA".

Uwzględniając stałą ciągłość w rozwoju środków radiolokacyjnych należy zakładać, że posiadany obecnie park stacji radiolokacyjnych będzie w dalszym ciągu modernizowany i przystosowywany do działań /pracy/ w zakresie małych wysokości.

Przed przystąpieniem do dalszych rozważań autor uważa za konieczne podkreślić, że nadal brakuje wielu danych niezbędnych do prowadzenia możliwie obiektywnej oceny możliwości bojowych poszczególnych typów RLS w zakresie wykrywania SNP na małych wysokościach.

Istnieje ponadto dodatkowa trudność, a polegająca na tym, że w szeregu przypadkach dane odnośnie zasięgu wykrywania poszczególnych typów RLS różnią się między sobą w poszczególnych materiałach źródłowych. Dotyczy to przede wszystkim danych zawartych w instrukcjach eksploatacji poszczególnych typów RLS oraz danych zawartych w różnego rodzaju podręcznikach i skryptach ujmujących problematykę taktycznego wykorzystania środków radiolokacyjnych. Wprowadzane udoskonalenia do stacji radiolokacyjnych nie zawsze są jednakowo traktowane i uwzględniane w aktualnie obowiązujących materiałach szkoleniowych, publikacjach i biuletynach informacyjnych.

Ponadto dane zawarte w obowiązujących instrukcjach, są z zasady wartościami maksymalnymi granicznymi dla przyjętych wysokości lotu SNP, otrzymanymi z reguły podczas sprawdzeń poligonowych w warunkach niemal idealnych.

Natomiast w ugrupowaniu wojsk radiotechnicznych, poszczególne typy RLS pracują niejednokrotnie w warunkach odbiegających od założonych w instrukcjach, w związku z tym należy się liczyć, że nie zawsze takie dane mogą być osiągalne. Traktowanie instrukcyjnych danych w zakresie maksymalnych zasięgów wykrywania poszczególnych RLS jako możliwości faktycznych w każdych warunkach /szczególnie terenowych/ byłoby zbyt dużym uproszczeniem i optymistycznym potraktowaniem tego problemu.

Każda stacja radiolokacyjna, niezależnie od zakresu częstotliwości na jakiej pracuje, posiada określone taktyczne i techniczne charakterystyki, które określają granice jej możliwości i efektywność praktycznego /bojowego/ wykorzystania. Do powyższych charakterystyk zalicza się :

- przeznaczenie stacji ;
- liczbę i typ określanych współrzędnych ;
- zakresy pracy stacji w odległości wykrywania /D wykr.max, D wykr. min/ ;
- zakresy pracy stacji w kątach położenia /εmin i εmax/ ; sektory wykrywania w azymucie ;
- zakresy pracy stacji w wysokości /Hmin i Hmax/ ;
- ilość obrotów systemu antenowego na minutę /N obrotów/ oraz czas okres jednego obrotu /T obrot.ant./ ;
- możliwości rozróżniania RLS w azymucie, odległości i kącie położenia ;
- dokładność określania współrzędnych obiektu /celu/ powietrznego.

W zależności od przeznaczenia RLS, te lub inne charakterystyki mogą mieć zasadniczy wpływ podczas oceny właściwości bojowych RLS, a szczególnie jeżeli idzie o przydatność do pracy w zakresie małych wysokości.

2.1.1. Przeznaczenie poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych i ich wykorzystanie.

Odległościomierze zakresu centymetrowego /P-35, P-37 i P-40/ przeznaczone są do wykrywania i śledzenia nieprzyjaciela powietrznego, zabezpieczenia bezpośredniego naprowadzania własnych samolotów myśliwskich na cele powietrzne oraz wskazywania celów powietrznych artylerii rakietowej.

Z treści powyższego przeznaczenia wynika, że są to stacje radiolokacyjne wielozadaniowe, wykorzystywane przede wszystkim do wykrywania i naprowadzania oraz to, że nie zawsze /nie w każdych warunkach/ mogą być one wykorzystywane do pracy w zakresie małych wysokości, z uwagi na wykonywanie innych zadań, np.: naprowadzanie własnych myśliwców na cele powietrzne w innym zakresie wysokości. Nie mniej jednak autor uważa za konieczne w tym miejscu stwierdzić, że przeznaczeniem podstawowym /zasadniczym/ każdej RLS jest wykrycie i rozpoznanie oraz określenie współrzędnych obiektu /celu/ powietrznego w granicach wysokości określonych technicznymi parametrami dla danej RLS.

Podobne przeznaczenie o tym samym brzmieniu można i należy formułować dla odległościomierzy typu "JAWOR-M" i "JAWOR-M2". Powyższe RLS są przeznaczone do realizacji tych samych celów co i odległościomierze zakresu centymetrowego. Różnica występująca pomiędzy nimi sprawdza się do technicznych rozwiązań oraz wykorzystywanego zakresu częstotliwości. Ponadto stacje typu "JAWOR" posiadają w swoim ukompletowaniu autonomiczny wysokościomierz typu "BOGOTA".

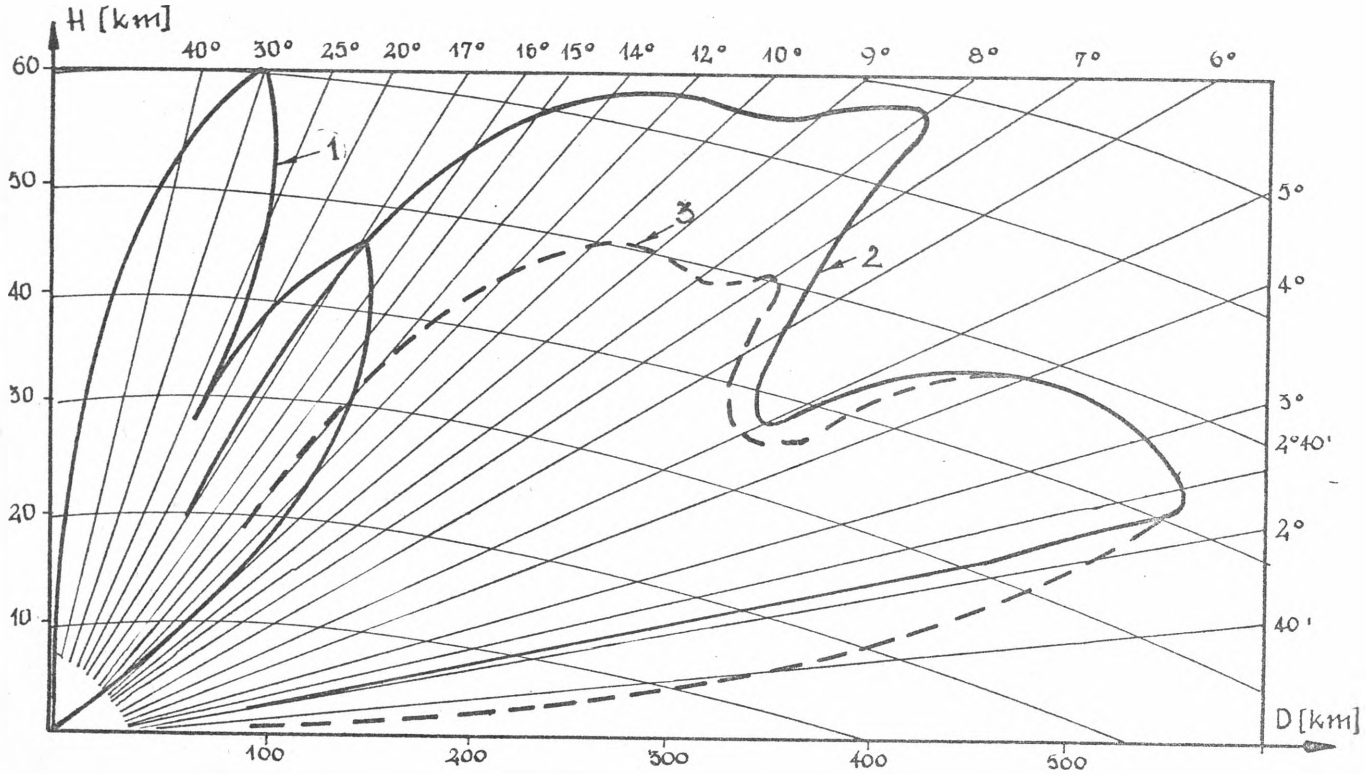
Druga grupa stacji radiolokacyjnych, to stacje radiolokacyjne zakresu metrowego, są one przeznaczone do wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na dużych odległościach, określenia ich bieżących współrzędnych i przynależności.
W tej grupie jako stacje zasadnicze /podstawowe/ występują P-14s i P-14F[x/]. Stacje radiolokacyjne typu P-12 i P-18 w tej grupie występują jako stacje pomocnicze do wypełniania stożka martwego stacji P-14. Samodzielnie w ugrupowaniu bojowym WRT te typy RLS raczej nie występują /patrz rys. 32/.
Tak jak w stosunku do odległościomierzy P-35, P-37, P-40, JAWOR M i JAWOR M2, można stwierdzić, że są to odległościomierze przeznaczone do wykonywania zadań nie w zakresie małych wysokości.
Podstawowe ich przeznaczenie i zadanie to wykrywanie i rozpoznanie nieprzyjaciela powietrznego na dalekich podejściach od wysokości średnich wzwyż. Nie mniej jednak, te stacje posiadają znaczne odległości wykrywania i na małych wysokościach.

Trzecią grupą, to stacje zakresu decymetrowego typu P-15 i NAREW. Podstawowym przeznaczeniem tych RLS jest wykrywanie i rozpoznanie obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących. Powyższe RLS są typowymi odległościomierzami do wykonywania zadań w zakresie małych wysokości. RLS P-15 jak już podano wcześniej posiada szereg modyfikacji przystosowanych do pracy wyłącznie w zakresie małych wysokości.

Czwartą grupą - to stacje radiolokacyjne pomiaru wysokości typu PRW, BOGOTA i NIDA. Podstawowym przeznaczeniem tych RLS jest pomiar wysokości przy ścisłej współpracy /sprzężenie elektryczne/ z odległościomierzami.

---

x/ P-14s - stacja stacjonarna
P-14F - stacja ruchoma /przewoźna-montowana w kilku specjalnych przyczepach/.



Rys. 32. Charakterystyki promieniowania przy integralnej pracy RLS P-14 i P-12.

1. Charakterystyka promieniowania RLS P-12.
2. Charakterystyka promieniowania RLS P-14 w wysokościowym reżymie pracy.
3. Charakterystyka promieniowania RLS P-14 w małowysokościowym reżymie pracy.

Ta grupa RLS zasługuje na szczególną uwagę ze względów na ich wykorzystanie.
Wysokościomierze PRW-9 i PRW-16 mogą współpracować ze wszystkimi odległościomierzami, jednak ich podstawowe przeznaczenie to pomiar wysokości obiektów /celów/ nisko lecących i ścisła współpraca z odległościomierzami typu P-15 i systemem "WOZDUCH".
Wysokościomierz typu "BOGOTA" współpracuje tylko z odległościomierzami typu "JAWOR", natomiast wysokościomierz "NIDA" jest przeznaczony do określania wysokości obiektów /celów/ nisko lecących i ścisłej współpracy z odległościomierzem "NAREW".

Na szczególną uwagę zasługują wysokościomierze PRW-11 i PRW-13, ponieważ są one uniwersalne i mogą współpracować z przeważającą większością odległościomierzy, np.: P-35, P-37, P-14, P-14F, P-12, P-18 oraz z RLK 5N87 i systemem "WOZDUCH".

Autora interesują powyższe wysokościomierze z tego powodu, że mogą one pracować jako odległościomierze i w dodatku w zakresie małych wysokości.
Wysokościomierz PRW-11 jest nieco starszego typu i jako odległościomierz posiada tylko jeden rodzaj pracy "Wykrywanie".
W tym rodzaju pracy, sytuacja powietrzna z obserwacji okrężnej zobrazowana jest na dodatkowym /wydzielonym/ wskaźniku obserwacji okrężnej. Z zasady PRW-11 przy pracy "wykrywanie" musi być sprzężony ze wskaźnikiem stacji P-35 lub wskaźnikiem aparatury "WOZDUCH".

Wysokościomierz PRW-13 do zobrazowania informacji z obserwacji okrężnej posiada własny /autonomiczny/ wskaźnik /WOO-02/. PRW-13 zabezpiecza pracę w siedmiu rodzajach, z tego dwa rodzaje pracy wykorzystywane są do obserwacji okrężnej na małych wysokościach, mianowicie "Obserwacja okrężna - zatrzymanie" i "obserwacja okrężna - program".

Nieco uwagi należy tu poświęcić radiolokacyjnemu kompleksowi RLK 5N-87.

Jest to kompleks wielozadaniowy, przeznaczony do wykrywania obiektów /celów/ powietrznych od małych wysokości do stratosferycznych, naprowadzania własnego lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne i wskazywania celów artylerii rakietowej. W skład kompleksu wchodzą dwa odległościomierze i cztery wysokościomierze: dwa PRW-9/16/ i dwa PRW-11/13/. Kompleks zabezpiecza cztery rodzaje pracy, a mianowicie :

1. "podstawowy wariant".
2. "dyżurny wariant D-I"
3. "dyżurny wariant D-II"
4. "podwójny dyżurny wariant /połączony/".

Z krótkiego zarysu przeznaczenia poszczególnych grup stacji radiolokacyjnych i ich wykorzystania wynika, że :

- większość stacji radiolokacyjnych to stacje wielozadaniowe lub dalekiego wykrywania ;
- typowymi stacjami radiolokacyjnymi przeznaczonymi do pracy w zakresie małych wysokości to tylko RLS P-15 i jej modyfikacje, RLS "NAREW" oraz wysokościomierze PRW-11 i 13 przy rodzaju pracy "okrężna obserwacja".

2.1.2. Zakresy pracy stacji radiolokacyjnych w odległości wykrywania.

Zasięg wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej jest podstawowym wskaźnikiem jej przestrzennych możliwości. Rozpatrzmy zatem jak przedstawiają się zakresy pracy stacji radiolokacyjnych, tj. według jakiego kryterium określana jest minimalna i maksymalna odległość wykrywania.

Minimalna odległość wykrycia

Minimalny promień wykrywania stacji radiolokacyjnej Rmin zależy od przedziału obserwacji układu antenowego w kącie położenia /ε°/. Jest on różny na poszczególnych wysokościach i wyznacza wielkość stożku martwego dla stacji radiolokacyjnej.

Dla kosekansnych charakterystyk promieniowania Rmin może być obliczony /określony/ następującym wzorem :

$$R_{min.} = \frac{H}{\sin \varepsilon_{max.}} \qquad /2.1/$$

gdzie :

H - rozpatrywana wysokość ;

$\varepsilon_{max.}$ - graniczny kąt położenia.

Przy małych kątach położenia rzeczywista wartość minimalnej odległości wykrywania może być ograniczona przez rozjaśnienie początku podstawy czasu na ekranie wskaźnika odbiciami od przedmiotów terenowych /miejscowych/.

Praktycznie dla naziemnych stacji radiolokacyjnych, przy idealnie wybranych pozycjach rozwinięcia, rozjaśnienie podstawy czasu od przedmiotów terenowych /miejscowych/ sięga od punktu zerowego /miejsca stania stacji/ na odległość do 10-15 a nawet 20 km.

Ponadto minimalna odległość wykrywania każdej RLS zależy od jej technicznych parametrów, zdolności rozdzielczej urządzenia odbiorczego i założonego prawdopodobieństwa wykrywania.

Maksymalna odległość wykrywania

Maksymalna odległość wykrywania każdej RLS jest ustalana wymogami taktycznymi i technicznymi. Może być ona obliczona za pomocą podstawowego równania radiolokacji.

$$D_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_i \, G^2 \, \lambda^2 \, \sigma_{sk}}{(4\pi)^3 \, P_{o\,min.}}} \qquad /2.2/$$

gdzie :

D_{max} - maksymalna odległość wykrywania RLS ;

Pi - moc nadajnika w impulsie ;

λ - długość fali roboczej ;

Po min - minimalna moc sygnału, odbitego od obiektu powietrznego, odbierana przez odbiornik ;

G - zysk anteny ;

σ_{sk} - skuteczna powierzchnia odbijająca obiektu powietrznego ;

4π - współczynnik.

Z równania /2.2/ wynika, że maksymalna odległość wykrywania zależy od szeregu technicznych parametrów samej stacji radiolokacyjnej oraz od warunków rozchodzenia się fal radiowych i parametrów obiektu powietrznego. W rzeczywistych warunkach wykorzystania stacji radiolokacyjnych podlegają one przypadkowym zmianom - szczególnie ma to miejsce w zakresie małych wysokości. Dlatego też i maksymalna odległość wykrywania dla każdej RLS jest podawana w odniesieniu do określonego prawdopodobieństwa.

Zarówno przy minimalnych jak i maksymalnych odległościach wykrywania stacji radiolokacyjnych mamy do czynienia z określonymi parametrami i warunkami oraz z założonym prawdopodobieństwem.

Wyżej wymienione parametry i warunki będą analizowane w następnych podrozdziałach jako oddzielne problemy, natomiast założone prawdopodobieństwo należy zdaniem autora przeanalizować w tym miejscu aby mieć jasny pogląd na możliwości przestrzenne poszczególnych typów RLS /na małych wysokościach/ przy ich

ilustracji.

Założone prawdopodobieństwo ustala się na podstawie wstępnych prób z nowymi stacjami radiolokacyjnymi przy prognozowaniu maksymalnej i minimalnej odległości ich wykrywania dla konkretnych wysokości lotu obiektów powietrznych.
Zwykle okazuje się, że minimalna i maksymalna odległość wykrywania stanowi określoną wartość dla pewnego procentu /np.: 50%, 60%, 80%, 90%/ spośród wszystkich przeprowadzonych pomiarów.

Takie określenie minimalnej i maksymalnej odległości wykrywania oznacza, że wielkości te są zagwarantowane dla n% spośród wszystkich pomiarów /przypadków/ wykrycia obiektu powietrznego. Dla pozostałej liczby pomiarów /przypadków/ /100 - n%/ obiekt powietrzny może być nie wykryty na odległościach równych minimalnemu czy też maksymalnemu zasięgowi wykrywania, może on być natomiast wykryty na odległościach nieco mniejszych lub większych. Powyższą współzależność ilustrują krzywe prawdopodobieństwa wykrywania /dla RLS P-12, P-15 i P-35/ przedstawione na rys. 33.

Jak wynika z przedstawionych wykresów, przy małych kątach położenia /lotach obiektów powietrznych na małych wysokościach/ minimalna odległość wykrywania zwiększa się, tzn., że zwiększa się przestrzeń w której stacja radiolokacyjna nie wykrywa obiektów powietrznych.

Jeżeli założone prawdopodobieństwo wykrywania przyjmiemy o wartości 0,5, to minimalna odległość wykrywania dla poszczególnych grup RLS będzie kształtować się :

- 18-25 km dla RLS zakresu centymetrowego ;
- 12-18 km dla RLS zakresu metrowego ;
- 12-20 km dla RLS zakresu decymetrowego.

W związku z tym "martwe strefy" wokół punktu stania stacji radiolokacyjnej odpowiednio wynosić będą :

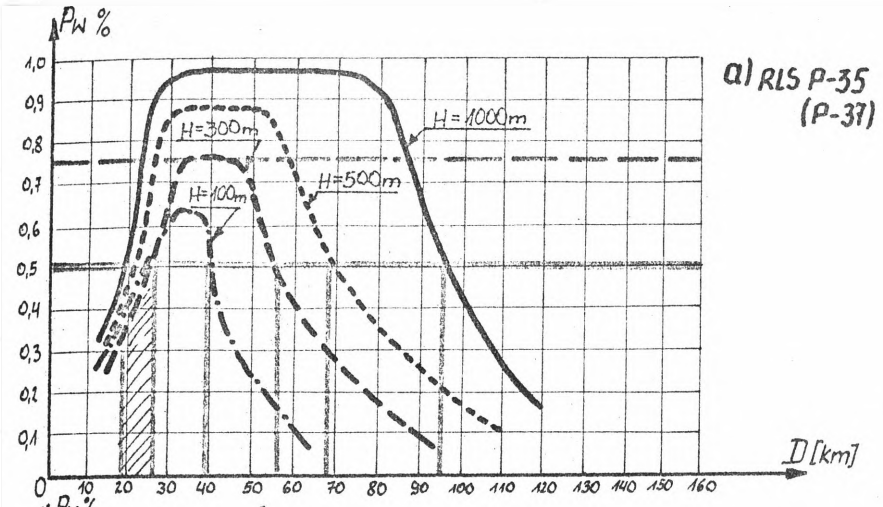
- 36-50 km dla zakresu centymetrowego ;
- 25-36 km dla zakresu metrowego ;
- 25-40 km dla zakresu decymetrowego.

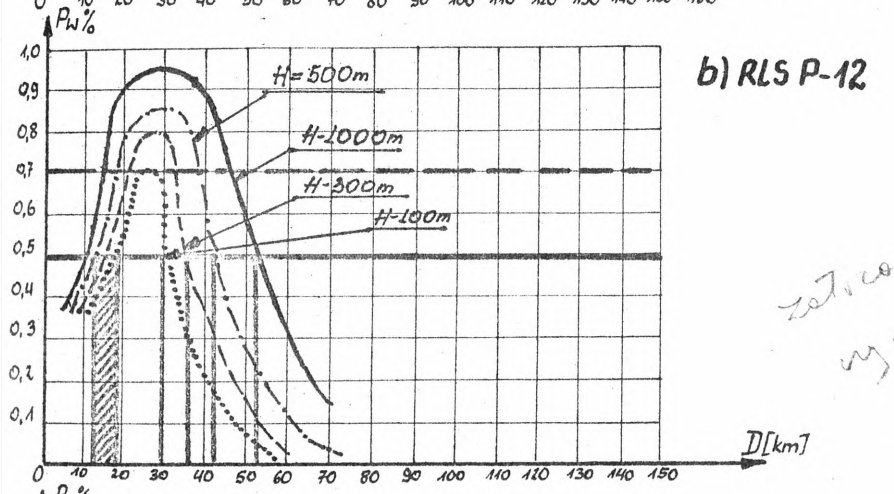
Ponadto z przedstawionych wykresów wynika i to, że jeżeli założymy większe prawdopodobieństwo wykrywania obiektów powietrznych - zwiększą się nam także martwe strefy w poszczególnych grupach stacji radiolokacyjnych /o około 30% dla zakresu decymetrowego i metrowego oraz o 50% dla zakresu centymetrowego.

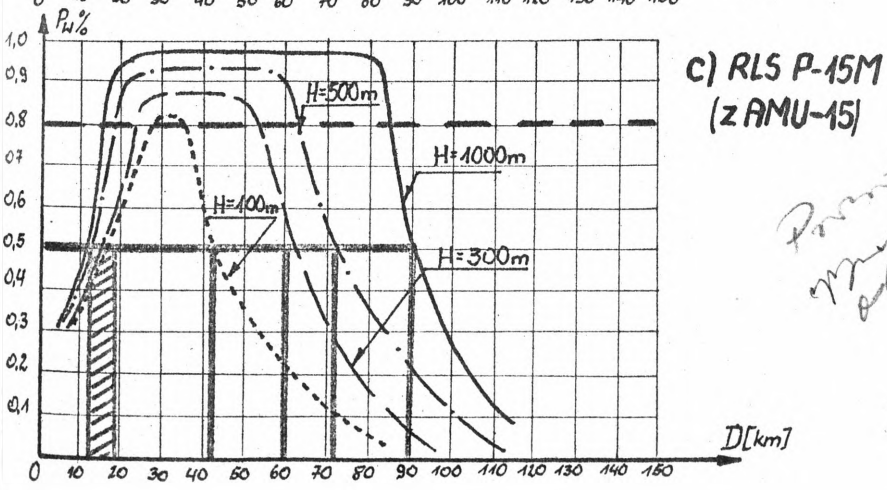
Według takiej samej zasady wyznaczana jest i maksymalna odległość wykrywania poszczególnych stacji radiolokacyjnych dla konkretnych wysokości lotu obiektu powietrznego. W materiałach źródłowych maksymalne odległości wykrywania, dla poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych, podawane są najczęściej dla określonego obiektu powietrznego tj. myśliwca, bombowca lub skrzydlatej rakiety z założonym prawdopodobieństwem 0,5.

Z powyższego wynika, że kryterium dla określenia minimalnej i maksymalnej odległości wykrywania jest założone prawdopodobieństwo. W niektórych materiałach występują większe lub mniejsze nieścisłości w wartościach odległości wykrywania tylko z takiego powodu, że przy prognozowaniu wartości zasięgów wykrywania założono mniejsze lub większe prawdopodobieństwo od 0,5.

Dane odnośnie maksymalnych odległości wykrywania na małych wysokościach ilustruje tabela 6. Wynika z niej, że odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach przez rozpatrywane stacje radiolokacyjne są niezbyt duże, a szczególnie na wysokościach poniżej 100 m.







Rys. 33. Zależność odległości wykrywania stacji radiolokacyjnych od założonego prawdopodobieństwa na określonych pułapach wysokości.

Tabela 6.

Zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach przy założonym prawdopodobieństwie wykrywania 0,5 x/.

a. samolotu bombowego /o skutecznej powierzchni odbicia $\sigma_{sk} = 5 \div 10\ m^2$/
b. samolotu myśliwskiego /o skutecznej powierzchni odbicia $\sigma_{sk} = 1 \div 5\ m^2$/
c. skrzydlatej rakiety /o skutecznej powierzchni odbicia $\sigma_{sk} = 0{,}3 - 0{,}5\ m^2$/

Wysokość lotu obiektu (celu) powietrznego w m	Typy stacji radiolokacyjnych, oraz ich zasięgi wykrywania na wymienionych wysokościach w km.														
	P-12M	P-18	P-14F	P-15M	P-15 ZUNZA xx	JAWOR M	JAWOR M-2	NAREW	P-35M	P-35 mH	P-37	P-40	PRW-11 NL	PRW-13 NL	5N-87
a.															
50	—	—	35	30	58	—	—	brak danych	—	42	—	brak danych	40	45	—
100	26	36÷39	50	39	71	40	45		42	52	42		50	65	60
200	35	45÷55	65	52	84	50	60		50	60	49		62	80	—
300	40	52÷65	78	65	97	55	70		50	[illegible]	56		73	95	70
400	45	58÷72	92	75	110	70	82		60	90	63		80	110	—
500	50	65÷78	104	85	117	75	90		65	100	70		90	123	90
600	55	75÷87	117	90	130	85	95		70	105	80		100	130	—
1000	65	80÷110	136	105	—	100	110		90	117	110		130	150	—
b.															
50	—	—	30	20	45	—	—	50	—	30	—	brak danych	30	30	—
100	20	28÷30	40	30	55	30	36	60	30	42	30		34	50	40
200	25	30÷45	50	40	65	40	50	70	35	48	35		40	63	—
300	30	40÷50	60	50	75	45	56	80	42	58	40		50	73	50
400	35	45÷55	70	60	85	55	65	90	50	70	45		55	85	—
500	40	50÷60	80	70	90	60	70	100	55	75	50		60	95	65
600	43	55÷70	90	75	100	65	75	—	60	78	55		65	100	—
1000	50	65÷80	105	90	—	80	90	—	70	90	80		90	120	—
c.															
50	—	—	—	—	35	brak danych	brak danych	brak danych	—	brak danych	—	brak danych	brak danych	brak danych	—
100	—	25÷27	26	24	42				—		21				32
200	18	27÷30	36	32	50				—		25				—
300	20	30÷35	48	40	57				—		28				—
400	25	35÷40	55	48	65				30		30				—
500	30	45÷50	65	55	70				35		35				60
600	32	50÷55	73	60	78				38		42				—
1000	35÷40	60÷65	84	72	—				45		60				—

x/ Tabelę Nr 6 zestawiono na podstawie danych zawartych w podręcznikach /opisach poszczególnych typów RLS/, w skrypcie ppłk Jerzego SIWICKIEGO "Normatywy taktyczno-techniczne stacji radiolokacyjnych WRT OPK oraz własnych notatek sporządzonych w czasie pobytu na kursie w ZSRR w 1976 r.

xx/ Dane odnoszą się do RLS P-15NL wyposażonej w 30 m maszt.

Ponadto żadne z dostępnych dla autora materiałów źródłowych nie podaje danych w zakresie wykrywania obiektów /celów/ powietrznych poniżej wysokości 50 m, a z analizy możliwości nieprzyjaciela powietrznego /rozdział 1/ wynika jednoznacznie, że przeciwnik ma możliwości i może wykonywać loty poniżej tej wysokości.

Oprócz tego, brak jest w materiałach źródłowych danych traktujących problem wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach od strony praktycznej, tj.: gdzie, w jakich warunkach, przy użyciu jakich typów RLS uzyskano lepsze wyniki /osiągnięto lepsze możliwości/ od podawanych w opisach i instrukcjach.

W tym miejscu zdaniem autora należy nadmienić, że w literaturze fachowej można spotkać materiały i dane traktujące o osiąganiu lepszych możliwości w zakresie wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach przez niektóre stacje radiolokacyjne. Jednak dotyczy to z zasady konkretnych modyfikacji w określonych typach RLS, wykonanych już przez zakłady produkcyjne na podstawie osiągniętych doświadczeń przez instytuty i użytkowników.

Takie modyfikacje posiadają RLS P-35 i RLS P-15.
Np.: w RLS P-35 wykorzystano do pracy w zakresie małych wysokości 1 i 5 kanał, z pokrywającymi się osiami maksymalnego promieniowania anteny tych kanałów oraz potęgowe sumowanie sygnałów.
Zasięg zmodyfikowanej w ten sposób RLS, w porównaniu z normalną, zwiększył się około 40%. Nadano jej nazwę RLS P-35 mH.

Stację radiolokacyjną P-15 modyfikowano kilkakrotnie. Poszczególne modyfikacje, w porównaniu z normalną RLS P-15, posiadają większe zasięgi wykrywania o 50-70%.

2.1.3. Struktura budowy strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej.

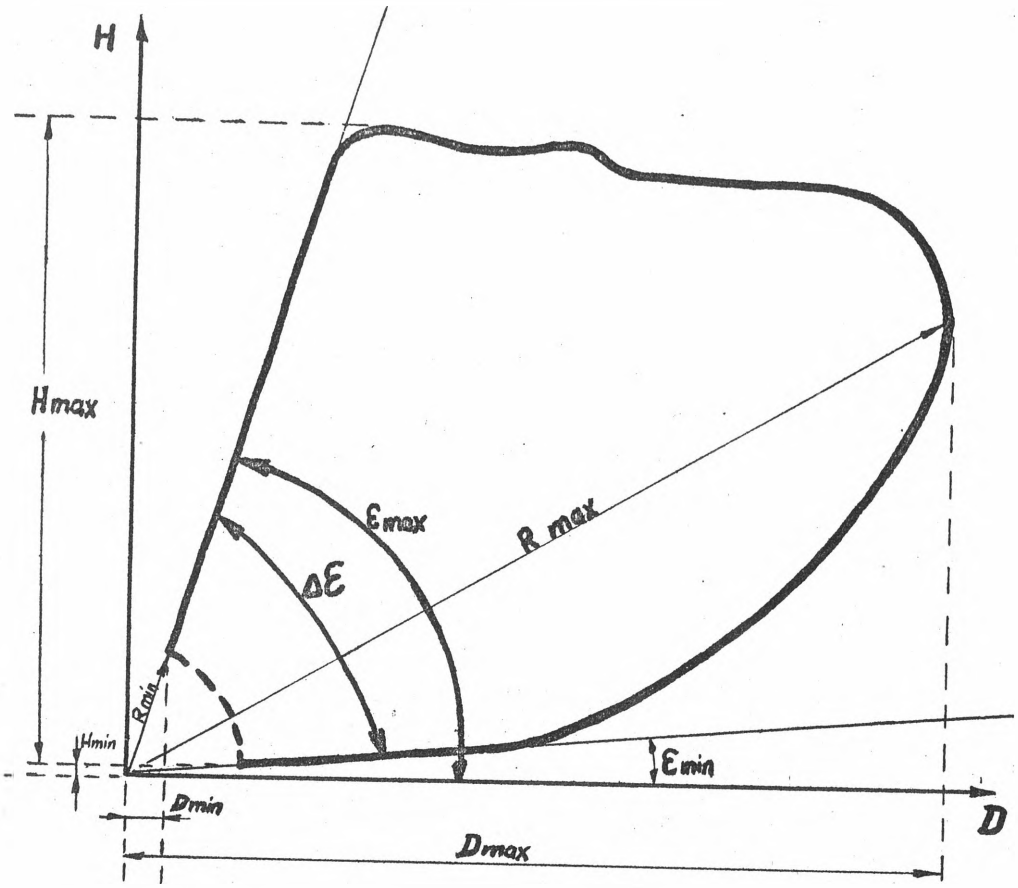
Strefą wykrywania stacji radiolokacyjnej nazywa się przestrzeń, w granicach której wykrywa się i śledzi obiekty /cele/ powietrzne z założonym prawdopodobieństwem oraz określa się współrzędne wykrytych obiektów /celów/ powietrznych z wymaganą dokładnością /patrz rys. 34 i 35/.

Tak więc strefa wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej ograniczona jest z jednej strony minimalną i maksymalną odległością wykrywania, z drugiej zaś strony granicami sektora obserwacji w kącie położenia $/\Delta\varepsilon/$. Zwykle dla każdej RLS ustalony jest minimalny kąt położenia ε min oraz maksymalny kąt położenia ε max.

Minimalny kąt położenia zależy od warunków kształtowania charakterystyki kierunkowej z uwzględnieniem wpływu ziemi oraz uwarunkowany on jest względami konstrukcyjnymi i eksploatacyjnymi urządzenia antenowego. Najczęściej minimalny kąt położenia ε min jest równy kilku dziesiątym stopnia dla stacji zakresu centymetrowego oraz 1° - 3° dla stacji radiolokacyjnych zakresu decymetrowego i metrowego.

Maksymalny kąt położenia dla współczesnych stacji radiolokacyjnych mieści się w granicach od 30° do 45°.
Wartości kątów położenia dla poszczególnych typów RLS ilustruje załącznik Nr 9.

Jak wynika z przedstawionego wykresu na rys. 34 oraz danych zawartych w załączniku Nr 9 wartość minimalnego kąta położenia ma znaczny wpływ na odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach, ponieważ zmniejszenie wielkości minimalnego kąta położenia $/\varepsilon_{min}/$ umożliwia zwiększenie odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej.



Rmin - minimalny promień wykrycia
R max - maksymalny promień wykrycia

Rys. 34. Wartości określające strefę wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej.

Powyższy efekt uzyskać można stosując określone przedsięwzięcia taktyczne i techniczne, a polegające na podniesieniu układu antenowego nad powierzchnię ziemi lub jego skłon w stronę ujemnych kątów.

Zwiększenie natomiast maksymalnego kąta położenia /ε_{max}/ powoduje zwiększenie możliwości wykrywania i obserwacji obiektów /celów/ powietrznych znajdujących się na dużych wysokościach, lecz jednocześnie prowadzi do zmniejszenia /utraty/ możliwości w tym zakresie na małych wysokościach.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe ustalenia odnośnie granic stref wykrywania stacji radiolokacyjnych, możemy dokonać bardziej szczegółowej analizy strefy wykrywania oddzielnie wziętej stacji radiolokacyjnej na małej wysokości.

Do konstrukcji strefy wykrywania na małych wysokościach posłużymy się danymi wykrywania tych stacji radiolokacyjnych, których zasięgi na małych wysokościach są najlepsze i zbliżone np.: RLS P-15M, JAWOR M-2, P-35mH, P-14 i P-15NL. Wybór tych typów RLS nie jest przypadkowy, ponieważ w ugrupowaniu WRT OPK ich ilość jest największa.

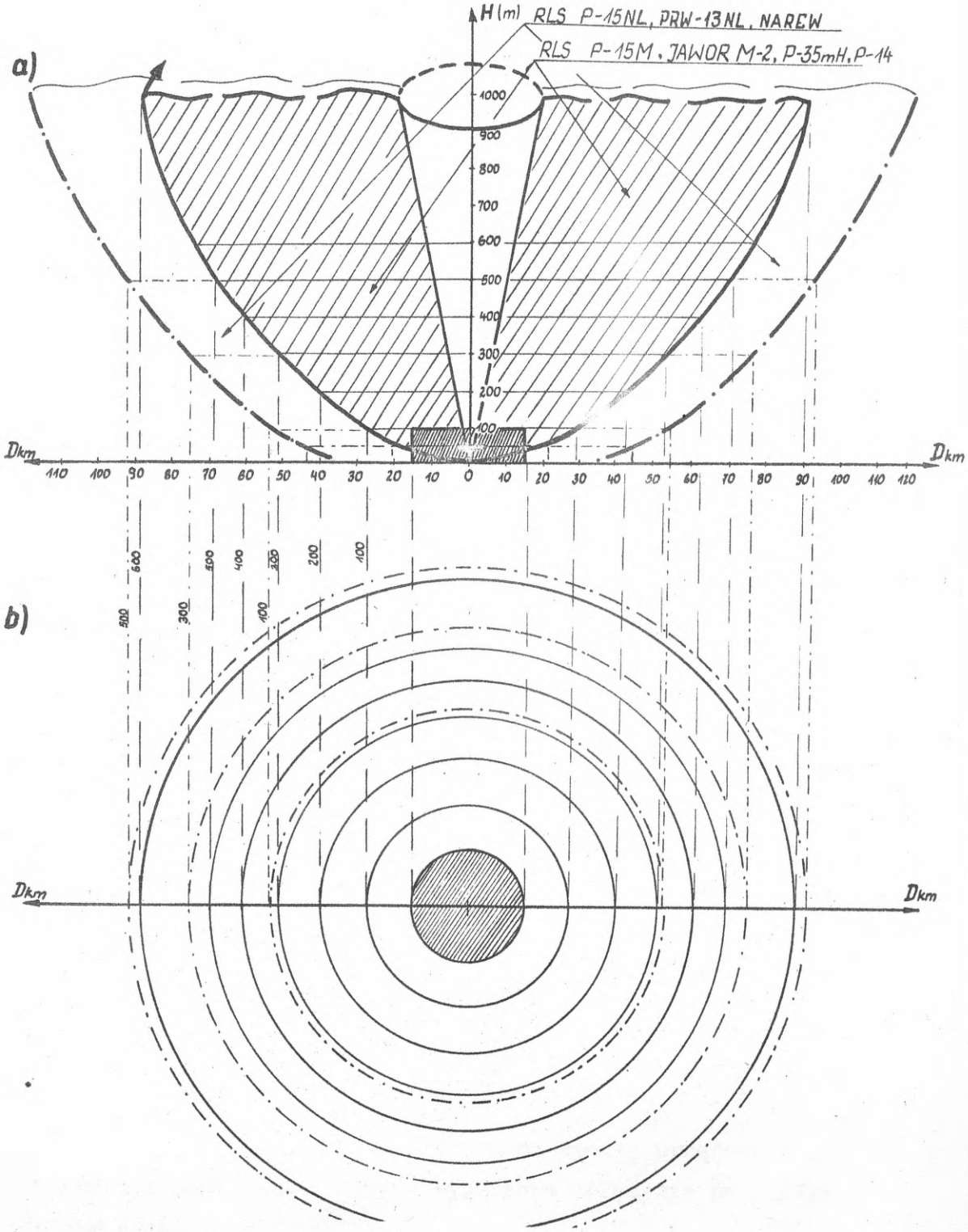
Dane użyte do prognozowania strefy odpowiadają zasięgom wykrywania RLS w stosunku do pojedynczego samolotu myśliwskiego o σ_{sk}= 1-5 m^2.

Strefę wykrywania przeanalizujemy w dwóch wymiarach, a mianowicie :

- w płaszczyźnie pionowej ;
- w płaszczyźnie poziomej.

Jak wynika z rys. 35, najbardziej niekorzystne warunki wykrywania obiektów /celów/ powietrznych istnieją na wysokościach : 50, 100 i 200 m. Zakładając przy tym, że pozycja na której jest rozwinięta stacja radiolokacyjna odpowiada całkowicie wymaganiom ujętym w instrukcjach eksploatacji sprzętu i nie wnosi żadnych zmian w charakterystykę promieniowania przy jej formowaniu.

Z kolei, ze względu na specyfikę pracy i przeznaczenie stacji pomiaru wysokości, autor chciałby poświęcić nieco uwagi tym stacjom. Szczegulnie w zakresie formowania i konstrukcji stref wykrywania w rodzaju pracy "obserwacja okrężna".



Rys.35. Strefy wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach:

a / w płaszczyznie pionowej

b / w płaszczyznie poziomej

Przystosowanie lub wykorzystanie stacji pomiaru wysokości typu PRW-11 i PRW-13 do wykonywania zadań w rodzaju pracy "obserwacja okrężna", polega na zablokowaniu urządzenia antenowego w kącie położenia pod wybranym optymalnym znaczeniu kąta/patrz rys. 36/. Z zasady optymalnym kątem - jest taki kąt położenia anteny,przy którym zabezpiecza się wykrycie obiektu /celu/ powietrznego małowysokościowego na maksymalnej odległości.
Np.: dla wysokościomierza PRW-13 optymalny kąt nie powinien przekraczać wartości 15' nad kątami zakrycia pozycji,natomiast dla PRW-11 - 20'.

Wymienione wysokościomierze posiadają dość wąskie kierunkowe charakterystyki promieniowania i w porównaniu z innymi stacjami o wiele większą moc.Powyższe właściwości wysokościomierzy zabezpieczają : zgrubsza selekcję obiektów / celów/ powietrznych w wysokości, dostateczne uodpornienie od zakłóceń pasywnych oraz wykrywanie i śledzenie niskolecących obiektów /celów/ powietrznych z prawdopodobieństwem rzędu 0,7 - 0,8.

Radiolokacyjny wysokościomierz PRW-13 posiada jeszcze jeden rodzaj obserwacji okrężnej,a mianowicie "obserwacja okrężna - program", który dzieli się na trzy warianty :

- jednolistkowa obserwacja ;
- dwulistkowa obserwacja ;
- trzylistkowa obserwacja.

Zasada pracy polega na tym,że urządzenie antenowe stacji ustawia się w wyjściowe położenie pod optymalnym kątem.

Kąt położenia urządzenia antenowego,od przyjętego położenia wyjściowego,można zmieniać skokowo w granicach od-2° do 27°, za każdy pełny obrót anteny na 0,5° szerokości kierunkowej charakterystyki promieniowania.

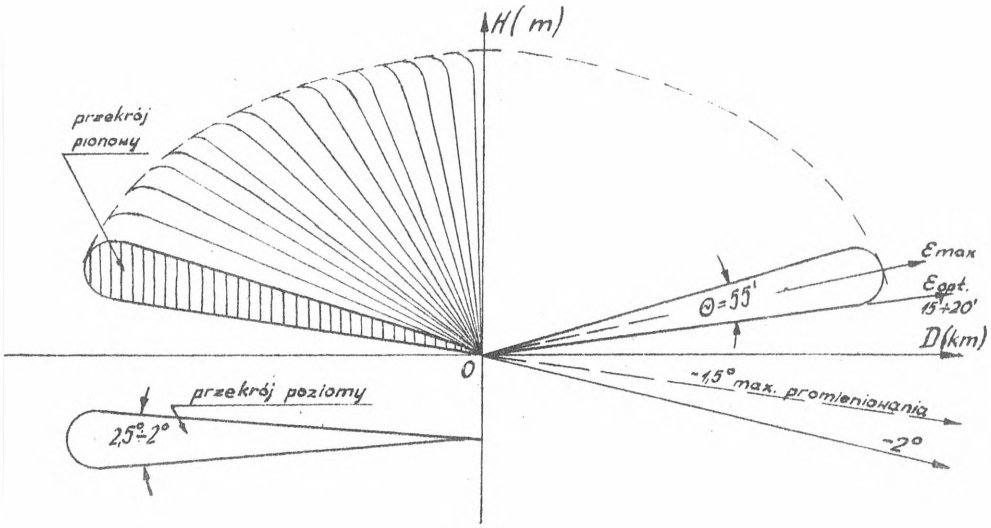
W założonym programie pracy stacji przewidziane są trzy zmiany skokowe położenia anteny /0,1,2/.
Po zakończeniu programu urządzenie antenowe powraca w wyjściowe położenie. Taka konstrukcja strefy wykrywania pozwala wykrywać i obserwować obiekty/ cele/ powietrzne na małych wysokościach, w porównaniu z pierwszym rodzajem pracy, w większym zakresie wysokości / rys. 36/.

Aby mieć prawidłowy pogląd na strukturę budowy i tworzenie się strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej należy rozpatrzeć jeszcze w tym zagadnieniu prędkość z jaką urządzenia antenowe poszczególnych typów RLS obracają się wokół swej osi/ miejsca stania/ w określonej jednostce czasu, ponieważ ma to istotny wpływ na wykrywanie i śledzenie celów nisko lecących

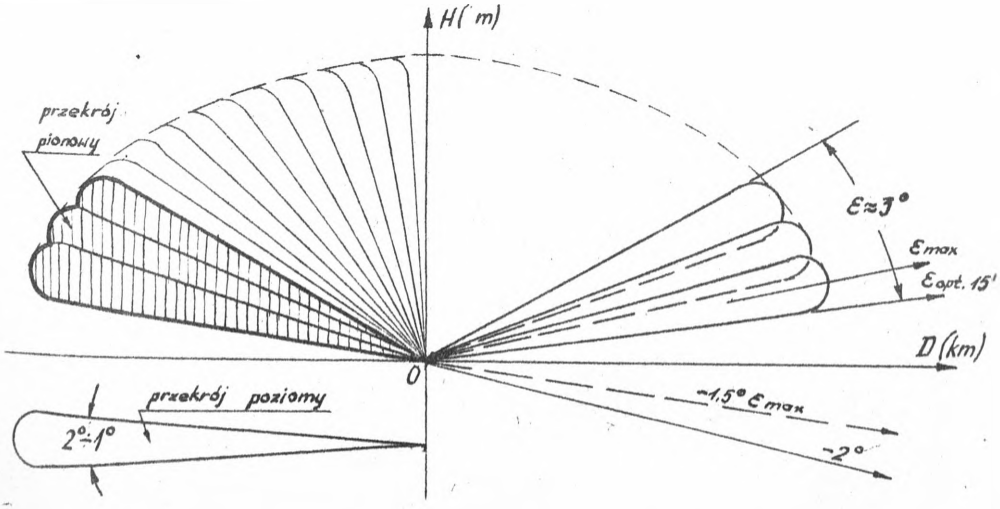
Urządzenie antenowe /kierunkowa charakterystyka promieniowania / stacji radiolokacyjnej w wyniku obrotu azymutalnego / wokół swej osi/ tworzy o określonych wymiarach strefę kontroli radiolokacyjnej,którą nazywamy strefą wykrywania,rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych.

Większość istniejących typów stacji radiolokacyjnych prowadzi obserwację przestrzeni powietrznej/ w swym zasięgu wykrywania/ dookrężnie,określając azymut β w przedziale od 0° do 360°.

a / Wariant dla PRW-11 "wykrywanie" oraz dla PRW-13, rodzaj pracy "zatrzymanie".



b / Wariant dla PRW-13 - rodzaj pracy "obserwacja okrężna - program".



Rys.36. Konstrukcja stref wykrywania wysokościomierzy PRW-11 i PRW-13.

Niektóre stacje radiolokacyjne prowadzą obserwację sektorową. Rozmiary wybranego sektora obserwacji wybiera się z zasady na podstawie założeń taktycznych i wynikłych w czasie działań potrzeb.

Okresem obserwacji /T obs./ nazywany przedział niezbędnego czasu do opromieniowania wszystkich punktów przestrzeni powietrznej w strefie obserwacji/ wykrywania/ stacji radiolokacyjnej.

Ciągłość i wymaganą wyrazistość zobrazowania odbitych sygnałów od obiektów powietrznych na urządzeniach wskaźnikowych RLS zapewnia się przy spełnianiu następujących zależności :

$$T_{obs.} \geq \frac{n_{i\,min}\,\Delta\beta\,\Delta\varepsilon}{f_p\,\Theta_{\beta 0.5}\,\Theta_{\varepsilon 0.5}} \qquad /2.3/$$

w których : Tobs - okres obserwacji w sekundach ;

$n_{i\,min}$ - minimalna liczba impulsów odbitych od obiektu powietrznego, a niezbędna do wykrycia obiektu powietrznego z założonym prawdopodobieństwem /$n_{i\,min} = 5 \div 25$/;

f_p - częstotliwość powtarzania impulsów ;

$\Delta\beta$ - sektor obserwacji w płaszczyźnie poziomej;

$\Delta\varepsilon$ - sektor obserwacji w płaszczyźnie pionowej;

$\Theta_{\beta 0.5}$ - szerokość kierunkowej charakterystyki promieniowania anteny w płaszczyźnie poziomej ;

$\Theta_{\varepsilon 0.5}$ - szerokość kierunkowej charakterystyki promieniowania anteny w płaszczyźnie pionowej.

Dla stacji radiolokacyjnych wykrywania,naprowadzania i wskazywania celów.

$$\Delta\varepsilon = \Theta_{\varepsilon 0.5}$$

w związku z tym:

$$T_{obs.} \geq \frac{n_{i\,min}\,\Delta\beta}{f_p\,\Theta_{\beta 0.5}} \qquad /2.4./$$

Okres obserwacji określa przedział czasu między dwoma kolejnymi pomiarami współrzędnych obiektu powietrznego. Przy współczesnych prędkościach obiektów powietrznych/ szczególnie na małych wysokościach/ płynność /szybkość kątowa/ przemieszczania się /zobrazowania/ odbić na ekranach wskaźników oraz dokładność odtworzenia trasy lotu obiektu powietrznego wymaga,aby czas obserwacji był krótszy tzn, aby antena szybciej obracała się wokół swej osi. Z drugiej strony musi być spełnione wymaganie, aby w tym okresie czasu nie zmniejszyła się liczba odbitych impulsów od obiektu powietrznego.

Jednym ze sposobów zmniejszenia okresu obserwacji jest zwiększenie kątowej szerokości kierunkowej charakterystyki promieniowania anteny stacji radiolokacyjnej. Jednak w celu zachowania lub poprawienia czy zwiększenia zdolności rozdzielczej oraz zwiększenia dokładności określania współrzędnych wykrytych obiektów, są wymagane i niezbędne wąskie kierunkowe charakterystyki promieniowania.

Te sprzeczne wymagania w nowszych typach RLS są spełniane przez kompromisowy wybór szerokości kierunkowej charakterystyki promieniowania i metody przeszukiwania przestrzeni powietrznej. Np.: praca PRW-13 w rodzaju "okrężna obserwacja - program".

Okres obserwacji w stacjach okrężnej obserwacji jest równy czasowi niezbędnemu na pełny obrót układu antenowego wokół swej osi, to jest :

$$T_{obs.} \frac{60}{n_A} \qquad /2.5./$$

gdzie :

n_A - liczba obrotów anteny na minutę ;

60 - sześćdziesiąt sekund / podstawowa stała jednostka czasu, przyjęta w działalności wojsk WRT/.

Ta stała jednostka czasu nosi jeszcze miano- dyskretność.

Z przedstawionego wzoru wynika,że jeżeli chcemy zwiększać lub zmniejszać okres obserwacji to musimy zwiększać lub zmniejszać liczbę obrotów anteny RLS w przyjętej stałej jednostce czasu.

Tabela 7.

Możliwe liczby obrotów urządzeń antenowych poszczególnych typów RLS.

Typy stacji radiolokacyjnych	Liczba obrotów urządzenia antenowego w ciągu jednej minuty /ob/min/.
P-12M	Prędkość obrotów anteny można płynnie regulować w granicach od 0 do 6 obrotów na minutę
P-18	2,4,6/możliwe płynne regulowanie obrotów od 0 do 7 obr. na minutę/
P-14/P-14F/	2,4 i 6
P-15M	6
JAWOR-M /M-2/	3,6i9
NAREW	6, 12
P-35M	3, 6
P-35 m H	3, 6
P- 37	3, 6
P- 40	6, 9, 18
PRW-11NL	4
PRW-13NL	6, 10
5 N-87	3, 6

Reasumując należy podkreślić,że w literaturze fachowej ten problem traktowany jest następująco :

- przy poszukiwaniu obiektów /celów/ niskolecących zaleca się stosowanie rodzaju pracy dla RLS " obserwacja okrężna" z minimalną prędkością obrotów systemu antenowego;

- przy śledzeniu wykrytego już celu nisko lecącego może być stosowany rodzaj pracy zarówno obserwacja okrężna jak i sektorowa, lecz z maksymalną prędkością obrotów systemu antenowego.

2.1.4. Możliwości stacji radiolokacyjnych w zakresie śledzedzenia wykrytych obiektów /celów/ nisko lecących

Dokładna nawet znajomość zarówno zasięgów wykrywania jak i stref wykrywania/ widzialności/stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach,jeszcze nie całkowicie i nie w pełni charakteryzuje możliwości bojowe urządzeń radiolokacyjnych /RLS/ w tym zakresie. Aby uzyskać pełną charakterystykę możliwości stacji radiolokacyjnych należy jeszcze rozpatrzeć możliwości śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

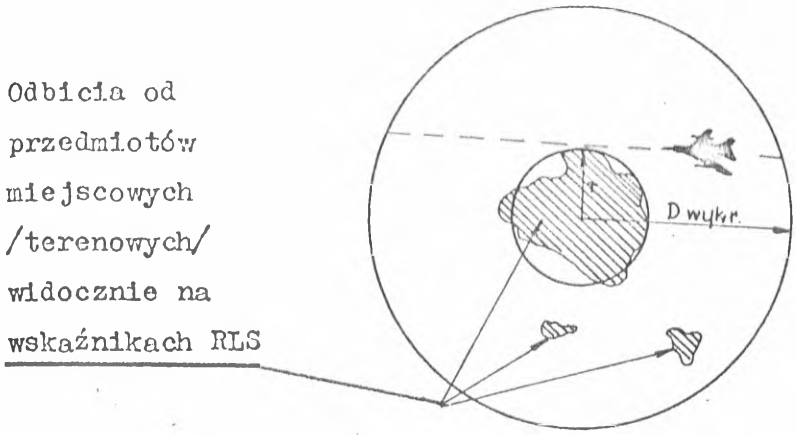
Powyższy problem jest dość skomplikowany, z uwagi na to,że na możliwości śledzenia wykrytych obiektów / celów/powietrznych duży wpływ wywierają odbicia od przedmiotów miejscowych.
W większości wypadków / w realnych ugrupowaniach wojsk radiotechnicznych /promień strefy zaświeceń od przedmiotów miejscowych na wskaźnikach stacji

jest bliski lub równy,lub też większy od zasięgu/odległości/ wykrywania stacji radiolokacyjnej na konkretnej rozpatrywanej wysokości lotu obiektu/ celu/ powietrznego.

Szczególnego znaczenia nabiera powyższy problem kiedy obiekt /cel/ powietrzny wykonuje lot na bardzo małych wysokościach nad terenem pagórkowatym pociętym, który dla stacji radiolokacyjnych stwarza kąty zakrycia i powoduje odbicia emitowanej energii.
W strefie odbić od przedmiotów miejscowych śledzenie celu powietrznego jest niemożliwe z uwagi na silne zaświecenia ekranów stacji radiolokacyjnych.

W związku z powyższym z ogólnego czasu/okresu/ przebywania obiektu/ celu/ powietrznego w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej należy odjąć /wykreślić/ tę część czasu,która przypada i jest równa okresowi przebywania obiektu / celu/ powietrznego w strefie odbić od przedmiotów terenowych.

Najbardziej korzystne warunki śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach występują wówczas, kiedy obiekt /cel/ powietrzny wykonuje lot po trasie, która jest styczna do strefy odbić od przedmiotów miejscowych.
Rozpatrywany problem ilustruje rys. 37.



Rys. 37. Trasa lotu obiektu /celu/powietrznego nisko lecącego,która zabezpiecza śledzenie wykrytego obiektu /celu/ powietrznego na całym odcinku jego lotu - przy występowaniu na ekranach RLS odbić od przedmiotów miejscowych.

Odcinek śledzenia obiektu/celu/ powietrznego w zależności od wysokości jego lotu,może być określony przy pomocy następującego wzoru :

$$D_{śl} = 2 D_{wykr} \sqrt{1-\left(\frac{r}{D_{wykr}}\right)^2} \qquad /2.6./$$

gdzie : $D_{śl}$ - odcinek śledzenia obiektu /celu/ powietrznego ;

D_{wykr} - odległość wykrycia obiektu /celu/ powietrznego nisko lecącego z określoną skuteczną powierzchnią odbicia na rozpatrywanej wysokości lotu ;

r - promień ciągłego zaświecenia ekranu stacji radiolokacyjnej odbiciami od przedmiotów miejscowych.

Dla dokładniejszego przeanalizowania powyższego problemu rozpatrzymy możliwości podstawowych typów stacji radiolokacyjnych na wysokościach : 50, 100, 200, 300 i 500 m.

Z ustaleń rozdziału pierwszego wynika, że środki napadu powietrznego państw NATO na wymienionych wysokościach mogą wykonywać loty z prędkościami dodźwiękowymi rzędu 900 km/godz., tj., 15 km na minutę.

Ponadto należy z góry założyć, że stacje radiolokacyjne rozwinięte są na pozycjach /odpowiadających wymaganiom instrukcyjnym/, które nie wnoszą na ekrany wskaźników poszczególnych RLS większych zaświeceń od przedmiotów miejscowych, aniżeli jest wielkość stożków martwych dla tych RLS na rozpatrywanych wysokościach.

Z ustaleń podrozdziału 2.1.2. wynika, że minimalne wielkości promieni stożków martwych dla wymienionych wysokości wynoszą od 12 do 18 km.

Do obliczeń przyjmiemy pojedynczy samolot myśliwsko-bombowy o skutecznej powierzchni odbicia równej 1-5 m^2.

Uwzględniając powyższe założenie i korzystając z danych zawartych w tabeli 6 i na rysunku 35 oraz wyżej przedstawionego wzoru autor otrzymał wyniki, które zestawił w tabeli 8.

Tabela 8.

Czas okres śledzenia obiektów /celów/ powietrznych w strefach wykrywania poszczególnych RLS na małych wysokościach.*/

Wysokość lotu obiektu /celu/ powiet. w m / Typ RLS	Długość trasy lotu obiektu /celu/ powietrznego w km					Czas okres przebywania obiektu/celu/ powietrznego w strefie wykrywania RLS w min.				
	50	100	200	300	500	50	100	200	300	500
P-14F	54,6	76	96,8	116	152	3,6	5	6,5	7,7	10
P-15M	32	54,6	76	96,8	137	2,1	3,6	5	7	9
JAWOR M-2	-	67,7	96,8	115	137	-	4,5	6,5	7,7	9
P-35/P-37/	-	54,6	67,7	76	96,8	-	3,6	4,5	5	6,5
P-15NL	86	106	129	147	176	5,7	7	8,6	9,8	11,7
NAREW	96,8	116	137	152	195	6,5	7,7	9	10	13
PRW-11NL	55	68	76	96	116	3,7	4,5	5	6,5	7,7
PRW-13NL	75	96	125	145	180	5	6,4	8,3	9,6	12

*/ 1. Dane zawarte w powyższej tabeli są wielkościami przybliżonymi.

2. Długości tras zawarte w tabeli odpowiadają długości trasy lotu obiektu /celu / powietrznego, która jest równa linii stycznej do promienia zaświeceń od przedmiotów miejscowych.

3. W przypadku przebiegu trasy lotu przez rejon zaświeceń od przedmiotów miejscowych lub stożek martwy, długość trasy zmiejszy się o wielkość stożka martwego /zaświeceń od przedmiotów miejscowych /.

Z zestawienia wynika, że najbardziej niekorzystne /nie całkiem dostateczne/ możliwości śledzenia za lotem obiektów /celów/ powietrznych występują na wysokościach 50 i 100 m. Lecz i w tych wypadkach istnieją określone szanse zarówno wykrycia, jak i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych przez stacje radiolokacyjne specjalistyczne takie jak : P-15NL, PRW-13NL, PRW-11NL i NAREW stąd wniosek, że :

- wojska radiotechniczne mają bardzo poważne trudności zarówno w wykrywaniu, jak i śledzeniu obiektów /celów/ powietrznych na wysokościach poniżej 100 m ;
- nie można wykluczyć całkowitego braku możliwości wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na wysokościach poniżej 100 m.

2.1.5. Możliwości rozpoznania oraz możliwości określenia wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

2.1.5.1. Możliwości w zakresie rozpoznania .

Bardzo ważnym charakterystycznym wskaźnikiem określającym możliwości sprzętu radiolokacyjnego jest określenie przynależności wykrytego obiektu powietrznego.
Przynależność obiektu /celu/ powietrznego określa się na podstawie danych uzyskanych za pomocą naziemnego radiolokacyjnego urządzenia zapytującego /NRZ/ systemu rozpoznawczego "KREMNIJ-2", wchodzącego etatowo w skład każdej stacji radiolokacyjnej.

W poszczególnych stacjach radiolokacyjnych mogą występować NRZ-12, NRZ-14, NRZ-15 i NRZ-20, ich zasięg działania charakteryzuje tabela 9.

Tabela 9.

Uogólnione zasięgi działania naziemnych urządzeń zapytujących na małych wysokościach.

Wysokość lotu obiektu/celu/ powietrznego w m.	100	200	300	500	1000
Zasięg działania NRZ w km.	60	70	80	90	110

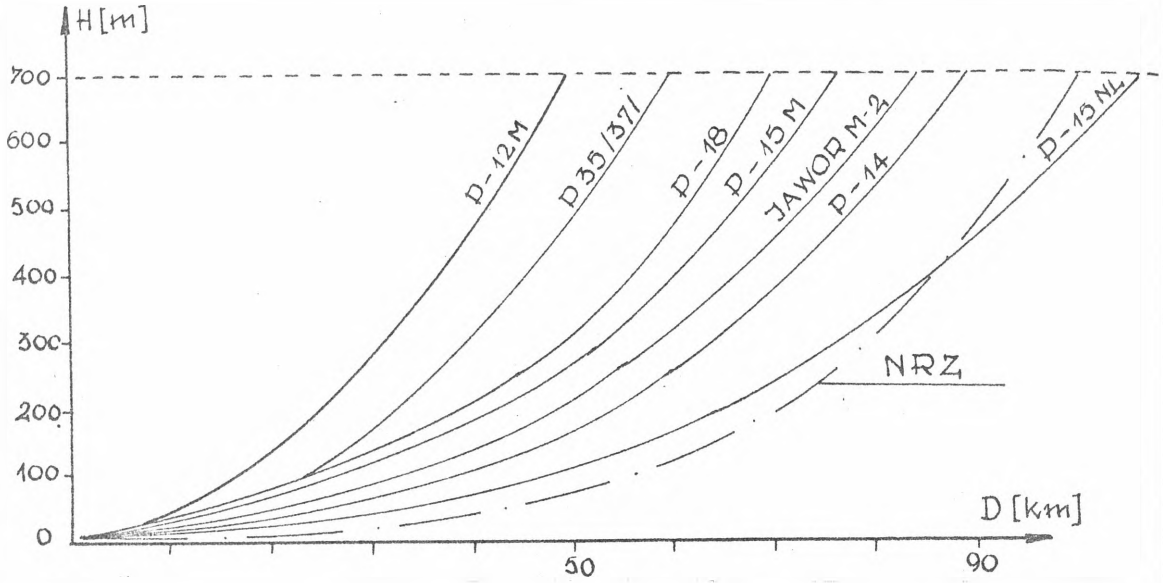
Werdykt odnośnie przynależności wydaje się na podstawie otrzymanej z pokładu samolotu odpowiedzi, "ja swój samolot" /JA S.S/, tz., jeżeli sygnał zapytujący ze stacji radiolokacyjnej dotrze na pokład samolotu i uruchomi odpowiednie urządzenie odpowiadające.

Odpowiedź pozytywna klasyfikuje obiekt powietrzny jako samolot własny, natomiast brak odpowiedzi klasyfikuje obiekt powietrzny jako cel.

Doświadczenia wojen lokalnych na Dalekim i Bliskim Wschodzie wskazują, że ten system rozpoznania nie daje całkowitej gwarancji czy rozpoznawany obiekt powietrzny jest samolotem własnym, czy też celem powietrznym.
Musi on być dublowany dodatkowym systemem rozpoznawczym np., aktywnej odpowiedzi.

Szczególnego znaczenia nabiera problem rozpoznania obiektów powietrznych na małych i bardzo małych wysokościach. Zasięg rozpoznania systemu "KREMNIJ" na małych wysokościach pokrywa się w zasadzie, a nawet jest większy od zasięgów wykrywania poszczególnych typów RLS /patrz rys. 38/.

Aby mieć jednak pewność, że rozpoznawany obiekt powietrzny jest celem czy też samolotem własnym należy porównać informację co najmniej z dwóch źródeł.



Rys. 38. Zasięgi rozpoznania systemu "KREMNIJ" w odniesieniu do zasięgów wykrywania stacji radiolokacyjnych.

Na małych wysokościach,a szczególnie na granicznie małych /rzędu 50,100m/ nie zawsze taką informację można będzie otrzymać z uwagi na odległości pomiędzy posterunkami radiolokacyjnymi w ugrupowaniu wojsk radiotechnicznych. Najczęściej na małych wysokościach obiekt /cel/ powietrzny będzie się znajdował w zasięgu wykrywania i rozpoznania jednego posterunku radiolokacyjnego.

Doświadczenia ostatnich wojen lokalnych uczą,że werdykt o przynależności obiektu powietrznego można wydać z prawdopodobieństwem 0,8, jeżeli informacja w tym zakresie jest zgodna co najmniej z dwóch,trzech źródeł.
W tym miejscu należy także stwierdzić,że system rozpoznawczy może ulec rozszyfrowaniu przez przeciwnika i być intensywnie zakłócany lub wykorzystywany przez przeciwnika -jak to miało miejsce w wojnie w Indochinach.

Ogólnie można stwierdzić, że :

- system rozpoznania "KREMNIJ" nie daje całkowitej pewności w zakresie rozpoznania obiektów powietrznych i w zasadzie musi być dublowany przez dodatkowe źródła informacji, szczególnie przy locie obiektów powietrznych na małych i bardzo małych wysokościach ;
- nad lotem własnych samolotów na rozpatrywanych wysokościach należy czuwać i kontrolować ich miejsce znajdowania się wszystkimi dostępnymi środkami, aby ustrzec ich od zniszczenia przez własne środki obrony powietrznej.

2.1.5.2. Możliwości w zakresie określania wysokości.

Na obecnym etapie podstawowym źródłem informacji o wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych są radiowysokościomierze typu : PRW, BOGOTA i NIDA. Szczególnego znaczenia nabiera możliwość określania wysokości nisko lecących obiektów /celów/ powietrznych. Większość radiowysokościomierzy określa wysokość obiektu /celu/ powietrznego z tolerancją dokładności ± 400 lub ± 300 m na odległości do 200 km, powyżej 200 km błąd pomiaru wysokości zwiększa się.

Niektóre z radiowysokościomierzy określają wysokość z większą tolerancją dokładności, do nich należą radiowysokościomierze PRW-9, PRW-16 i NIDA. Z uwagi na to, że materiały źródłowe nie podają dostatecznie wyczerpujących danych na powyższy problem autor ogranicza się do przedstawienia i przeanalizowania jednego tylko wysokościomierza, a mianowicie PRW-16. Jego możliwości w zakresie określania wysokości na małych pułapach w stosunku do pojedynczego samolotu myśliwsko-bombowego /o skutecznej powierzchni odbicia 1-5m^2/ ilustruje tabela 10.

Tabela 10.

Możliwości radiowysokościomierza PRW-16.

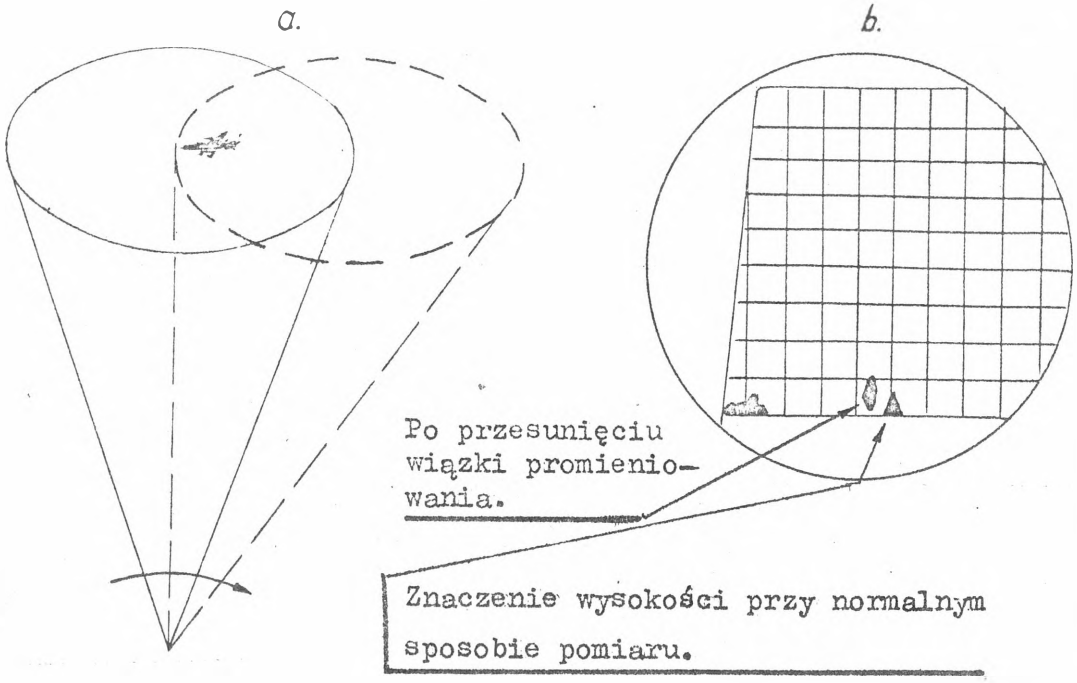
Wysokość lotu obiektu /celu/powietrznego/m/	50	100	200	300	400	500
Możliwe określenie wysokości w granicach wykrywania w /km/	35	45	55	68	80	90
Minimalna granica określenia wysokości	50 m					
Możliwości rozdzielcze	w odległości				1500 m	
	w azymucie				$2,5^{o}$	
	w kącie położenia				30 minut	
Dokładność określenia współrzędnych	odległości				$\pm$ 1000 m	
	azymutu				$\pm$ 2°	
	wysokości				$\pm$ 100 m	
Możliwości pracy wysokościomierza w kącie położenia	20°	wariant I od -2° do $+18^{o}$				
		wariant II od 0° do 20°				

Z przytoczonych w tabeli danych wynika, że choć minimalna granica określenia wysokości przez PRW-16 wynosi 50m, to jednak dokładność jej określania waha się w granicach +100m.

Z tego faktu wynika wniosek, że określenie wysokości lotu na wysokościach małych jest bardzo trudne, a w niektórych wypadkach wręcz niemożliwe. Tolerancja dokładności pomiaru wysokości wyklucza możliwość określenia wysokości lotu obiektu/celu/ powietrznego poniżej 50m i nie daje gwarancji dokładnego pomiaru wysokości na pułapach 50 i 100m. Także możliwy zasięg określania wysokości na małych pułapach jest niezbyt duży, a w stosunku do większości stacji radiolokacyjnych nawet średnio o jedną trzecią mniejszy.

Wybór PRW-16 do przeprowadzenia analizy możliwości określania współrzędnej wysokości na małych pułapach nie jest przypadkowy, ponieważ ten radiowysokościomierz jest najnowszy i posiada w rozpatrywanym problemie najlepsze możliwości. Nieco gorszymi możliwościami, lecz zbliżonymi charakteryzują się radiowysokościomierze PRW-9 i NIDA. Pozostałe radiowysokościomierze posiadają gorszą tolerancję pomiaru współrzędnej wysokości i tylko w wypadkach szczególnych mogą być użyte do pomiaru wysokości na pułapach rzędu 50, 100, 200, 300m z zastosowaniem określonych przedsięwzięć.

Jednym z takich przedsięwzięć jest określanie wysokości przy zastosowaniu sposobu przesunięcia wiązki promieniowania. Pomiar wysokości tym sposobem stosuje się w radiowysokościomierzach PRW-11 i PRW-13. Istota tego sposobu pole na tym, że operator pelenguje obiekt /cel/ powietrzny nie maksymalnym znaczeniem kierunkowej wiązki promieniowania w płaszczyźnie poziomej, lecz wartością boczną, przesuwając maksymalne znaczenie wiązki promieniowania o $1,5^{\circ}$ - 2° od obiektu /celu/ powietrznego w kierunku obrotów urządzenia antenowego. Powyższe ilustruje Rys.39.



Rys. 39 Określenie wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego przy zastosowaniu sposobu przesunięcia wiązki promieniowania.

Przy kątach położenia mniejszych od 1° dolny kraj znacznika wysokości od obiektu /celu/ nisko lecącego zlewa się z linią znacznika horyzontu. Zjawisko to utrudnia operatorowi określić środek znacznika wysokości.

W celu wyeliminowania tego niekorzystnego zjawiska stosuje się właśnie wspomniany wyżej sposób określania wysokości.

Przy zastosowaniu tego sposobu znacznik wartości wysokości jest widoczny w całości na ekranie i można określić wysokość.

W tym celu na wymienionych radiowysokościomierzach wprowadza się określone usprawnienia pozwalające wykonywać skłony anteny do - 2°. W tabeli 11 przedstawiono zestawienie porównawcze odnośnie zasięgu określania wysokości normalnym i omawianym sposobem.

Tabela 11.

Możliwości PRW-11 i PRW-13 w zakresie określania wysokości lotu obiektów /celów/ nisko lecących.*/

Wysokość lotu obiektu /celu/ powietrznego w m.	Pewne określenie wysokości w zasięgu wykrywania w km.	
	sposobem normalnym	sposobem przesunięcia wiązki promieniowania
300	-	30
500	25	40
1000	60	109

Z danych porównawczych wynika, że nawet przy omawianym wyżej sposobie określanie wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego poniżej pułapu 300m wysokościomierzami PRW-11 i 13 jest w zasadzie niemożliwe.

---

*/ Tabelę zestawiono na podstawie danych zawartych w podręczniku "Metodyczeskoje posobie po obuczeniu RTW PWO strany bojowej rabotie po niskoletjaszczim i wysotnym celam" oraz własnych notatek.

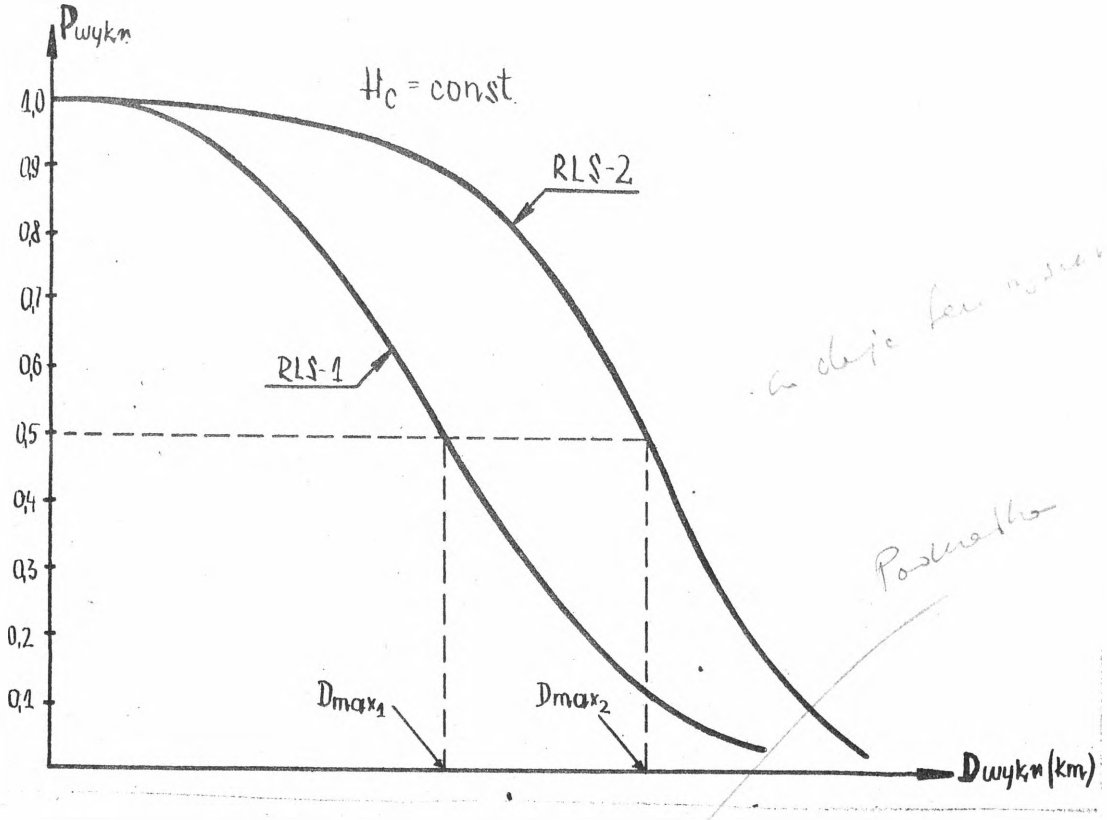
2.2. ANALIZA CZYNNIKÓW, WARUNKÓW I WŁAŚCIWOŚCI WPŁYWAJĄCYCH NA ZASIĘG WYKRYWANIA STACJI RADIOLOKACYJNYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH.

Jak wynika z poprzedniego podrozdziału zasięg wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach jest bardzo ważnym taktycznym wskaźnikiem i parametrem każdej stacji radiolokacyjnej. Zależy on jednak od wielu czynników, warunków i właściwości, do których między innymi zalicza się :

- techniczne i energetyczne charakterystyki RLS ;
- moc urządzenia nadawczego /moc w impulsie/ ;
- czułość urządzenia odbiorczego ;
- konstrukcja urządzenia antenowego /zysk kierunkowy anteny/ ;
- długość fali na jakiej pracuje stacja radiolokacyjna ;
- skuteczna powierzchnia odbicia obiektu /celu/ powietrznego ;
- warunki i właściwości rozchodzenia się fal radiowych ;
- warunki terenowe oraz rzeźba terenu, na którym rozwija się stację radiolokacyjną /posterunek radiolokacyjny/.

Powyższe czynniki w procesie eksploatacji stacji radiolokoacyjnych mogą ulec przypadkowym odchyleniom od założonych wartości, w związku z czym ich ocena może być przybliżona i wyrażona prawdopodobieństwem. Zależność prawdopodobieństwa wykrycia obiektu /celu/ powietrznego od odległości wykrywania dla dwóch różnych stacji radiolokacyjnych ilustruje rys. 40.

Większość z wyżej wymienionych czynników posiada charakter czysto techniczny i jest zależna od przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych przy produkcji rozpatrywanych stacji radiolokacyjnych.



Rys. 40. Rozkład wartości prawdopodobieństwa wykrywania jako funkcji od odległości wykrycia obiektów /celów/ powietrznych.

Ponadto są one wzajemnie z sobą powiązane i ich zmiana nie leży w gestii autora. W związku z powyższym, w tym podrozdziele autor ogranicza się do rozpatrzenia /analizy/ tylko niektórych czynników, a mianowicie :

- czynników /parametrów/ charakteryzujących jakość pracy urządzeń odbiorczo-nadawczych ;
- skutecznej powierzchni odbicia obiektów /celów/ powietrznych;
- warunków i właściwości rozchodzenia się fal radiowych ;
- warunków terenowych oraz rzeźby terenu.

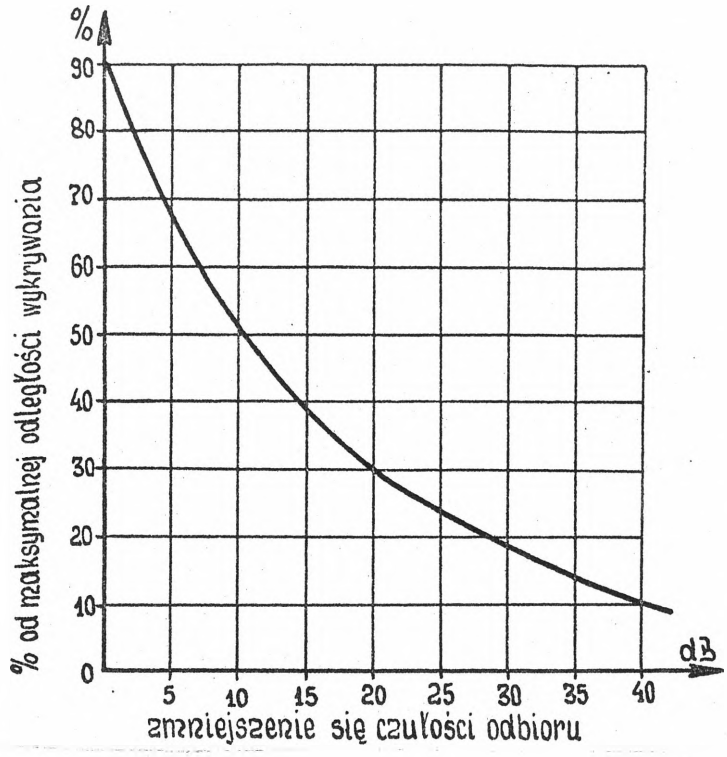
Praktycznie problem sprowadza się do odpowiedzi na pytanie - w jakim stopniu w/w czynniki wpływają na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych oraz jakie są możliwe drogi likwidacji ich ujemnego wpływu ?. Ponadto, jakie problemy mogą z tego wyniknąć i w jakich warunkach można osiągnąć pozytywne rezultaty ?

2.2.1. Wpływ jakości pracy urządzeń odbiorczo-nadawczych stacji radiolokacyjnych na ich zasięg wykrywania, szczególnie na małych wysokościach.

Charakterystycznym czynnikiem, który określa jakość pracy urządzeń odbiorczo-nadawczych w stacjach radiolokacyjnych, jest odniesienie mocy nadajnika w impulsie /P_i/ do minimalnej czułości odbiornika /$P_{o\ min.}$/.
Otrzymaną w ten sposób wartość można określić jako współczynnik odniesienia strat mocy /$P_{odn.s.m.}$/.
Powyższy współczynnik może być wyrażony w decybelach :

$$P_{odn.s.m.} = 10 \lg \frac{P_i}{P_{o\,min.}} \quad [dB] \qquad /2.7/$$

Wymieniony współczynnik jest bardzo ważnym i podstawowym wskaźnikiem określającym jakość pracy urządzeń odbiorczo-nadawczych w stacjach radiolokacyjnych. Zmniejszenie się wartości rozpatrywanego współczynnika /z powodu zmniejszania się mocy wyjściowej nadajnika lub zmniejszenia się czułości odbiornika/ prowadzi odpowiednio do zmniejszenia się zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej.
Analizowaną współzależność ilustruje rysunek 41.



Rys. 41. Procentowe zmniejszenie się zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej w zależności od zmiany wartości współczynnika strat mocy /zmniejszenie się czułości odbioru/.

W podręczniku "Metodyczeskoje posobie po obuczeniu radiotechniczeskich wojsk PWO strany bojewoj rabotie po niskoletiajszczim i wysotnym celam", na stronie 55 podaje się, że zmniejszenie się współczynnika odniesienia strat mocy /$P_{odn.s.m.}$/ o 2 dB prowadzi do zmniejszenia się zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej o 10-12%. Powyższy problem nabiera szczególnego znaczenia przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach. Dlatego też, aby nie obniżać możliwości RLS w zakresie wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących, należy dążyć do tego, aby współczynnik odniesienia strat mocy posiadał zawsze maksymalną wartość .

2.2.1.1. Czułość urządzeń odbiorczych i ich wpływ na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych[x/].

Czułością odbiornika /$P_{odb.min.}$/ jest minimalna moc sygnału doprowadzonego do wejścia odbiornika, przy której zapewniony jest jeszcze odbiór i wykrycie sygnałów odbitych od obiektów /celów/ powietrznych z założonym prawdopodobieństwem.

Wykrywanie sygnałów następuje na tle szumów własnych aparatury odbiorczej, dlatego też :

$$P_{odb.min.} = \gamma_r P_{sz.o.} \qquad /2.8/$$

gdzie :

$P_{sz.o.}$ - moc szumów w paśmie przepuszczania odbiornika przy temperaturze T_o ;

$T_o = 300$ K.

γ_r - współczynnik rozróżnialności.

Powyższy współczynnik /parametr/ wskazuje, ile razy moc odbieranych, minimalnych sygnałów powinna być większa od mocy wewnętrznych szumów odbiornika, aby wykrywanie sygnałów odbitych od obiektów /celów/ powietrznych odbywało się zgodnie z założonym prawdopodobieństwem.

Liczbowo czułość odbiornika RLS jest określana jako czułość graniczna lub rzeczywista.

---

x/ Definicje i określenia oraz wzory do powyższego zagadnienia zaczerpnięto z podręcznika "Technika radiolokacji" str. 83-84, 274-277. Wyd. DW OPK - 1972 rok.

Graniczną czułością odbiornika /$P_{odb.gr.}$ lub $U_{odb.gr.}$/ nazywa się taką minimalną moc /lub napięcie sygnału/ doprowadzoną z anteny, przy której /przy dopasowaniu anteny i odbiornika/ na wyjściu jego liniowej części zapewniony jest stosunek mocy sygnału do mocy szumów /napięcia sygnału do napięcia szumów/ równy jedności.

Rzeczywistą czułością odbiornika /$P_{odb.min.}$ lub $U_{odb.min.}$/ nazywa się taką moc /lub napięcie/ sygnału doprowadzoną z anteny, przy której na wyjściu liniowej części odbiornika jest zapewniony stosunek sygnału do szumu równy wartości współczynnika rozróżnialności /γ_r/. W zakresie fal centymetrowych i decymetrowych czułość odbiornika jest mierzona w watach lub w decybelach, natomiast w zakresie fal metrowych w woltach lub mikrowoltach. Czułość odbiornika jest tym większa, im mniejsza jest wartość $P_{odb.min.}$ lub $U_{odb.min.}$

Czułość urządzenia odbiorczego RLS jest odwrotnie proporcjonalna do odległości wykrywania. W związku z tym im mniejsza jest wartość $P_{odb.min.}$ tym większy jest zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnej.

Matematycznie problem ten można przedstawić wykorzystując wzór /2.2/

$$D_{wykr} = \sqrt[4]{\frac{P_i G^2 \lambda^2 \sigma_{sk}}{(4\pi)^3 P_{odb.min.}}}$$

jeżeli założymy, że oprócz $P_{odb.min.}$ pozostałe wartości są niezmienne, to powyższą współzależność można przedstawić następująco :

$$D_{wykr} = \frac{1}{\sqrt[4]{P_{odb.min}}} \qquad /2.9/$$

Współczesne odbiorniki z zakresu fal centymetrowych i decymetrowych legitymują się czułością rzędu 10^{-13} - 10^{-14} w, natomiast odbiorniki metrowego zakresu fal posiadają czułość w granicach 2-50 uV.

Jeżeli istnieje potrzeba wyrażenia czułości odbiornika w decybelach, należy w tym wypadku wykonać określone przeliczenia wykorzystując następujący wzór :

$$P_{odb.min}\,[dB] = 10\,lg\,\frac{P_{odn.}\,[W]}{P_{odb.min.}\,[W]} \qquad /2.10/$$

gdzie :

$P_{odn.}$ - moc poziomu odniesienia, przyjmowana jest zwykle o wartości 10^{-5} W.

W wyniku dotychczasowych ustaleń można stwierdzić, że o jakości pracy urządzenia odbiorczego świadczy wartość poziomu jego szumów własnych.

Wartość szumów odbiornika charakteryzuje współczynnik szumów F. Ten współczynnik wskazuje ile razy ogólny poziom szumów na wyjściu /albo wejściu/ urządzenia odbiorczego jest większy od poziomu szumów sygnału doprowadzonego do niego. Ponieważ do szumów przychodzących ze źródła sygnału dodają się szumy własne urządzenia odbiorczego, zatem stosunek poziomu sygnału do poziomu szumów na wyjściu urządzenia odbiorczego będzie mniejszy niż na jego wejściu. To zmniejszenie liczbowo charakteryzuje również współczynnik szumów.
W związku z powyższym, współczynnikiem szumów urządzenia odbiorczego /F/ nazywa się wartość wskazującą ile razy stosunek mocy sygnału do mocy szumów na wejściu urządzenia odbiorczego jest większy od stosunku mocy sygnału do mocy szumów na jego wyjściu. Powyższą współzależność można przedstawić następująco :

$$F = \frac{\left(\frac{P_s}{P_{sz}}\right)_{wej.}}{\left(\frac{P_s}{P_{sz}}\right)_{wyj.}} \qquad /2.11/$$

Współczynnik szumów może być wyrażony w jednostkach względnych lub w decybelach.

Wówczas : $$F_{dB} = 10 \lg F_{jedn.} \qquad /2.12/$$

Współczynnik szumów idealnego urządzenia odbiorczego jest równy jedności /F=1/. W praktyce /w rzeczywistych warunkach/ współczesne radiolokacyjne urządzenia odbiorcze posiadają współczynnik szumów w granicach 1-10. Tak więc powyższy współczynnik jest jednym z podstawowych parametrów charakteryzujących jakość pracy urządzeń odbiorczych.

Z przedstawionej krótkiej analizy wynika, że najbardziej podatną na zmianę wartości jest czułość urządzenia odbiorczego, ponieważ zależna jest od wielu parametrów i uwarunkowań, tak zewnętrznych jak i wewnętrznych.

Biorąc za podstawę dotychczasowe ustalenia można stwierdzić, że z chwilą włączenia w urządzenie odbiorcze stacji radiolokacyjnej dodatkowych układów /tłumienia ech stałych, przystawek przeciwzakłóceniowych itp./, nastąpi natychmiast wzrost poziomu szumów własnych urządzenia odbiorczego. To z kolei prowadzi bezpośrednio do obniżenia czułości urządzenia odbiorczego. W konsekwencji słabe echo - sygnały od dalszych obiektów /celów/ powietrznych zostaną wytłumione. Takie obiekty /cele/ powietrzne zostaną wykryte na odległościach mniejszych od założonych prawdopodobieństwem wykrywania.

W materiałach źródłowych /w opisach i instrukcjach RLS/ podaje się, że na wskutek włączenia dodatkowych układów w urządzenia odbiorcze stacji radiolokacyjnych, ich zasięgi wykrywania zmniejszają się średnio o 20%[x/].

---

x/ 1. W opisie RLS Jawor M-2 podaje się, że z chwilą włączenia układu tłumienia ech stałych /TES/, prawdopodobieństwo wykrywania obiektów /celów/ powietrznych zmniejsza się, tzn. z założonego P=0,9 na P=0,5.

2. W obecnie eksploatowanych RLS, tylko RLS P-35 nie posiada układów TES.

Rozpatrywany problem nabiera szczególnego znaczenia przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach /patrz tabela 12/.

Tabela 12.

Zestawienie danych porównawczych odnośnie zmniejszenia się zasięgów wykrywania RLS na małych wysokościach, po włączeniu układów TES[x/].

TYP RLS \ WYSOKOŚĆ LOTU OBIEKTÓW/CELÓW POWIETRZNYCH W m	ZASIĘGI WYKRYWANIA RLS BEZ WŁĄCZANIA UKŁADÓW TES.					ZASIĘGI WYKRYWANIA RLS Z WŁĄCZONYMI UKŁADAMI TES.				
	50	100	200	300	500	50	100	200	300	500
P-14	30	40	50	60	80	23	30	38	45	60
P-15 M	20	30	40	50	70	15	23	30	38	52
P-15 NL	45	55	65	75	90	34	40	50	56	68
JAWOR M	—	30	40	45	60	—	23	30	34	45
JAWOR M-2	—	36	50	56	70	—	25	38	42	52
P-37	—	30	35	40	50	—	23	26	30	38
PRW-11	30	34	40	50	60	23	26	30	38	45
PRW-13	38	50	63	73	95	29	38	47	55	72

Jak wynika z tabeli 12, ograniczenia w zasięgach wykrywania poszczególnych stacji radiolokacyjnych są znaczne, szczególnie na wysokościach poniżej 200 m.

---

x/ Tabelę zestawiono dla obiektu /celu/ powietrznego o $\sigma_{SK} = 1 \cdot 5 m^2$. Dane w niej zawarte są wielkościami przybliżonymi.

2.2.1.2. Wpływ zakłóceń radiolokacyjnych na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych[x/].

Powyższe zjawisko znalazło szerokie zastosowanie w ramach walki z radiolokacją. Przeciwnik powietrzny przy pomocy pokładowych urządzeń nadawczych może oddziaływać w poważnym stopniu na jakość pracy urządzeń odbiorczych stacji radiolokacyjnych, stosując zakłócenia o odpowiednim poziomie mocy.

Dla obecnie posiadanych w wyposażeniu WRT stacji radiolokacyjnych najbardziej niekorzystne są zakłócenia maskujące, które reprezentują tzw. siłowy sposób walki z radiolokacją. Efektem ich oddziaływania jest obniżenie wartości czułości urządzenia odbiorczego lub całkowita niemożliwość wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych oraz zwiększenie błędów pomiaru współrzędnych.

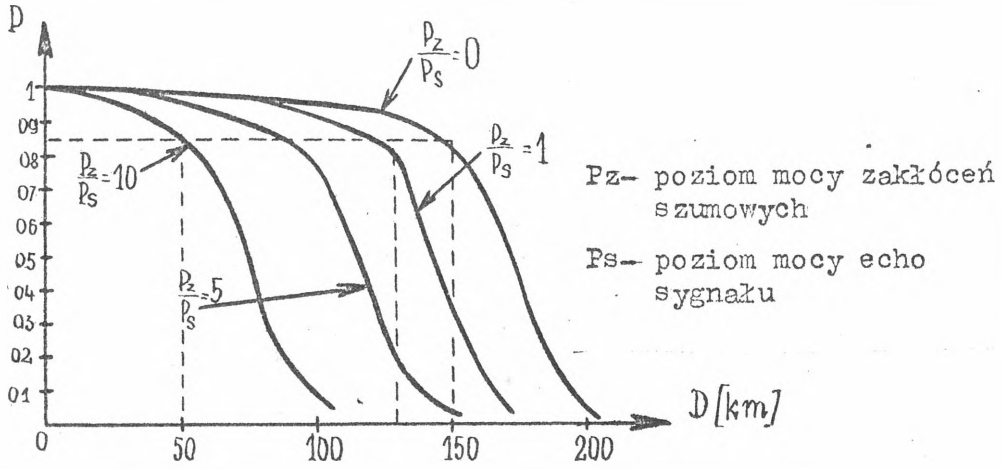
Do najbardziej rozpowszechnionych zakłóceń maskujących zaliczane są : zakłócenia szumowe, zakłócenia odzewowe wielokrotne, zakłócenia impulsowe ze stałym lub zmiennym cyklem powtarzania oraz zakłócenia pasywne.

Najbardziej niekorzystne dla urządzeń odbiorczych stacji radiolokacyjnych są zakłócenia szumowe, które powodują zwiększenie się poziomu szumów na wejściu urządzenia odbiorczego proporcjonalnie do poziomu mocy zakłócenia, w rezultacie czego następuje zmniejszenie się zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej z uprzednio założonym prawdopodobieństwem. Przedstawione na rys. 42 charakterystyki wykrywania stacji radiolokacyjnej /w stosunku do obiektu /celu/ powietrznego o skutecznej powierzchni odbicia 25 m^2/ ilustrują, w jakim stopniu zmienia się wartość odległości /zasięgu/ wykrywania

---

x/ Wzory i rysunki do powyższego zagadnienia zaczerpnięto z podręcznika "Mnogoczastotnaja radiołokacja" str. 66-67, autor G.M. WISZIN, wyd. Ministerstwa Obrony ZSRR, Moskwa - 1973 r.

i prawdopodobieństwa wykrywania obiektu /celu/ powietrznego w zależności od stosunku mocy zakłóceń i mocy echo sygnału.

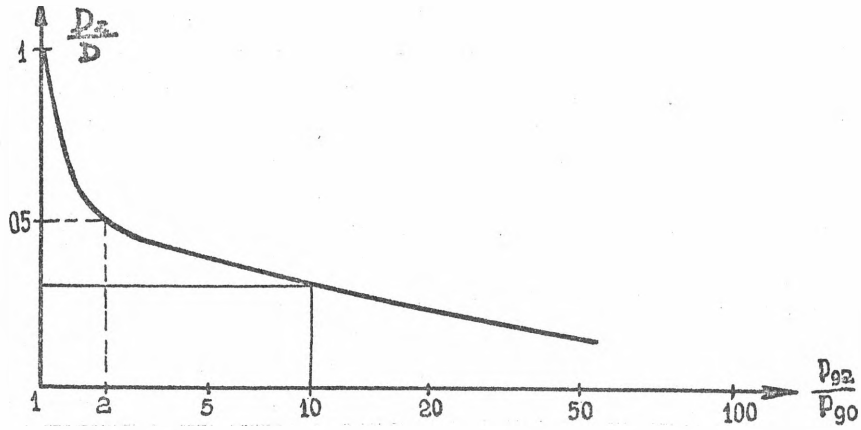


Rys. 42. Rozkład wartości prawdopodobieństwa wykrywania jako funkcji od odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych, przy oddziaływaniu na urządzenie odbiorcze RLS zakłóceń szumowych o różnym poziomie mocy.

Z rysunku wynika, że przy stosunku $\frac{P_z}{P_s} = 0$ wykrycie obiektu /celu/ powietrznego powinno nastąpić na odległości równej 150 km z prawdopodobieństwem 0,85, natomiast przy oddziaływaniu zakłóceń - nawet równych echo sygnałowi /$\frac{P_z}{P_s} = 1$, jeżeli zostanie zachowane prawdopodobieństwo 0,85, zasięg wykrywania zmniejszy się około 13%. W wypadku, jeżeli poziom mocy zakłóceń przewyższa w dziesięć razy poziom mocy echo sygnału, zasięg wykrywania RLS przy zachowaniu P = 0,85 zmniejszy się w trzy razy.

Z drugiej strony, jeżeli zachowamy odległość wykrywania niezmienną /150 km/, to zobaczymy, że przy oddziaływaniu zakłóceń szumowych będzie zmniejszało się prawdopodobieństwo wykrywania.

Przy stosunku $\frac{P_z}{P_s} = 0$, prawdopodobieństwo jest równe 0,85, natomiast już przy $\frac{P_z}{P_s} = 1$, prawdopodobieństwo wykrywania zmniejszy się do wartości 0,30, a przy stosunku $\frac{P_z}{P_s} = 5$ prawdopodobieństwo wykrycia obiektu /celu/ powietrznego na wskazanej odległości jest niemożliwe.



Rys. 43. Odległość wykrywania RLS w zależności od spektralnej gęstości mocy zakłóceń szumowych.

Ocenę ilościową, charakteryzującą wpływ poziomu mocy zakłóceń szumowych na odległość /zasięg/ wykrywania RLS przy niezmiennym prawdopodobieństwie wykrywania, można uzyskać wykorzystując do tego celu wykres przedstawiony na rysunku 43 oraz wzór 2.13.

$$\frac{D_z}{D} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{P_{gz}}{P_{go}}}} \qquad /2.13/$$

gdzie :

Dz i D – odległości /zasięgi/ wykrywania stacji radiolokacyjnej bez oddziaływania i z oddziaływaniem zakłóceń szumowych na urządzenia odbiorcze ;

P_gz – spektralna gęstość mocy zakłóceń ;

P_go – spektralna gęstość mocy szumów własnych urządzenia odbiorczego.

Z przedstawionego wykresu i wzoru /2.13/ wynika, że ze zwiększeniem spektralnej gęstości mocy zakłóceń szumowych zmniejsza się zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych. Zakłócenia oddziaływują nie tylko w kierunku głównego listka promieniowania ale także i w kierunku listków bocznych powodując dookrężne zmiany w zasięgu wykrywania RLS.

Na rysunku 44 przedstawiono charakterystyki promieniowania stacji radiolokacyjnej w przekrojach pionowym i poziomym z uwzględnieniem strat spowodowanych oddziaływaniem zakłóceń szumowych, zarówno w kierunku głównego listka promieniowania jak też i listków bocznych.

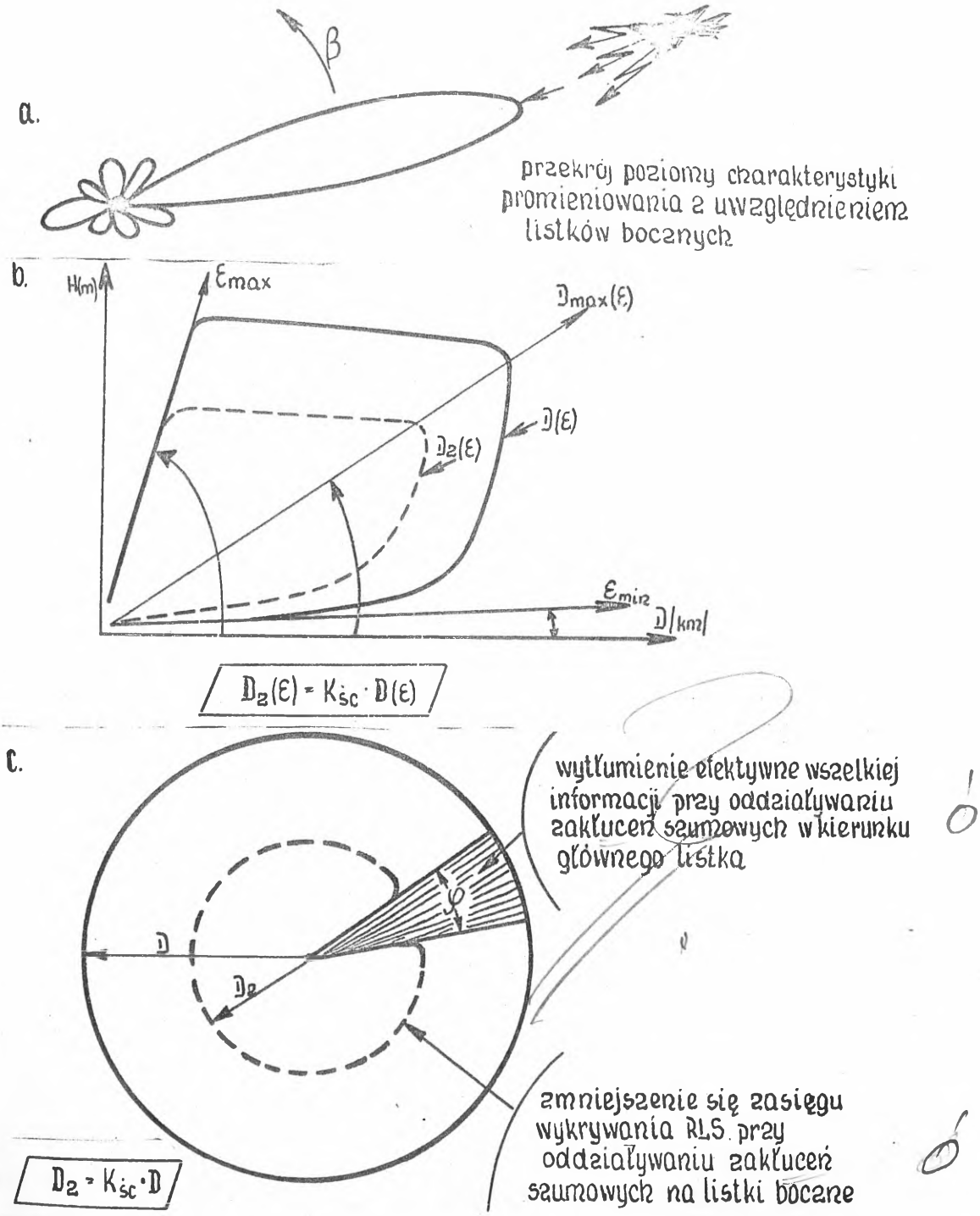
Stosunek zasięgu wykrywania w zakłóceniach do zasięgu wykrywania bez zakłóceń nosi jeszcze miano współczynnika ściśnięcia.

$$\frac{D_z}{D} = K_{śc} \qquad /2.14/$$

Powyższy współczynnik wskazuje o ile procent zmniejszy się zasięg wykrywania RLS przy oddziaływaniu zakłóceń szumowych. Oddziaływanie zakłóceń szumowych w kierunku głównego listka promieniowania powoduje całkowite wytłumienie informacji na wskaźniku stacji w sektorze ich oddziaływania.

Z wykresu przedstawionego na rys. 43 wynika, że przy stosunku $\frac{P_{gz}}{P_{go}} = 2$ zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnej zmniejszy się o 50% dookrężnie, a przy stosunku $\frac{P_{gz}}{P_{go}} = 10$ straty w zasięgu wykrywania wyniosą około 70%.

Z przeprowadzonych rozważań i analizy nasuwa się wniosek, że zakłócenia radiolokacyjne /szczególnie aktywne-szumowe/ mają poważny wpływ na zasięg /odległość/ wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej oraz, że obniżają one możliwości WRT w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych, w tym i na małych wysokościach.



Rys. 44. Wpływ zakłóceń szumowych na odległość /zasięg/ wykrywania RLS.
b - w płaszczyźnie pionowej ;
c - w płaszczyźnie poziomej.

Obniżenie możliwości WRT w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych spowodowane jest zmianą wartości czułości urządzeń odbiorczych.

Niektóre z nowszych typów stacji radiolokacyjnych posiadają specjalne przystawki przeciwzakłóceniowe, które eliminują wpływ zakłóceń zarówno pasywnych jak i aktywnych na urządzenia odbiorcze /załącznik Nr 10/.

Prowadzi to jednak do tego, że stacje radiolokacyjne pracują z włączonymi dodatkowo układami, a więc w warunkach wymuszonych. W konsekwencji powoduje to obniżenie czułości urządzeń odbiorczych, a zatem i zmniejszenie zasięgu /odległości/ wykrywania.

2.2.1.3. Moc urządzenia nadawczego i jego wpływ na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnej.

Promieniowana moc stacji radiolokacyjnej /$P_{prom.}$/ w praktyce zawsze zależy od mocy impulsowej urządzenia nadawczego /P_i/.

Wymienione moce są ze sobą powiązane następującą współzależnością :

$$P_{prom.} = \eta_{pa} \cdot P_i \qquad /2.15/$$

gdzie :

P_i - moc impulsowa urządzenia nadawczego ;

η_{pa} - sprawność układu przesyłowo-antenowego.

Pod mianem mocy impulsowej urządzenia nadawczego należy rozumieć średnią moc w czasie trwania impulsu, przekazywaną z urządzenia nadawczego do linii przesyłowej.

Moc impulsowa urządzenia nadawczego jest związana z jego średnią mocą w okresie powtarzania impulsów /$P_{śr}$/ następującą współzależnością :

$$P_i = \frac{P_{śr}}{\tau_i f_p} \qquad /2.16/$$

gdzie :

τ_i - czas trwania impulsu w sekundach ;

f_p - częstotliwość powtarzania impulsów w Hz.

Z powyższej współzależności wynika, że średnią moc nadajnika można określić następująco :

$$P_{śr} = \tau_i \cdot f_p \cdot P_i \qquad /2.17/$$

Przy pomocy wzoru /2.17/ może być także określana energia impulsu urządzenia nadawczego /W_i/

$$W_i = P_i \cdot \tau_i = P_{śr} \cdot T_p \qquad /2.18/$$

gdzie :

T_p - okres powtarzania impulsów.

W związku z powyższym zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnej jest wprostproporcjonalny do pierwiatka czwartego stopnia z wartości energii impulsu.

$$D \cong \sqrt[4]{W_i} \qquad /2.19/$$

Stąd wniosek, że przy założonym /przyjętym/czasie trwania impulsu, zwiększenie zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej można uzyskać przez zwiększenie mocy impulsowej urządzenia nadawczego. Odwrotnie, jeżeli założymy /przyjmiemy/ określoną moc urządzenia nadawczego, zasięg stacji radiolokacyjnej zwiększy się ze zwiększeniem czasu trwania impulsu. Ostatni wariant jest realizowany w stacjach radiolokacyjnych z kompresją impulsu i z fazowym kodowaniem impulsu.

Z pracą urządzenia nadawczo-odbiorczego są ściśle związane linie przekazujące energię do anteny jak i same urządzenie antenowe. Pracę urządzenia antenowego charakteryzują dwa czynniki, a mianowicie :

- współczynnik sprawności anteny i linii przesyłowych ;
- zysk kierunkowy anteny.

Współczynnik sprawności układu antenowego /η/ jest w zasadzie bardzo duży, jego wartość w przybliżeniu równa się jedności /$\eta \cong 1$ /.

Zysk kierunkowy anteny /G_k/, charakteryzuje głównie możliwości kierunkowego promieniowania układu antenowego. Jest on praktycznie równy zyskowi energetycznemu anteny, nazwanemu krótko zyskiem anteny /G/.

Zysk anteny zależy od skutecznej powierzchni anteny /S_a/ i długości fali RLS /λ/. Powyższą współzależność określa następujący wzór :

$$G = \frac{4\pi \cdot S_a}{\lambda^2} \qquad /2.20/$$

Ze wzoru /2.20/ wynika, że zysk anteny jest tym większy, im większa jest skuteczna powierzchnia anteny, a długość fali RLS /λ/ jak najmniejsza.
Przy założeniu, że oprócz G pozostałe wartości są niezmienne /const/, to zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnej w dużej mierze zależy od wartości G, ponieważ zasięg wykrywania RLS jest wprostproporcjonalny do pierwiastka drugiego stopnia z wartości G /patrz wzór radiolokacji 2.2/.
Powyższą współzależność można zapisać następująco :

$$D \cong \sqrt{G} \qquad /2.21/$$

Obecnie w celu zwiększenia zasięgu /odległości/ wykrywania stacji radiolokacyjnej /w tym i na małych wysokościach/ stosuje się anteny o większych wymiarach. Wariant ten ma zastosowanie przy pracy RLS P-12 na urządzenie antenowe RLS P-14. Zysk w zasięgu wykrywania jest dość znaczny /około 50%/, szczególnie jest to korzystne w zakresie wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach x/.

Reasumując można sformułować następujące wnioski :

- jakość pracy urządzeń odbiorczo-nadawczych stacji radiolokacyjnych jest jednym z podstawowych kryterium oceny możliwości wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych, w tym szczególnie na małych wysokościach ;
- w stacjach radiolokacyjnych najbardziej podatną na zmianę wartości jest czułość urządzenia odbiorczego,ponieważ jest ona zależna od wielu parametrów i uwarunkowań, tak zewnętrznych jak i wewnętrznych ;
- pogorszenie się czułości urządzenia odbiorczego wpływa bezpośrednio na zmniejszenie się zasięgu /odległości/ wykrywania stacji radiolokacyjnych, problem ten nabiera bardzo ważnego znaczenia przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ nisko lecących ;
- włączenie w urządzenie odbiorcze stacji radiolokacyjnych dodatkowych układów /tłumienia ech stałych, przystawek przeciwzakłóceniowych itp./ prowadzi do obniżenia czułości urządzeń odbiorczych, co z kolei powoduje zmniejszenie się zasięgu /odległości/ wykrywania tych stacji radiolokacyjnych średnio o 20%, w tym i na wysokościach małych ;

---

x/ W materiałach źródłowych podawane są różne wersje zysku w zakresie wykrywania /30%, 50%, a nawet 100%/.
W skrypcie "Organizacja bojewoj raboty w radiotechniczeskoj brygadzie, worużennoj kompleksom "Wozduch-1M", wyd. C.O.K. WŁADIMIR-1968. Autor W.I. AKUŁOW,podaje się, że przy pracy RLS P-12 na urządzenia antenowe RLS P-14, zasięg RLS P-12 wynosi 90% zasięgu wykrywania P-14 na rozpatrywanych wysokościach.

- najbardziej niekorzystne dla urządzeń odbiorczych RLS są tzw. "aktywne zakłócenia maskujące", a w tym zakłócenia szumowe, które zwiększają poziom szumów na wejściu urządzenia odbiorczego proporcjonalnie do poziomu mocy zakłócenia. W rezultacie następuje zmniejszenie się zasięgu /odległości/ wykrywania RLS od kilku do kilkudziesięciu procent lub też może nastąpić całkowita utrata możliwości wykrywania, co nie jest bez znaczenia przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach ;
- zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnej jest uzależniony od mocy impulsowej urządzenia nadawczego, dlatego też aby uzyskać maksymalne zasięgi wykrywania na małych wysokościach należy moc urządzenia nadawczego utrzymywać w maksymalnych granicach jej wartości ;
- dla zwiększenia zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnych /w tym i na małych wysokościach/ przy sprzyjających warunkach należy wykorzystywać anteny o większych wymiarach /z większym zyskiem/.

2.2.2. Skuteczna powierzchnia odbicia obiektów /celów/ powietrznych i jej wpływ na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych.

Bardzo duży wpływ na zasięg /odległość/ wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej wywiera skuteczna powierzchnia odbicia obiektów /celów/ powietrznych.
Wielkość skutecznej powierzchni odbicia umownie oznacza się jako σ_{sk}. Można też spotkać w literaturze fachowej, że to pojęcie zastępowane jest terminami : "powierzchnia równoważna" lub "powierzchnia efektywna".

W celu wyjaśnienia wpływu skutecznej powierzchni odbicia na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnej posłużymy się raz jeszcze podstawowym wzorem radiolokacji /2.2/.

Z powyższego wzoru wynika, że zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnej jest wprostproporcjonalny do pierwiastka czwartego stopnia z wartości skutecznej powierzchni odbicia. Proporcjonalność ta oznacza, że jeżeli skuteczna powierzchnia odbicia zwiększy się o dwa razy, przy const pozostałych wielkości, to zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnej zwiększy się około 20%. Inaczej mówiąc, jeżeli chcemy zwiększyć zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnej ~~w~~ dwa razy, to skuteczna powierzchnia odbicia powinna się zwiększyć szesnaście razy. Z tym, że pozostałe wartości wymienione we wzorze pozostałyby nie zmienione.

Określenie wielkości mocy sygnału odbitego od samolotu nie jest takie proste, ponieważ wielkość ta ma charakter zmienny /pulsujący-fluktuacyjny/.
Podyktowane jest to ciągłą zmianą kąta położenia obiektu /celu/ powietrznego w stosunku do miejsca stania naziemnej stacji radiolokacyjnej. Dlatego też, dla określenia zdolności odbijającej obiektu /celu/ powietrznego niezbędne jest określenie średniej wartości mocy. W praktyce za taką wartość przyjmuje się pojęcie skutecznej powierzchni odbicia obiektu /celu/ powietrznego. Na wielkość skutecznej powierzchni odbicia ma także wpływ długość fali /częstotliwość/ i wymiary celu powietrznego.
Ta współzależność pokazuje, że im większe są wymiary celu w porównaniu z długością fali, tym większą energią będzie odbijał cel, a więc będzie miał większą powierzchnię skuteczną. Gdy wymiary obiektu /celu/ są mniejsze od połowy długości fali, wówczas zamiast odbicia następuje ugięcie fali /dyfrakcja/ i taki obiekt /cel/ powietrzny nie będzie wykryty przez stację radiolokacyjną, natomiast obiekty /cele/ powietrzne posiadające wymiary równe połowie długości fali lub jej wielokrotności powodują odbicia rezonansowe o stosunkowo dużej mocy.

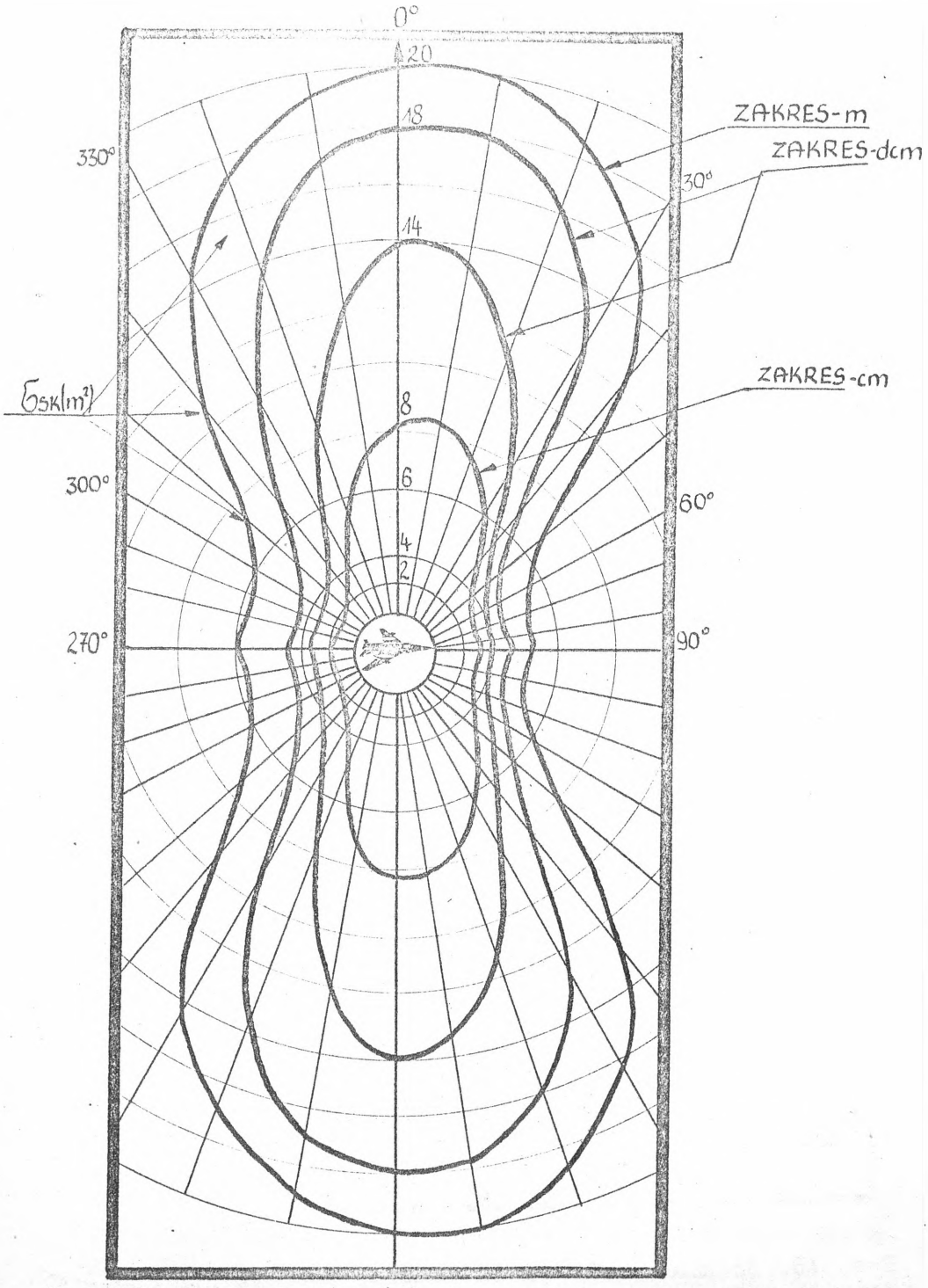
Przy grupowych obiektach /celach/ powietrznych /szyki zwarte/ mamy do czynienia z sumą elementarnych odbić od poszczególnych samolotów. Inaczej mówiąc skuteczna powierzchnia odbicia od celu grupowego będzie zawsze większa niż od celu pojedynczego.

W wyniku przeprowadzonych rozważań można stwierdzić, że ze wzrostem skutecznej powierzchni odbicia obiektów /celów/ powietrznych wzrastać będzie także zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych.
Ponadto skuteczna powierzchnia odbicia jest wielkością zmienną i zależy między innymi od :

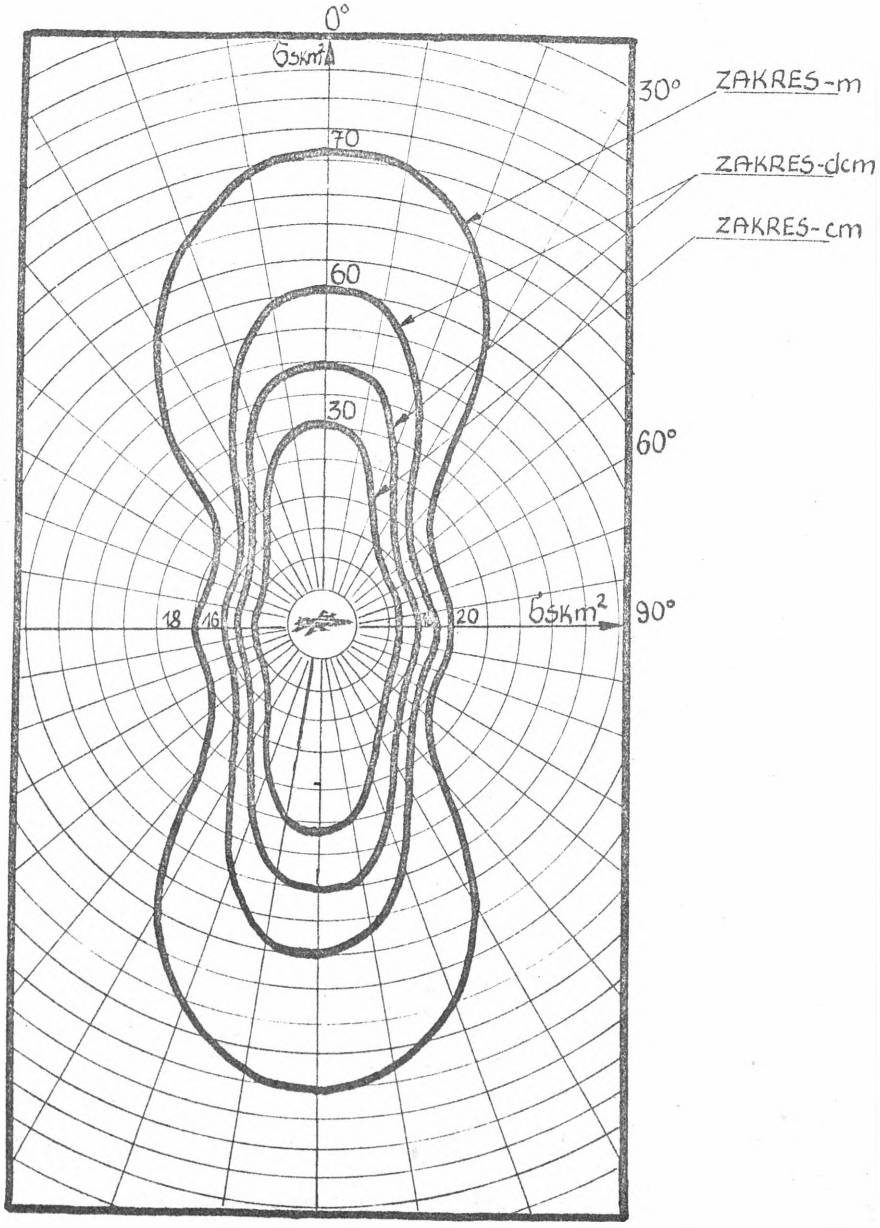
- kąta położenia obiektu /celu/ powietrznego w stosunku do miejsca stania naziemnej stacji radiolokacyjnej ;
- kształtu /sylwetki/ obiektu /celu/ powietrznego ;
- gabarytów obiektu /celu/ powietrznego ;
- ilości i kształtu zewnętrznych podwieszeń do obiektu /celu/ powietrznego ;
- zakresu częstotliwości, którą obiekt /cel/ powietrzny jest opromieniowany ;
- rodzaju materiału lub rodzaju pokrycia /malowania/, z którego obiekt /cel/ powietrzny został wykonany lub pomalowany.

Przykładowy rozkład wartości skutecznej powierzchni odbicia samolotów typu myśliwsko-bombowych i bombowych, w zależności od ich kąta położenia w stosunku do miejsca stania naziemnych stacji radiolokacyjnych oraz zakresu częstotliwości tych stacji radiolokacyjnych, ilustrują rys. 45 i 46.

Z przedstawionych wykresów na tych rysunkach wynika, że wartość skutecznej powierzchni odbicia jest najmniejsza kiedy samolot wykonuje lot na stację radiolokacyjną lub od stacji radiolokacyjnej.

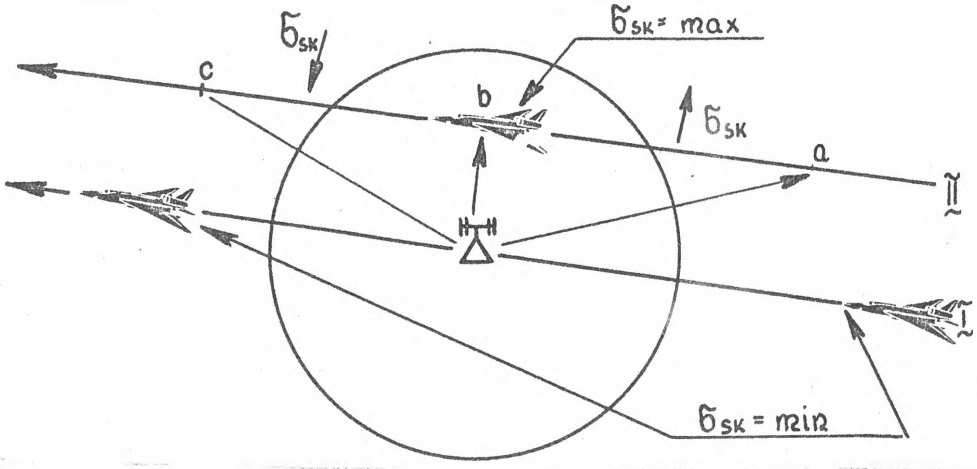


Rys. 45. Rozkład wartości skutecznej powierzchni odbicia samolotów myśliwsko-bombowych, w zależności od ich kąta położenia w stosunku do naziemnej RLS oraz zakresu częstotliwości tej RLS.



Rys. 46. Rozkład wartości skutecznej powierzchni odbicia samolotów typu B-52 i B-1A, w zależności od ich kąta położenia w stosunku do naziemnej RLS oraz zakresu częstotliwości tej RLS.

Największą skuteczną powierzchnię odbicia posiada samolot kiedy wykonuje lot /w stosunku do stacji radiolokacyjnej/ po trawersie. Powyższą współzależność ilustruje rys. 47.



Rys. 47. Wartość σ_{sk} samolotu w zależności od jego położenia w stosunku do miejsca stania stacji radiolokacyjnej.

Dla przykładu przeanalizujemy lot samolotu po trasie II. Począwszy od punktu /a/ σ_{sk} będzie wzrastać i w punkcie /b/ osiągnie swoją największą wartość, natomiast od punktu /b/ w stronę punktu /c/ wartość σ_{sk} będzie zmniejszać się, aż do osiągnięcia swej wartości minimalnej.

Z powyższej analizy wynika, że do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych /szczególnie nisko lecących/ należy angażować te posterunki radiolokacyjne /stacje radiolokacyjne/, których miejsce stania znajduje się na trawersie lotu obiektu /celu/ powietrznego.

W celu praktycznego posługiwania się wartością skutecznej powierzchni odbicia, ustalono eksperymentalnie jej wielkość w stosunku do określonych grup samolotów oraz do określonych grup stacji radiolokacyjnych. Powyższą współzależność ilustruje zestawienie zawarte w tabeli 13.

Tabela 13.

Minimalne i maksymalne wartości skutecznej powierzchni odbicia dla podstawowych grup środków napadu powietrznego nieprzyjaciela x/.

Typ środków napadu powietrznego nieprzyjaciela	Wartość δ_{sk} m² / minimalna i maksymalna obiektów/celów/ powietrznych w zależności od zakresu częstotliwości naziemnych RLS opromieniowujących te obiekty.		
	RLS zakresu centymetrow.	RLS zakresu decymetrow.	RLS zakresu metrowego
B — 52	8 — 30	12 — 50	15 — 70
B — 1A	8 — 30	12 — 50	15 — 70
FB — 111	5 — 10	8 — 15	10 — 20
Vulcan	5 — 8	10 — 15	15 — 30
F — 111	2 — 8	3 — 10	5 — 20
F-4, A-4, A-7A	1,5 — 8	2,5 — 18	3 — 20
SRAM /AGM — 69A/	0,01 — 0,1	0,1 — 1,4	0,5 — 2,5
SCAD /AGM — 86 A/	0,1 — 1	0,2 — 3	1 — 5
„STANDART ARM" pocisk p/radiol.	001 — 0,16	0,1 — 2	0,7 — 5
Automatyczne dryfujące aerostaty /ADA/	0,5	0,6	0,7 — 1

---

x/ 1. Tabela zestawiona została na podstawie danych zawartych w podręczniku "Taktyka radiotechniczeskich wojsk PWO strany", wyd. /KALININ-ZSRR/ - 1972 rok.
2. Dane zawarte w tabeli są wartościami przybliżonymi.

Inne dostępne dla autora źródła traktują ten problem nieco inaczej, np.:
w podręczniku "Metodiczeskoje posobie po obuczeniu radiotechniczeskich wojsk PWO strany bojewoj rabotie po niskoletjaszczim i wysotnym celam", wyd. /KALININ-ZSRR/ - 1973 r. podaje się tylko minimalną i maksymalną wartość skutecznej powierzchni odbicia, nie dowiązując tego do zakresu częstotliwości naziemnych RLS, a mianowicie :

- samoloty bombowe - strategiczne klasyfikowane są w granicach 10-25 m^2 ;
- samoloty bombowe typu CANBERRA i BUCCANEER MK-2 w granicach 5-8 m^2 ;
- samoloty myśliwsko-bombowe klasyfikowane są w granicach 1-5 m^2 /w tym F-111A 3-5 m^2 /;
- samoloty szturmowe typu BUCCANEER MK-1 klasyfikuje się w granicach 4-7 m^2 ;
- lotnicze pociski kierowane powietrze-ziemia ogólnie klasyfikowane są w granicach od 0,3 do 1,3 m^2.

Ponadto w literaturze fachowej i wojskowej można się też spotkać ze znaczeniem uogólnionym dla wartości skutecznej powierzchni odbicia. Według tej klasyfikacji większość aparatów latających jest zaliczana do trzech zasadniczych grup i tak:

- małe obiekty/uskrzydlone rakiety i pociski lotnicze kierowane powietrze-ziemia/ zaliczane są do grupy pierwszej, których skuteczna powierzchnia odbicia mieści się w granicach od 0,3 m^2 do 1 m^2 ;
- średnie obiekty /samoloty myśliwskie, myśliwsko-bombowe i szturmowe oraz pokładowe/ zaliczane są do grupy grugiej, których skuteczna powierzchnia odbicia mieści się w granicach 1m^2 do 5m^2 ;

- duże obiekty /samoloty bombowe/ zaliczane są do grupy trzeciej, ich skuteczna powierzchnia odbicia została przyjęta w granicach od 5 m^2 do 10 m^2.

W materiałach źródłowych nie dla wszystkich typów środków napadu powietrznego podawana jest skuteczna powierzchnia odbicia, szczególnie dotyczy to samolotów nowej produkcji USA i W. Brytanii oraz samolotów produkcji francuskiej i szeweckiej. Biorąc jednak pod uwagę wyżej wymienioną klasyfikację można poprzez analogię zaszeregować te samoloty do jednej z wymienionych uprzednio grup. Zaszeregowanie można przeprowadzić na podstawie porównania podobieństwa cech samolotów nie sklasyfikowanych z samolotami już sklasyfikowanymi.

Na podstawie przeprowadzonej analizy, można sformułować następujące wnioski :

- skuteczna powierzchnia odbicia obiektu /celu/ powietrznego ma bardzo istotny wpływ na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych, w tym szczególnie na małych wysokościach ;
- im większa jest skuteczna powierzchnia odbicia obiektu /celu/ powietrznego, tym większy jest zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnej w stosunku do tego obiektu /celu/ powietrznego ;
- wartość skutecznej powierzchni odbicia jest wartością zmienną i zależy od wielu czynników, między innymi od kąta położenia obiektu /celu/ powietrznego w stosunku do miejsca stania naziemnej stacji radiolokacyjnej oraz od zakresu częstotliwości tej stacji ;
- wartość skutecznej powierzchni odbicia rozkłada się nierównomiernie, największą powierzchnię odbijającą posiada bok samolotu /rakiety/, natomiast najmniejszą tył i przeód samolotu /rakiety/ ;

- przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ powietrznych grupowych /szyki zwarte/ mamy zawsze do czynienia z większą powierzchnią odbicia, aniżeli od pojedynczego samolotu ;
- do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych /szczególnie nisko lecących/ należy angażować te posterunki radiolokacyjne /stacje radiolokacyjne/, których miejsce stania /rozwinięcia/ znajduje się na trawersie lotu obiektu /celu/ powietrznego, co w konsekwencji zabezpiecza wykrywanie tych obiektów /celów/ powietrznych na dalszych odległościach /zasięgach/ i pewne śledzenie za ich lotem .

2.2.3. Wpływ warunków i właściwości rozchodzenia się fal radiowych na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

Podstawowym problemem dla wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach są małe zasięgi stacji radiolokacyjnych, które są uzależnione /uwarunkowane/ kulistością ziemi i warunkami rozchodzenia się fal radiowych.

Maksymalny zasięg stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach jest ograniczony horyzontem radiowym.
W literaturze fachowej można też spotkać, że powyższe pojęcie jest zastępowane terminem "horyzont optyczny".

Zasięg /odległość/ horyzontu radiowego, dla standartowej atmosfery z uwzględnieniem refrakcji fal radiowych, może być określony z wykorzystaniem wzoru :

$$D_{hr} = 4.12\left(\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c}\right) \quad km. \qquad /2.24/$$

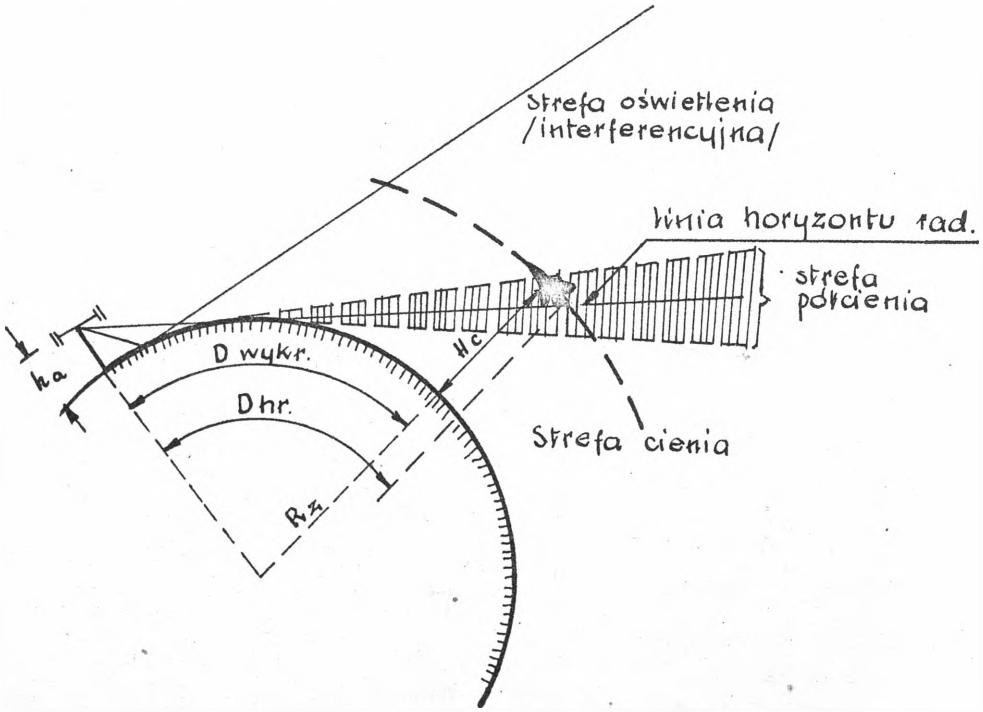
gdzie :

h_a - wysokość zawieszenia centrum elektrycznego anteny nad poziomem ziemi w metrach ;

H_c - wysokość lotu obiektu /celu/ powietrznego nad poziomem ziemi w metrach ;

4,12 - współczynnik uwzględniający krzywiznę ziemi /przelicznik metrów na km/.

Ze wzoru /2.24/ wynika, że aby zwiększył się zasięg horyzontu radiowego należy podwyższać zawieszenie anteny lub musiałby wzrastać pułap lotu obiektu /celu/ powietrznego.
Z uwagi na temat rozprawy, pozostaje tylko jedna wielkość, której wartość może wzrastać, a mianowicie wysokość zawieszenia anteny. Omawianą współzależność ilustrują rys. 48 i tabela 14.



Rys. 48 Wpływ krzywizny powierzchni ziemi na zasięg stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

Obiekt /cel/ powietrzny lecący na małej wysokości może być wykryty przez stację radiolokacyjną tylko na odległościach zbliżonych do zasięgu horyzontu radiowego, nawet w obszarze t.z. półcienia radiowego /patrz rys. 48/.

Obszar półcieni radiowych styka się z linią horyzontu radiowego zarówno z góry jak i z dołu, obejmując punkty znajdujące się na odległościach nieco mniejszych i nieco większych od zasięgu /odległości/ horyzontu radiowego.

W związku z powyższym można wysunąć twierdzenie, że zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych jest zawsze mniejszy od zasięgu horyzontu radiowego.

Tabela 14.

Zasięgi horyzontu radiowego przy różnych wartościach H_c i h_a x/.

H_c [m] \ h_a [m]	Zasięg horyzontu radiowego [bezpośredniej widzialności] w zależności od wysokości zawieszenia anteny i wysokości lotu celu.									
	5	10	20	30	50	100	200	300	400	500
50	38.4	42.2	47.5	51.7	58,3	70,3	87,4	100,5	111,5	121,3
100	50,4	54.2	59,6	63,7	70,3	82,4	94,5	112,5	123,6	133,3
200	67.5	71.3	76,7	80,8	87.4	99,5	116,5	129,6	140,6	150,4
300	80.6	84.4	89.7	93,9	100,5	112,5	129,6	142,7	153,7	163,5
400	91.6	95.4	100,8	104.9	111.5	123,6	140,6	153,7	164,8	174,5
500	101.3	105,2	110,5	114,7	121,3	133,3	150,3	163,5	174.5	184,2
600	110.1	113,9	119.3	123,4	130,0	142,1	159,2	172,3	183,3	193,0
1000	139.5	143,3	148.7	152,8	159,4	171,5	188.5	201,6	212,7	222,4
1500	168,7	172,6	177.9	182,1	188,7	200,8	217,8	230,9	241.9	251,6
2000	193,4	197.3	202.6	206,8	213,4	225,4	242,5	255,6	266,6	274,2

x/ Tabelę zestawiono na podstawie otrzymanych wyników obliczeń wykonanych wg wzoru /2.24/.

W praktyce problem rozwiązano w ten sposób, że wprowadzono pojęcie współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego.

2.2.3.1. Współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego.

W zależności od konkretnego typu stacji radiolokacyjnej i jej parametrów technicznych współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego przyjmuje różne wartości. Określa się go wielkością całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej na drodze jej rozchodzenia się. Jego wartość mieści się w granicach od 0 do 1, wynika ona ze stosunku zawartego w równaniu :

$$K_{whr} = \frac{D_{wykr}}{D_{hr}} \qquad /2.25/$$

gdzie :

K_{whr} - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego ;

$D_{wykr.}$ - zasięg /odległość/ wykrywania RLS ;

D_{hr} - zasiąg horyzontu radiowego.

Wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego możemy obliczyć na podstawie charakterystyki promieniowania anteny oraz danych taktyczno-technicznych rozpatrywanej stacji radiolokacyjnej, wyszczególnionych w formularzu technicznym.

Dla stacji radiolokacyjnych, znajdujących się obecnie w wyposażeniu WRT OPK, średnie wartości współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego /K_{whr}/ ilustruje tabela 15.

Z przytoczonych określeń oraz danych zawartych w tabeli wynika, że im większa jest wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego, tym lepsze możliwości w zakresie wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących posiada dana stacja radiolokacyjna.

Tabela 15.

Wartości współczynnika horyzontu radiowego x/.

TYP RLS / σ_{sw}	P 12 M	P 18	P 15 M	P 14 F	P 15 NL	JAWOR M	JAWOR M2	P 37	PRW 11	PRW 13	5N87	NAREW
1 m^2	0,34	0,45	0,50	0,57	0,65	0,51	0,63	0,65	0,78	0,85	xx 0,58	xx 0,85
10 m^2	0,48	0,70	0,65	0,80 /0,85/	0,81	0,69	0,80	0,67	0,87	0,95	xx 0,78	xx 0,95

2.2.3.2. Wpływ powierzchni ziemi na formowanie stref wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

Linia horyzontu radiowego dzieli całość obszaru /rys.48/ na dwie części, a mianowicie :

- na obszar interferencyjny oświetlony ;
- na obszar t.z. cienia radiowego.

---

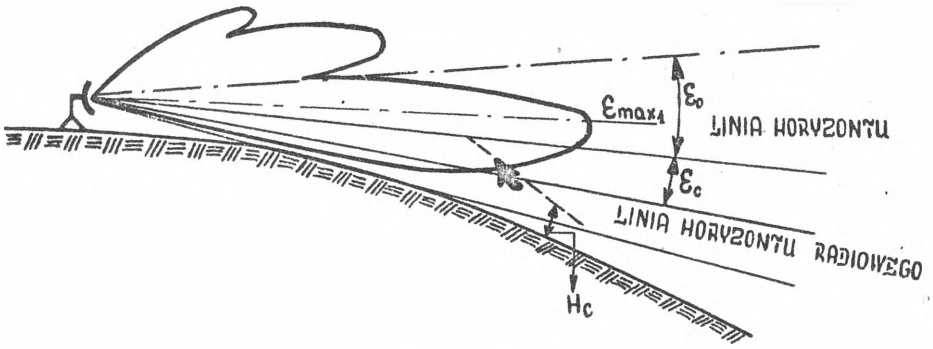
x/ 1. Dane zawarte w tabeli są wartościami przybliżonymi.

2. Tabela zestawiona została na podstawie danych zawartych :
- w skrypcie ppłk mgr Jerzego SIWICKIEGO "Normatywy taktyczno-techniczne i zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych WRT OPK". Wyd. ASG - 1975 r. ;
- w podręczniku "Metodiczeskoje posobie po obuczeniu radiotechniczeskich wojsk PWO strany bojewoj rabotie po niskoletjaszczym i wysotnym celam". Wyd.KALININ-1973 r. ;
- w skrypcie "Metoda określania realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach z uwzględnieniem profilu terenu i przedmiotów terenowych". Wyd. ASG - 1974 r.

xx/ Wartości prawdopodobne.

Rozpatrzymy zatem metodę prognozowania /określania/ odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących w obszarze oświetlonym-interferencyjnym.

Wiadomo, że w stacjach radiolokacyjnych zakresu metrowego i decymetrowego wskutek odbicia fal radiowych od powierzchni ziemi pojawia się podział /rozdrobnienie/ szerokiej charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie pionowej na wąskie listki. Dlatego też w obszarze interferencyjnym, przy małych kątach położenia, obiekty /cele/ nisko lecące są wykrywane głównie przez dolny listek charakterystyki stacji radiolokacyjnej.



Rys. 49. Wykrywanie obiektu /celu/ powietrznego nisko lecącego pod małymi kątami położenia /ε_c/ dolnym listkiem charakterystyki promieniowania RLS.

Na rysunku 49 pokazana została forma charakterystyki promieniowania RLS w płaszczyźnie pionowej przy nieruchomej antenie z uwzględnieniem odbicia od powierzchni ziemi, gdzie obiekt /cel/ nisko lecący wykrywany jest pod kątem położenia ε_c przez dolny listek charakterystyki promieniowania RLS.

W stacjach radiolokacyjnych zakresu centymetrowego, kształtowanie kierunkowej charakterystyki promieniowania w zwykłych warunkach pracy, odbywa się bez udziału ziemi.

Wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ nisko lecących realizowane jest przy pomocy dolnych kanałów stacji.

Pochylenie systemu antenowego RLS zakresu centymetrowego o kąt większy od kąta położenia maksimum kierunkowej charakterystyki promieniowania prowadzi do tego,że część promieniowanej energii pada na powierzchnię ziemi, która w tym wypadku zaczyna brać udział w kształtowaniu kierunkowej charakterystyki promieniowania.

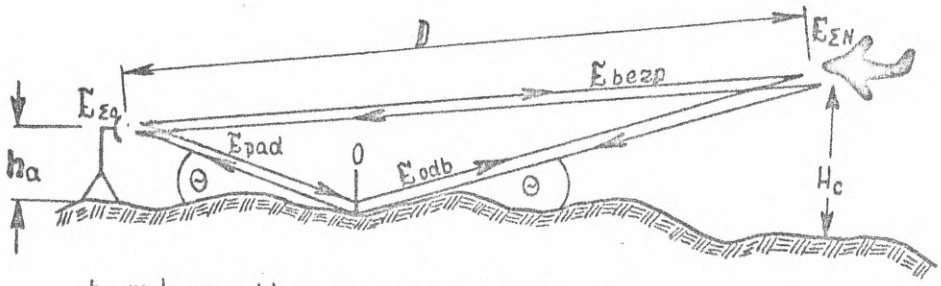
Pochylenie systemu antenowego w celu zwiększenia odległości wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących, może być stosowane tylko wtedy, gdy pozycja RLS posiada zerowe lub ujemne kąty zakrycia.

Stacje radiolokacyjne zakresu metrowego i decymetrowego posiadają charakterystyki promieniowania o małej kierunkowości dlatego też znaczna część promieniowanej energi pada na powierzchnię ziemi. W związku z tym sumaryczne pole, szczególnie przy małych kątach położenia, określane jest sumą pól fali bezpośredniej i odbitej oraz nosi charakter interferencyjny.
Powyższą współzależność ilustruje rys. 50.

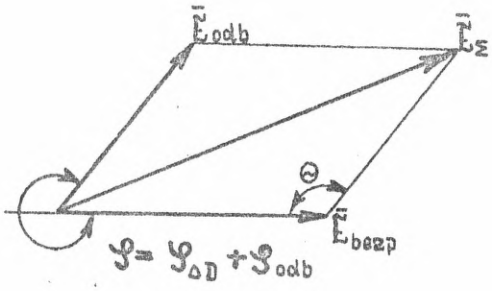
Tak więc promieniowana przez antenę RLS energia dochodzi do obiektu /celu/ powietrznego dwiema drogami, a mianowicie : bezpośrednio /$E_{bezp.}$/ i z odbiciem od ziemi /wody/ - $E_{odb.}$.
Dokładnie w ten sam sposób powraca do anteny RLS energia odbita od obiektu /celu/ powietrznego.

W związku z powyższym, pole elektromagnetyczne, zarówno przy obiekcie /celu/ powietrznym jak i przy antenie RLS, jest sumą bezpośredniego i odbitego promieniowania. Wielkość amplitudy napięcia sumarycznego pola zależy od wielkości amplitud poszczególnych pól i przesunięcia fazowego między nimi.
Energia fali dobitej posiada zawsze mniejszą amplitudę od energi fali padającej /$E_{pad.}$/ i jest przesunięta w fazie.

a. schemat rozchodzenia się fal radiowych z udziałem ziemi



b. wykres wektorowy sumarycznego pola



Rys. 50. Formowanie sumarycznego pola radiolokacyjnego w wyniku interferencji bezpośredniego i odbitego promieniowania.

Wartość amplitudy napięcia sumarycznego pola można określić rachunkiem wektorowym, wykorzystując do tego celu teorię cosinusów :

$$E_{\Sigma}^{2} = E_{bezp.}^{2} + E_{odb.}^{2} - 2\,E_{bezp.} \cdot E_{odb.} \cdot \cos\Theta \qquad /2.26/$$

Jeżeli lewą i prawą stronę równania podzielimy przez wartość $E^2_{bezp.}$ i wyciągniemy pierwiastek kwadratowy, to otrzymamy:

$$\frac{E_\Sigma}{E_{bezp}} = \sqrt{1 + \left(\frac{E_{odb}}{E_{bezp}}\right)^2 - 2\,\frac{E_{odb}}{E_{bezp}} \cdot \cos\Theta} \qquad /2.27/$$

Stosunek $\frac{E_{odb}}{E_{bezp}} = \frac{E_{odb}}{E_{pad}} = R_o$ i nosi nazwę współczynnika odbicia /2.28 /

Z rysunku /50b / można także określić wielkość kąta ślizgu fali odbitej:

$$\Theta = \varphi - 180^\circ = \varphi_{\Delta D} + \varphi_{odb} - 180^\circ \qquad /2.29/$$

gdzie: φ_{odb} - przesunięcie fazy w wyniku odbicia się energii /fali/ w punkcie 0 ;

$\varphi_{\Delta D}$ - przesunięcie fazy wynikające z różnicy przebytej drogi przez falę bezpośrednią i odbitą.

$$\varphi_{\Delta D} = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{4\pi h_a}{\lambda} \cdot \sin\Theta \qquad /2.30/$$

gdzie: λ - długość fali RLS ;

Θ - kąt ślizgu fali odbitej.

Jeżeli powyższe znaczenie podstawimy do wzoru wyjściowego to otrzymamy :

$$\frac{E_\Sigma}{E_{bezp}} = \sqrt{1 + R_o^2 - 2R_o \cos\left(\varphi_{\Delta D} + \varphi_{odb}\right)} = \Phi_z(\Theta) \qquad /2.31/$$

Przy założeniu, że : $R_o \cong 1$

$\varphi_{odb} = 180^\circ$

$\Theta = \varepsilon_c$

to powyższy wzór upraszcza się i przyjmuje postać :

$$\Phi_z(\Theta)=\frac{E_\Sigma}{E_{bezp}}=2\sin\left(\frac{2\pi h_a}{\lambda}\sin\varepsilon_c\right) \qquad /2.32/$$

gdzie :

$\Phi_z(\Theta)$ - interferencyjny mnożnik ziemi ;

ε_c - kąt położenia obiektu /celu/ powietrznego.

<u>Interferencyjny mnożnik ziemi oraz jego wpływ na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.</u>

Odległość wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących pod kątem położenia ε_c /przez rozpatrywane RLS/ może być określana następująco :

$$D_{wykr}=D_{max.}\cdot F(\Theta)\cdot\Phi_z(\Theta) \qquad /2.33/$$

gdzie :

D_{max} - maksymalna odległość wykrywania obiektów /celów/ powietrznych przez RLS w swobodnej przestrzeni ;

$F(\Theta)$ $F(\varepsilon_0-\varepsilon_c)$ - normowana kierunkowa charakterystyka promieniowania anteny RLS w płaszczyźnie pionowej swobodnej przestrzeni ;

$\Phi_z(\Theta)$ - interferencyjny mnożnik ziemi, który wskazuje ile razy amplituda napięcia pola /przy udziale ziemi w formowaniu kierunkowej charakterystyki promieniowania/ jest większa lub mniejsza od amplitudy napięcia pola w swobodnej przestrzeni.

Charakterystyka kierunkowa anteny RLS w swobodnej przestrzeni $F/\varepsilon_0 - \varepsilon_c/$ w większości wypadków jest znana lub może być określana na podstawie rozmiarów anteny, długości fali i kąta położenia obiektu /celu/ powietrznego.

Interferencyjny mnożnik ziemi, który zależy od wysokości zawieszenia anteny RLS, długości fali i kąta położenia obiektu /celu/ powietrznego, może być określany tylko na podstawie wzorów przybliżonych.

Przy małych kątach położenia obiektu /celu/ powietrznego sin ε_c można przyjąć równym ε_c , a ta wielkość może być określana ze współzależności wynikającej z rys. 50a :

$$\varepsilon_c = \frac{H_c}{D_{wykr}} \qquad /2.34/$$

Tak więc, interferencyjny mnożnik ziemi /przy małych kątach położenia obiektu powietrznego / może być określany z dostateczną dokładnością według następującego wzoru :

$$\Phi_z(\odot) = 2 \sin \frac{2\pi h_a H_c}{\lambda D_{wykr}} \qquad /2.35/$$

a nawet można przyjąć, że wartość

$$\sin \frac{2\pi h_a H_c}{\lambda D_{wykr}} \text{ w przybliżeniu jest równa } \frac{2\pi h_a H_c}{\lambda D_{wykr}} \qquad /2.36/$$

Z powyższego wzoru wynika, że przy małych kątach położenia obiektu /celu/ powietrznego, interferencyjny mnożnik ziemi zależy głównie od :

- wysokości zawieszenia anteny RLS ;
- wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego ;
- długości fali RLS ;
- zasięgu wykrywania RLS.

Przy zmianach kąta położenia obiektu /celu/ powietrznego /ε_c/, zmienia się także moduł interferencyjnego mnożnika ziemi $[\Phi(\Theta)]$. Wartość modułu zmienia się w granicach od 0 do 2.

W podsumowaniu tego zagadnienia należy odpowiedzieć na pytanie. W jakim stopniu analizowany interferencyjny mnożnik ziemi wpływa na zasięg wykrywania rozpatrywanych RLS ? Z ustaleń wynika, że odbierany przez RLS odbity sygnał od obiektu /celu/ powietrznego jest także rezultatem interferencji dwóch pól, ponieważ na jego wartość składa się odbity sygnał bezpośrednio przychodzący od obiektu /celu/ powietrznego oraz sygnał, który w powrotnej drodze do RLS odbijany jest jeszcze od powierzchni ziemi /wody/ - patrz rys. 50a.

W związku z tym, że mamy do czynienia z podwójnym odbiciem energii od powierzchni ziemi /wody/ - przy nadawaniu i odbiorze, to przyjmowana przez RLS wartość mocy sygnału odbitego /sumarycznego/ może być określana następująco :

$$P_{przyjm.} = \frac{P_{prom.} G_a S_a \sigma_c}{16\pi^2 D^4_{wykr.}} \left[4 \sin^2 \left(\frac{2\pi h_a H_c}{\lambda D_{wykr}} \right) \right]^2 \qquad /2.37/$$

Z uwagi na małe kąty położenia obiektu /celu/ powietrznego, można przyjąć tożsamość wynikającą ze wzoru /2.36/, w związku z czym rozpatrywany wzór może przyjąć postać :

$$P_{przyjm.} = \frac{P_{prom.} G_a S_a \sigma_c}{16\pi^2 D^4_{wykr}} \left(16\pi^2 \frac{h_a^2 H_c^2}{\lambda^2 D^2_{wykr}} \right)^2 \qquad /2.38/$$

Po uproszczeniu otrzymamy :

$$P_{przyjm.} = \frac{P_{prom.} G_a S_a \sigma_c}{16\pi^2 D^8_{wykr.}} \left(\frac{4^2 \pi^2 h_a^2 H_c^2}{\lambda^2} \right)^2 \qquad /2.39/$$

Z tego :

$$D_{wykr} = \sqrt[8]{\frac{P_{prom.} G_a S_a \sigma_c}{P_{przyjm.} 16\pi^2} \left(\frac{4\pi h_a H_c}{\lambda} \right)^4} \qquad /2.40/$$

Po uproszczeniu otrzymamy :

$$D_{wykr} = \sqrt{\sqrt[4]{\frac{P_{prom.} G_a S_a \sigma_c}{P_{przyjm.} 16 \pi^2}}} \sqrt{\frac{4 \pi h_a H_c}{\lambda}} \qquad /2.41/$$

Jeżeli przyjmiemy, że : $P_{przyjm.} = P_{odb.min.}$, to :

$$\sqrt[4]{\frac{P_{prom.} G_a S_a \sigma_c}{P_{odb\,min.} 16 \pi^2}} = D_{max.} \qquad /2.42/$$

to znaczy zasięgowi wykrywania RLS w swobodnej przestrzeni,

gdzie :

$P_{prom.}$ - promieniowana moc urządzenia nadawczego ;

$P_{odb.min.}$ - minimalna odbierana moc przez urządzenie odbiorcze ;

G_a - zysk kierunkowy urządzenia antenowego ;

S_a - skuteczna powierzchnia anteny ;

σ_c - skuteczna powierzchnia celu.

W związku z powyższym końcowy wzór na określenie zasięgu /odległości/ wykrywania RLS na małych wysokościach może przyjąć postać :

$$D_{wykr} = \sqrt{D_{max}} \sqrt{\frac{4 \pi h_a H_c}{\lambda}} \qquad /2.43/$$

Z równania /2.43/ wynika, że zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych /metrowego i decymetrowego zakresu fal/ na małych wysokościach w dużym stopniu uzależniony jest od wysokości zawieszenia anteny, wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego i długości fali RLS - czyli od wartości określających wielkość interferencyjnego mnożnika ziemi, natomiast w nieznacznym tylko stopniu od wartości określających $D_{max.}$

Wyżej wymieniona współzależność tłumaczy się tym, że zasięg wykrywania rozpatrywanych RLS na małych wysokościach jest proporcjonalny pierwiastkowi ósmego stopnia ze stosunku wartości określających D_{max} oraz proporcjonalny pierwiastkowi drugiego stopnia ze stosunku określającego $\Phi_z(\Theta)$.

Wychodząc z równania /2.43/ możemy określić wysokość zawieszenia anteny. Po przekształceniu powyższego równania otrzymamy :

$$h_a = \frac{D^2_{wykr} \cdot \lambda}{4\pi D_{max} \cdot H_c} \qquad /2.44/$$

Reasumując należy podkreślić, iż w stacjach radiolokacyjnych zakresu metrowego i decymetrowego zmniejszanie lub zwiększanie wartości $P_{prom.}$ i $P_{odb.min.}$ nie prowadzi do istotnych /namacalnych/ zmian w ich zasięgach wykrywania.

Długość fali roboczej RLS ma zasadniczy wpływ na wartość interferencyjnego mnożnika ziemi i na wysokość zawieszenia anteny, ponieważ :

- im krótsza jest długość fali, tym wartość interferencyjnego mnożnika ziemi jest większa /patrz równanie 2.35/ ;
- im krótsza jest fala, tym wymuszona założonymi wymaganiami wysokość zawieszenia układu antenowego jest mniejsza /równanie 2.44/.

Z powyższego ustalenia wynika, że zwiększanie zasięgu wykrywania RLS zakresu metrowego /na małych wysokościach / poprzez zwiększenie wysokości zawieszenia anteny jest nie opłacalne.

Najbardziej predysponowanymi stacjami radiolokacyjnymi do wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących są RLS zakresu decymetrowego i to te, które pracują na jak najkrótszej długości fali roboczej /λ/.

Jeżeli w celu zwiększenia zasięgu /odległości/ wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących zaistnieje konieczność podniesienia wysokości zawieszenia układu antenowego RLS, to przy tym zmienia się minimalny kąt położenia maksimum promieniowania pierwszego /dolnego/ listka kierunkowej charakterystyki promieniowania RLS. Wielkość tego kąta może być określana równaniem :

$$\sin \varepsilon_{max} = n \frac{\lambda}{4h_a} \qquad /2.45/$$

gdzie :

n : 0, 1, 2, 3 .....

Przy nieparzystych wartościach /n/ odległość wykrywania RLS rośnie niemal dwukrotnie w porównaniu z odległością wykrywania w swobodnej przestrzeni, natomiast przy parzystych wartościach /n/ odległość wykrywania RLS maleje do 0.

Jeżeli założymy, że n = 1, to kąt położenia maksimum promieniowania pierwszego /dolnego/ listka może być określony przy pomocy wzoru przybliżonego :

$$\varepsilon^{o}_{max} = 60 \frac{\lambda}{4h_a} = 15 \frac{\lambda}{h_a} \qquad /2.46/$$

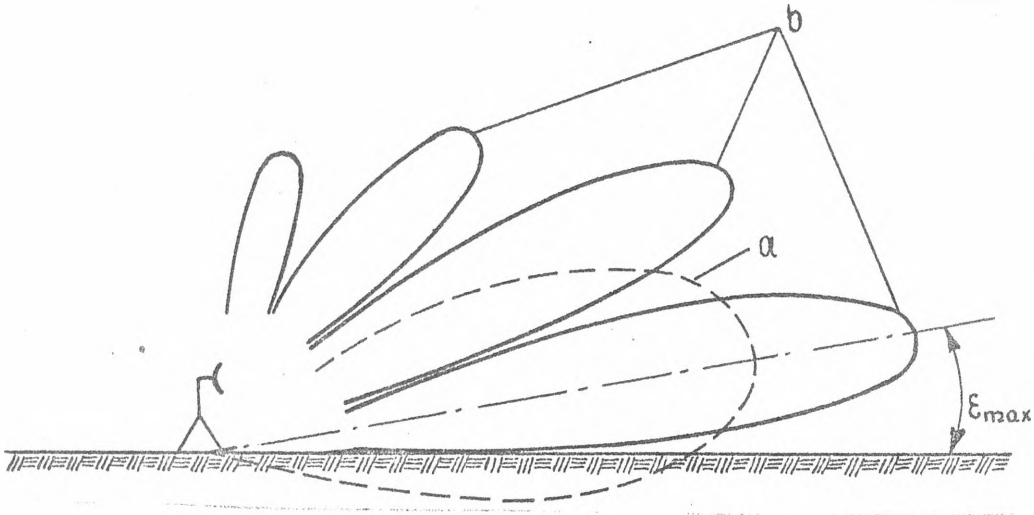
gdzie :

ε_{max} - kąt położenia maksimum pierwszego listka w stopniach ;

λ - długość fali w metrach ;

h_a - wysokość zawieszenia anteny w metrach.

Równania /2.43, 2.45 i 2.46/ dają wyniki przybliżone i charakteryzują tylko problem wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących przez stacje radiolokacyjne, w sensie jakościowym. Realne charakterystyki promieniowania i odległości wykrywania RLS zakresu metrowego i decymetrowego mogą być określane tylko poprzez obloty z różnych kierunków i na różnych wysokościach.



Rys. 50a. Kierunkowe charakterystyki promieniowania stacji radiolokacyjnej :
a - w swobodnej przestrzeni ;
b - z odbiciem od powierzchni ziemi.

Aby równania /2.43, 2.45 i 2.46/ dały wyniki jak najbardziej prawdopodobne, należałoby dysponować terenem niemal idealnym /płaskim/ o promieniu równym około 15-25 h_a^2/λ .

Jak było już stwierdzone , stacje radiolokacyjne zakresu centymetrowego nie podlegają /ujemnemu czy dodatniemu/ wpływowi ziemi przy formowaniu kierunkowej charakterystyki promieniowania.

Jednak zasięgi /odległości/ wykrywania RLS tego zakresu fal, uzależnione są od strat w atmosferze, a szczególnie od strat powodowanych przez zjawiska atmosferyczne.

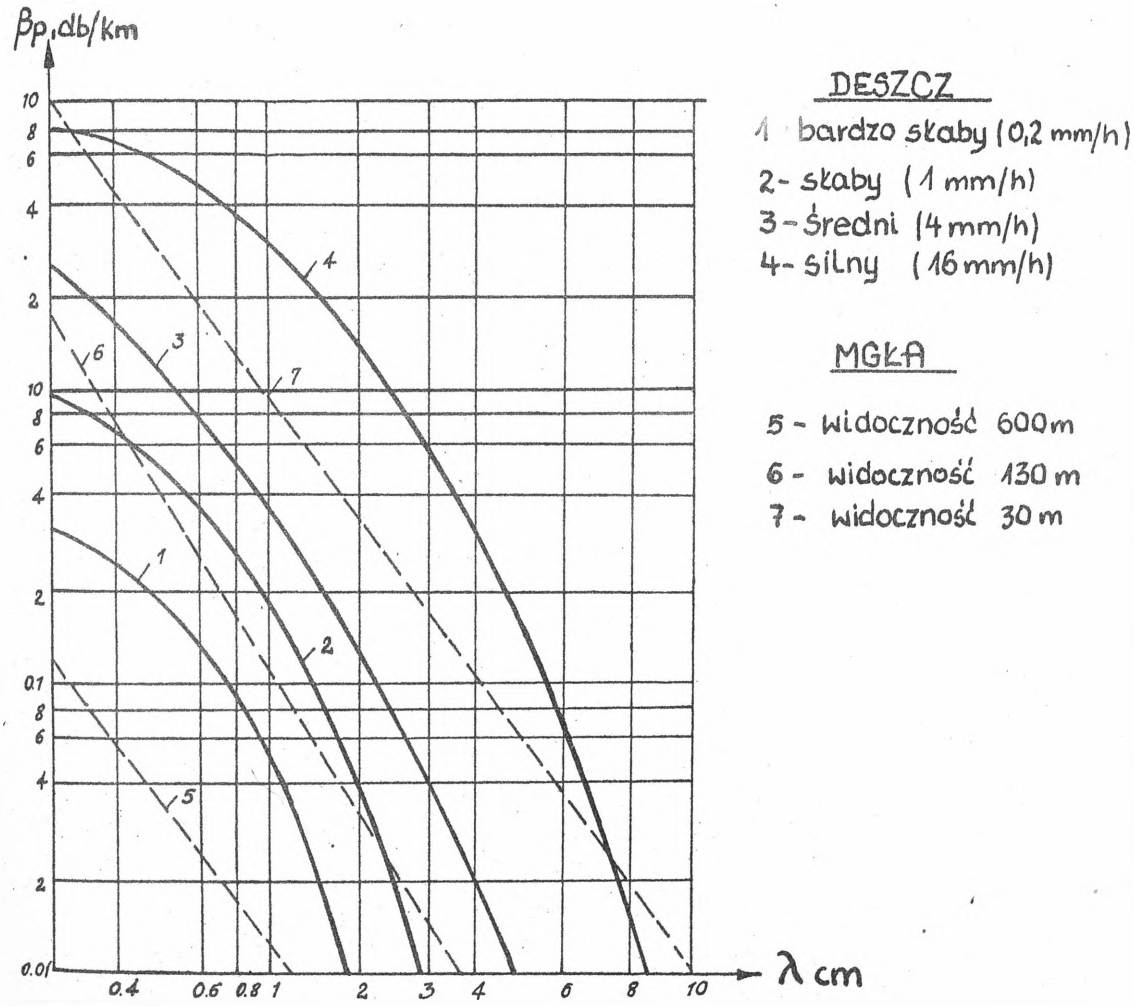
Odległość /zasięg/ wykrywania stacji radiolokacyjnych zakresu centymetrowego, z uwzględnieniem strat energii w atmosferze, może być określana według następującego równania :

$$D_{wykr} = D_{max} F(\varepsilon_0 - \varepsilon_c) e^{-\beta_p D} \qquad /2.47/$$

gdzie :

β_p - współczynnik pochłaniania /tłumienia/ fal radiowych wyrażony w dB/km.

Uwaga : Wielkość tego współczynnika zależy od długości fali RLS oraz od rodzaju zjawiska atmosferycznego i określana jest na podstawie wykresów - patrz rys. 51.



Rys. 51. Zależność współczynnika pochłaniania energii fal radiowych β_p od długości fali /λ/ i rodzaju zjawisk hydrometerologicznych.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że w obszarze interferencyjnym obliczenia prowadzi się według wzorów /równań/ interferencyjnych, które są słuszne tylko wtedy, kiedy oba punkty obserwacji /antena RLS i obiekt /cel/ powietrzny/ leżą na jednej prostej i podniesione są na wystarczającą wysokość, a powierzchnia ziemi wokół rozpatrywanej RLS jest płaszczyzną równą. Wawunki te mogą być spełnione dla stosunkowo dużego zakresu kątów położenia obiektów /celów/ powietrznych. Dla anten o mniejszej kierunkowości /w pobliżu ziemi - pod małymi kątami położenia/ korzysta się tylko z wzorów przybliżonych - empirycznych.

Współczynnik osłabienia /tłumienia/ dyfrakcyjnego oraz jego wpływ na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

W miarę zbliżania się do powierzchni ziemi, zaznacza się coraz bardziej wpływ sferyczności ziemi. Prowadzi to do dodatkowego tłumienia pola elektromagnetycznego. W ogólnym wypadku tłumienie to uwzględniamy poprzez wprowadzenie współczynnika osłabienia dyfrakcyjnego V/D/[x].

Odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach, z uwzględnieniem współczynnika V/D/ może być określona następującym wzorem :

$$D_{wykr} = D_{max.} \cdot V(D) \qquad /2.48/$$

Współczynnik osłabienia V/D/ zależy od wielu czynników, a między innymi od :

- wysokość zawieszenia układu antenowego /h_a/ ;

---

x/ Dyfrakcja - zdolność uginania się fal radiowych pod wpływem nierówności terenu, odchylenie się biegu fali od prostoliniowego.

- długości fali roboczej RLS /λ/ ;
- wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego /H_c/ ;
- krzywizny powierzchni ziemi.

Liczbowo współczynnik osłabienia V/D/ dla rozpatrywanej RLS /przy danych h_a, H_c i D/ można określić równaniem :

$$|V(D)|_{dB} = |V_0| - 17{,}1\,(X_i\, X_{hr}) \qquad /2.49/$$

Powyższe równanie otrzymano drogą przejścia od wartości geometrycznych : D, H_c, h_a, do współrzędnych bezwymiarowych X, Y_1 i Y_2.

gdzie :

X_j i X_{hr} - zamienione współrzędne biegunowe, które określa się następująco :

$$X_i = \frac{D_i}{R_0}\,; \qquad X_{hr} = \frac{D_{hr}}{R_0}\,; \qquad /2.50/$$

gdzie :

R_0 - skala odległości dla rozpatrywanego typu RLS, którą można określić równaniem :

$$R_0\,(km) = \sqrt[3]{\frac{R_z^2\,\lambda}{\pi}} \qquad /2.51/$$

gdzie :

R_z - ekwiwalentny promień ziemi z uwzględnieniem refrakcji /R_z = 8500 km/.

W równaniu /2.49/ mnożnik osłabienia /V_0/ występuje jako funkcja od bezwymiarowego parametru /μ/ i określa się go z wykresu - patrz rys. 52.

$$\mu = \sqrt{\frac{\sqrt{y_1\, y_2}}{\sqrt{y_1} + \sqrt{y_2}}} \qquad /2.52/$$

gdzie :

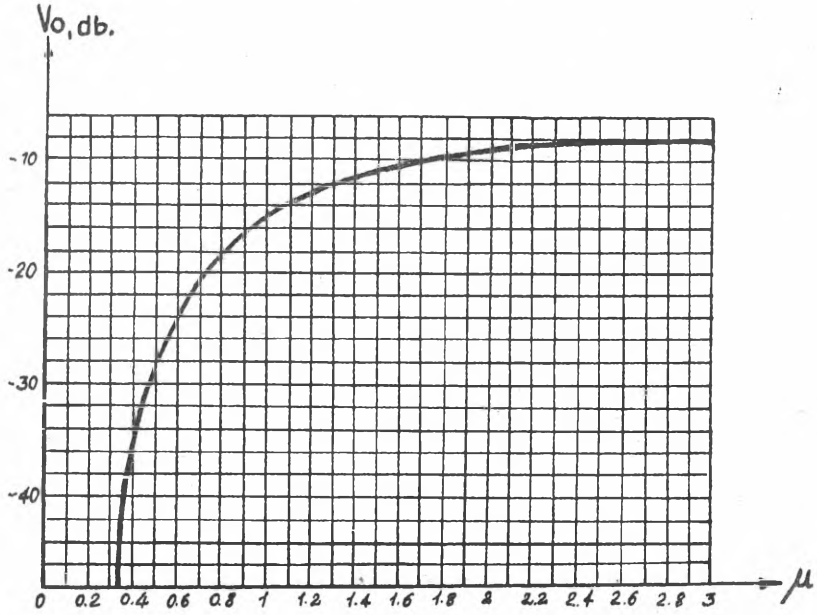
y_1 i y_2 - zamienione wartości wysokości, które określa się następująco :

$$y_1 = \frac{h_a}{H_o}; \qquad y_2 = \frac{H_c}{H_o}; \qquad /2.53/$$

gdzie :

H_o - skala wysokości dla rozpatrywanego typu RLS, którą można określić równaniem :

$$H_o(m) = \frac{1}{2}\sqrt[3]{\frac{R_z\,\lambda^2}{\varphi^2}} \qquad /2.54/$$



Rys. 52. Zależność mnożnika osłabienia Vo od bezwymiarowego parametru .

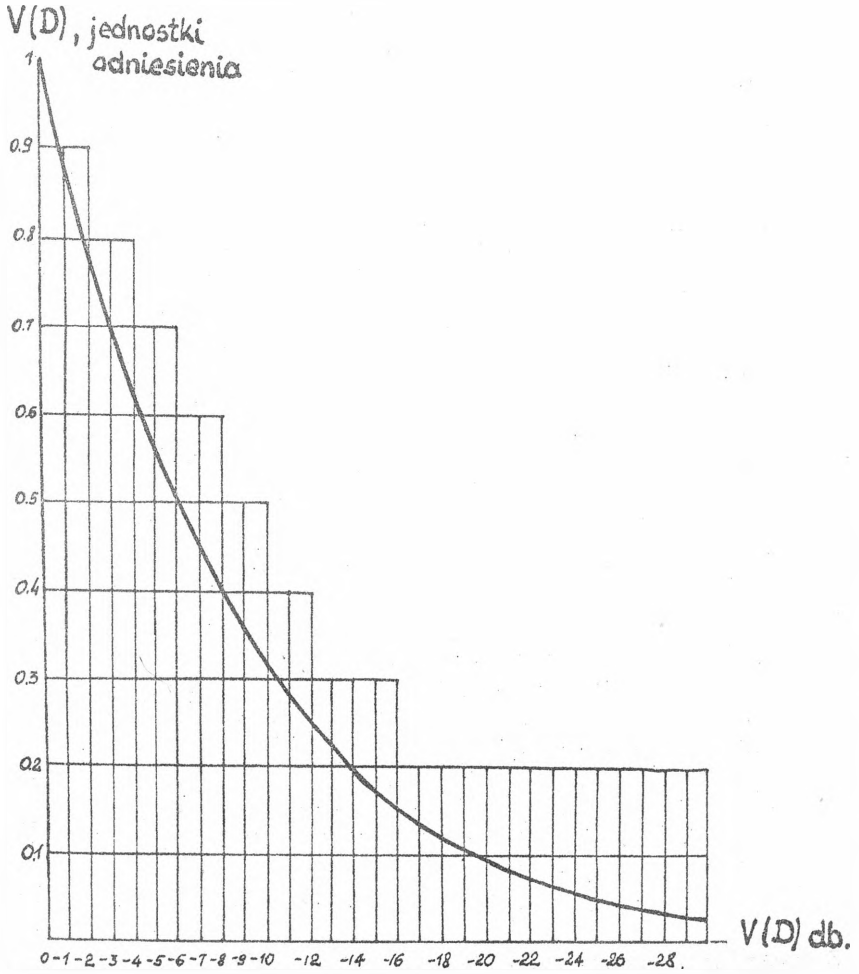
Analizowana metoda określania /obliczania/ wartości współczynnika osłabienia /w strefie półcienia radiowego/, daje możliwą do przyjęcia w praktyce dokładność, jeżeli :

- stosunek y_2 do y_1 mieści się w granicach od 0,3 do 3 ;
- błąd nie przewyższa wartości 2 dB ;

- zamienione wartości /odległości/ są większe od 0,5, a mniejsze od 6, tj. kiedy:

$$6 > X = \sqrt{y_1} + \sqrt{y_2} > 0{,}5 \qquad /2.55/$$

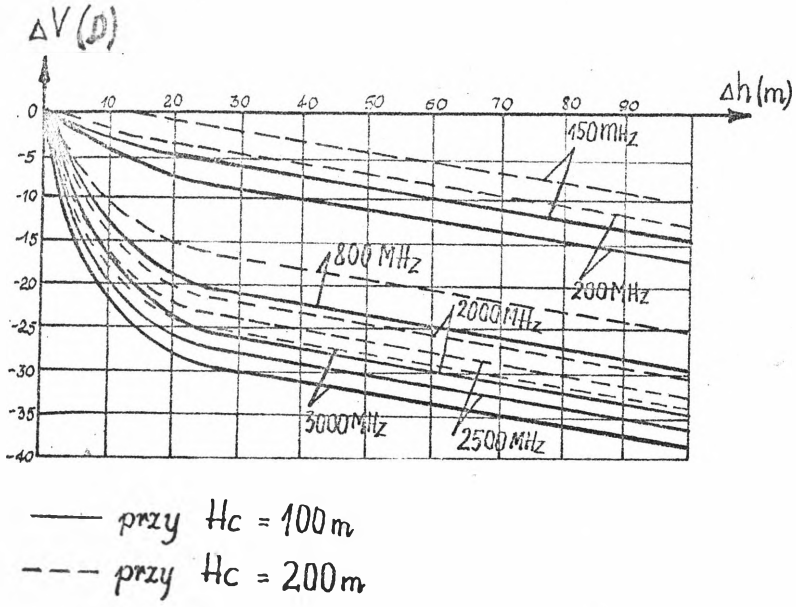
W równaniu /2.48/ wartość współczynnika osłabienia V/D/ wygodniej jest posiadać w konkretnej wartości liczbowej. W tym celu obliczoną wartość V/D/ w decybelach należy sprowadzić do jednostek odniesienia. Zamianę tę można uzyskać z wykresu przedstawionego na rys. 53.



Rys. 53. Wartość mnożnika osłabienia V/D/ w jednostkach odniesienia.

Oprócz tego, dla RLS zakresu metrowego i decymetrowego oraz w wypadku "przyciśnięcia" kierunkowej charakterystyki promieniowania RLS zakresu centymetrowego do ziemi, należy dodatkowo uwzględnić wpływ nierówności terenu na powierzchni ziemi. Wpływ ten /w granicach horyzontu radiowego/ uwzględnia się przez dodatkowy współczynnik osłabienia $\Delta V/D/$.

Funkcjonalną zależność $\Delta V/D/$ od średniokwadratowej wartości wysokości nierówności terenowych /dla RLS o różnych zakresach częstotliwości/ przy założonej wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego 100 i 200 m, ilustruje rys. 54.



Rys. 54. Zależność dodatkowego mnożnika osłabienia $\Delta V/D/$ od średnio kwadratowej wielkości nierówności powierzchni ziemi, przy wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych na 100 i 200 m.

Z uwzględnieniem wartości $\Delta V/D/$ odległość wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących może być określona równaniem :

$$D_{wykr.} = D_{max}\left[V(D) + \Delta V(D)\right] \qquad /2.56/$$

Graficzne rozwiązanie analizowanych równań /2.48/ i /2.56/ ilustruje załącznik Nr 11.

Dla równych powierzchni, przy małych odległościach i małych kątach ślizgu fali odbitej, współczynnik osłabienia dyfrakcyjnego może być określony wg wzoru empirycznego :

$$V(D) = \frac{4\pi h_a H_c}{\lambda D} \qquad /2.57/$$

W tym wypadku jego wartość będzie przybliżona.

Reasumując poruszony problem można wysunąć następujące wnioski :

- określenie strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach, za pomocą wzorów /równań/ dyfrakcyjnych, jest metodą skomplikowaną i pracochłonną ;
- dla celów praktycznych dolną granicę strefy wykrywania RLS /dla gładkiej powierzchni/ z wystarczającą dokładnością można określić posługując się współczynnikiem wykorzystania horyzontu radiowego ;
- zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach jest determinowany :
  - wysokością zawieszenia anteny /h_a/ ;
  - wysokością lotu obiektu /celu/ powietrznego /H_c/ ;
  - długością fali roboczej RLS /λ/ ;
  - krzywizną powierzchni ziemi.

2.2.3.3. Wpływ podłoża odbijającego na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

Rodzaj powierzchni terenu, a szczególnie jego jakość, wywiera zasadniczy wpływ na formowanie kierunkowych charakterystyk promieniowania u większości rozpatrywanych stacji radiolokacyjnych.

Na małych wysokościach promieniowana energia /przez stacje radiolokacyjne/ rozprzestrzenia się w bezpośredniej bliskości powierzchni ziemi /wody/ i częściowo jest pochłaniana lub rozpraszana przez te powierzchnie.

Wartość pochłanianej lub rozpraszanej energii zależy głównie od parametrów elektrycznych podłoża powierzchni odbijających, a szczególnie od :

- przenikliwości dielektrycznej /ε_r/ ;
- przewodności elektrycznej /σ/.

Parametry elektryczne niektórych rodzajów podłoża powierzchni dobijających ilustruje tabela 16.

Z dotychczasowych ustaleń tego podrozdziału wynika, że kierunkowe charakterystyki promieniowania RLS zakresu metrowego i decymetrowego są kształtowane przez energię emitowaną bezpośrednio w przestrzeń powietrzną, jak również przez energię odbitą od powierzchni ziemi /rys. 50/.

W zależności od rodzaju podłoża i jego nierówności wokół miejsca rozmieszczenia stacji radiolokacyjnej, energia fali padającej na powierzchnię ziemi /wody/ jest tylko w części odbijana.

Pewna jej część jest pochłaniana przez podłoże odbijające lub rozpraszana wskutek nierówności podłoża odbijającego.

Powyższą współzależność charakteryzuje współczynnik odbicia /R_o/, który określany jest następująco :

$$R_o = \frac{E_{odb}}{E_{pad}} |R_o| e^{j\vartheta_{odb}} \qquad /2.58/$$

gdzie :

$E_{odb.}$ - energia amplitudy fali odbitej ;

$E_{pad.}$ - energia amplitudy fali padającej ;

$\vartheta_{odb.}$ - zmiana fazy fali wskutek odbicia lub faza współczynnika odbicia.

Moduł i faza współczynnika odbicia zależy głównie od polaryzacji fali padającej oraz od parametrów elektrycznych podłoża powierzchni odbijających.

Współczynniki odbicia fal spolaryzowanych poziomo $/R_{op}/$ i pionowo $/R_{oH}/$ można określić następująco :

$$R_{op} = \frac{\sin\Theta - \sqrt{\varepsilon' - \cos^2\Theta}}{\sin\Theta + \sqrt{\varepsilon' - \cos^2\Theta}} = |R_{op}|\, e^{j\vartheta_p} \qquad /2.59/$$

$$R_{oH} = \frac{\varepsilon'\sin\Theta - \sqrt{\varepsilon' - \cos^2\Theta}}{\varepsilon'\sin\Theta + \sqrt{\varepsilon' - \cos^2\Theta}} = |R_{oH}|\, e^{j\vartheta_H} \qquad /2.60/$$

gdzie :

Θ - kąt ślizgu fali odbitej ;

$\varepsilon' = \varepsilon_r - j\eta$ - względna przenikliwość dielektryczna podłoża odbijającego ;

$\eta = 60\lambda\sigma$ - część urojona względnej przenikliwości dielektrycznej podłoża odbijającego ;

ε_r - część rzeczywista przenikliwości dielektrycznej podłoża odbijającego ;

σ - przewodność elektryczna podłoża odbijającego w simensach na metry.

Tabela 16.

Parametry elektryczne niektórych powierzchni odbijających x/.

a/ dla RLS zakresu metrowego i decymetrowego

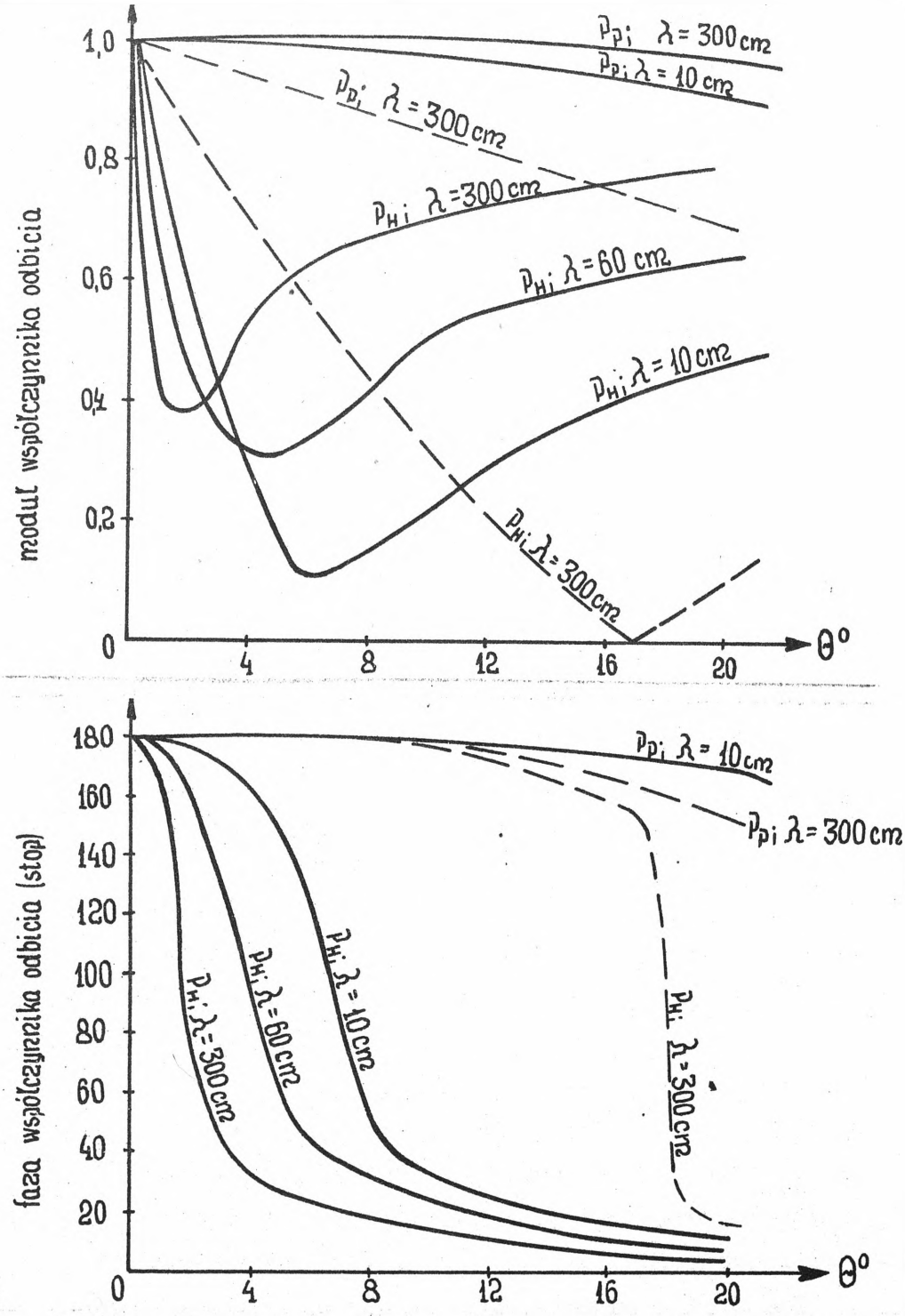
Rodzaj powierzchni	ε_r		σ [$\frac{S}{m}$]	
	od	do	od	do
woda morska	80	—	0,66	6,6
ziemia wilgotna	5	20	10^{-3}	10^{-2}
ziemia sucha	2	6	10^{-4}	$4 \cdot 10^{-3}$
woda słodka	80	—	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-3}$

b/ dla RLS zakresu centymetrowego

Rodzaj powierzchni	λ [cm]	ε_r	σ [$\frac{S}{m}$]
woda morska 20-25°	10	69	6,5
woda słodka 20°C	10	79	2,06
	3	64	18,4
ziemia sucha	9	2	0,03
ziemia wilgotna	9	24	0,6

---

x/ Wartości zawarte w tabeli zostały zaczerpnięte z podręcznika "Technika radiolokacji" - str. 91. Wyd. MON DW OPK-1972 r.



Rys. 54a. graficzna zależność modułu i fazy współczynnika odbicia od kąta ślizgu fali odbitej.

——— woda morska
- - - - - gleba sucha

Pp – polaryzacja pozioma
P_H – polaryzacja pionowa

Na rysunku 54a pokazano krzywe charakteryzujące zmiany wartości modułu i fazy współczynnika odbicia w zależności od rodzaju podłoża odbijającego.

Z przeprowadzonej analizy i przedstawionych danych wynika, że najlepszym podłożem odbijającym są lustra obszarów wodnych /zarówno wody morskiej jak i słodkiej/ oraz powierzchnie gruntów wilgotnych, natomiast najgorszym podłożem odbijającym są grunty suche /piaski/. Inaczej mówiąc, najlepsza powierzchnia odbijająca powinna posiadać jak największą wartość ε_r i jak najmniejszą wartość σ.

Z tego wypływa istotny wniosek, a mianowicie: stacje radiolokacyjne metrowego i decymetrowego zakresu wykorzystywane do wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących powinny być /o ile to możliwe/ rozwijane nad brzegami akwenów wodnych.

2.2.3.4. Wielkość obszaru /podłoża odbijającego/ bezpośrednio wpływającego na wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ nisko lecących.

Wiadomo z dotychczasowych ustaleń, że wokół miejsca rozmieszczenia stacji radiolokacyjnej istnieje określony obszar, który ma istotny wpływ na odbijanie energii promieniowanej przez stację radiolokacyjną. Rozpatrywany obszar powinien być względnie równy, aby nie wnosił dodatkowych strat w kształt kierunkowej charakterystyki promieniowania RLS. W obszarze tym mamy do czynienia z tzw. zjawiskiem odbicia lustrzanego, gdzie kąt padania fali padającej równy jest kątowi fali odbitej.

Tak więc w rozpatrywanym obszarze istnieje wiele punktów odbicia energii promieniowanej przez RLS, natomiast w przestrzeni istnieje wiele punktów, gdzie energia odbita od powierzchni ziemi spotyka się z energią emitowaną bezpośrednio.

W związku z powyższym należy odpowiedzieć na pytanie. Jak duży powinien być rozpatrywany obszar i od czego zależy jego wielkość ?

Rozpatrywany obszar umownie podzielony został na strefy, które noszą miano stref Fresnela.

Strefami Fresnela nazywamy część frontu fali o takich wymiarach, których faza fali rozchodzącej się od źródła przez początek strefy różni się o 180° od fazy fali przechodzącej przez jej kraniec.

Pierwsza strefa Fresnela jest okręgiem, której środek leży na linii źródło-punkt obserwacji. Środek tego okręgu jest początkiem strefy. Druga i następne strefy są pierścieniami, z których każdy obejmuje poprzedni. Fazy pól na granicach dwu sąsiednich stref różnią się o 180°.

Każda ze stref Fresnela wpływa w większym lub mniejszym stopniu na kształtowanie charakterystyki promieniowania stacji radiolokacyjnej.

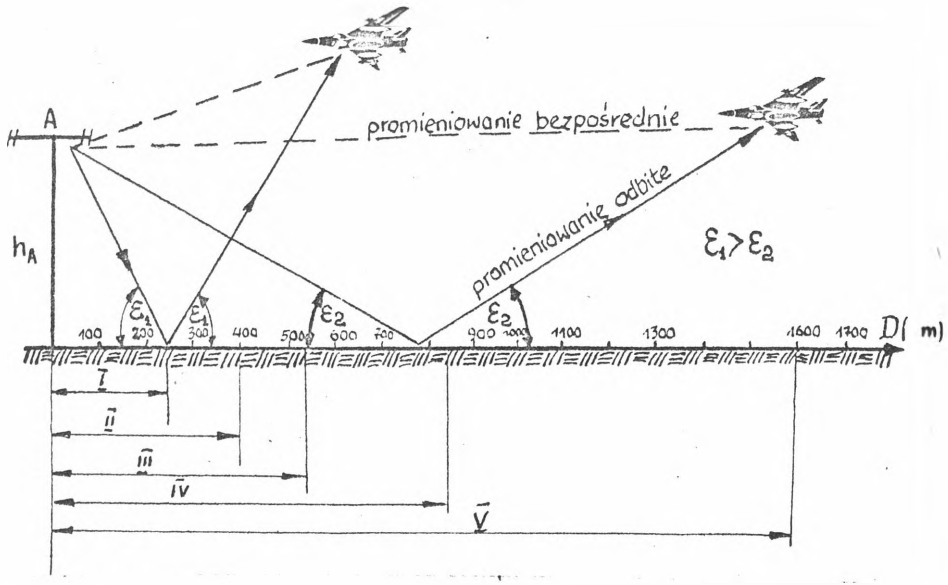
Jeżeli się założy całość energii odbijanej od powierzchni ziemi za 100%, to jej podział na poszczególne strefy będzie się przedstawiał następująco :

- strefa pierwsza około 55% energii ;
- strefa druga odbija około 20% energii ;
- strefy trzecia i czwarta odbijają po 10% energii ;
- strefa piąta odbija około 5% energii.

Wielkość tych stref jest zmienna i zależy głównie od kąta położenia obiektu /celu/ powietrznego oraz od wysokości zawieszenia anteny.

Współzależność wielkości stref Fresnela od kąta położenia obiektu /celu/ powietrznego ilustrują rys. 55 i tabela 17.

Z przytoczonych danych wynika, że decydującą rolę w odbijaniu energii od podłoża odbijającego spełnia pierwsza i druga strefa Fresnela.



Rys. 55. Wykrywanie celów powietrznych w zależności od kąta ich położenia i wymiarów pozycji x/.

Tabela 17.

Rozmiary stref Fresnela w zależności od kąta położenia obiektów /celów/ powietrznych x/.

KĄT ε POŁOŻENIA CELU /W STOPNIACH/	GRANICE STREF ODBIJAJĄCYCH /w metrach/				
	I	II	III	IV	V
	DLA RLS P-15				
1°	50-260	260-400	400-540	540-850	850-1600
3°	30-140	140-180	180-220	220-260	260-290
6°	20-40	40-50	50-90	90-100	100-110
	DLA RLS P-12				
3°	12-68	68-133	133-221	221-486	486-900
6°	10-30	30-90	90-130	130-200	200-300

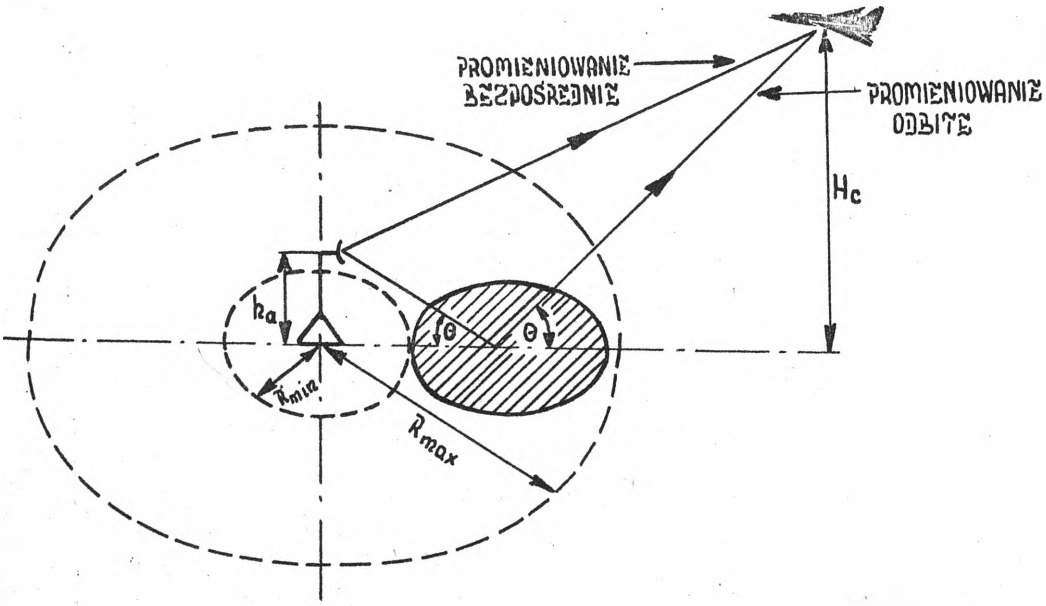
x/ Rysunek i tabelę wykonano na podstawie danych zawartych :
- w instrukcji "Topograficzne opracowanie pozycji posterunków radiolokacyjnych OPK i obloty stacji radiolokacyjnych"
- w podręczniku "Metodyka szkolenia wojsk radiotechnicznych OPK w pracy bojowej, w warunkach nalotu środków napadu powietrznego na małych i dużych wysokościach", wyd. DWOPK-66r.

Z przedstawionego rysunku 55 i danych zawartych w tabeli 17 wynika, że rozmiary poszczególnych stref Fresnela zwiększają się w miarę zmniejszania się kąta położenia obiektu /celu/ powietrznego.

Z powyższej analizy wynika wniosek, że do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach dla RLS zakresu metrowego i decymetrowego, są nieodzowne względnie równe pozycje o promieniu conajmniej 1000 m.

W niektórych materiałach źródłowych wymagane równe powierzchnie /wokół stacji radiolokacyjnej/ określane są wielkością pierwszej strefy Fresnela. Przeanalizujmy zatem powyższy problem bardziej szczegółowo.

Przy dodokrężnym obrocie anteny pierwsza strefa Fresnela tworzy wokół stacji radiolokacyjnej pierścień o określonych wymiarach - patrz rys. 56.



Rys. 56. Kształt i wymiary pierwszej strefy Fresnela przy dookrężnym obrocie układu antenowego RLS.

Wymiary tego pierścienia dla etatowych anten stacji radiolokacyjnych mogą być obliczane następująco :

$$R_{min.} = 0.72 \frac{h_a^2}{\lambda} \qquad /2.61/$$

oraz

$$R_{max.} = 23.3 \frac{h_a^2}{\lambda} \qquad /2.62/$$

gdzie :

h_a - wysokość zawieszenia anteny ;

λ - długość fali stacji radiolokacyjnej ;

0,72 i 23,3 - stałe współczynniki uwzględniające zjawisko lustrzanego odbicia fal ;

h_a i λ - do obliczeń przyjmujemy w metrach, wynik otrzymujemy także w metrach.

Powyższe wzory są słuszne, tylko wyłącznie w odniesieniu do pierwszego dolnego listka promieniowania anteny i pod warunkiem, że : $h_a \ll H_c$

Rozpatrzmy zatem, jak będzie się zmieniała wielkość strefy przy zastosowaniu anten nieetatowych /podwyższonych/.

Powyższy problem rozwiązywany jest w dwojaki sposób, a mianowicie :

- w pierwszym wypadku urządzenia antenowe zawiesza się na specjalnych masztach typu "UNŻA" ;
- w drugim wypadku kabiny odbiorczo-nadawcze RLS wraz z antenami umieszcza się na naturalnych wzniesieniach lub sztucznych nasypach.

W wymienionych wypadkach obszar pierwszej strefy Fresnela /z uwzględnieniem krzywizny ziemi/ znacznie wzrasta i przesuwa się w kierunku granicy horyzontu radiowego, może on być określony następująco :

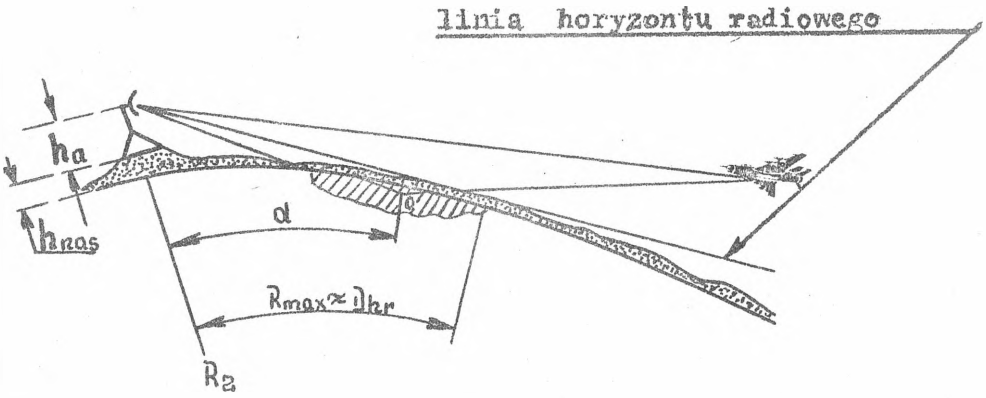
$$R_{max} \approx D_{hr} = 4.12 \sqrt{h_a + h_{nasyp.}} \qquad /2,63/$$

gdzie :

h_a – wysokość zawieszenia anteny RLS ;

$h_{nasyp.}$ – wysokość nasypu lub naturalnego wzniesienia, gdzie ustawiona jest RLS.

Powyższą współzależność ilustruje rys. 57.



Rys. 57. Wielkość pierwszej strefy Fresnela w zależności od wysokości zawieszenia anteny.

W miarę zbliżania się obiektu /celu/ powietrznego nisko lecącego do miejsca stania RLS, obszar strefy Fresnela zmniejsza się i przesuwa w kierunku stacji radiolokacyjnej.

W ten sposób w kształtowaniu /formowaniu/ kierunkowej charakterystyki promieniowania stacji radiolokacyjnej w odniesieniu do obiektów /celów/ nisko lecących, uczestniczy praktycznie cała powierzchnia podłoża odbijającego, począwszy od

miejsca stania RLS aż do granic horyzontu radiowego.

Dlatego też, przy wyborze pozycji dla RLS wytypowanych do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących, należy dążyć do tego, aby teren otaczający takie RLS był względnie równy w granicach horyzontu radiowego.

Wymagane rozmiary pozycji oraz dopuszczalne wysokości nierówności terenu na tych pozycjach dla niektórych typów RLS ilustruje tabela 18.

Tabela 18.

Wymagania w stosunku do pozycji stacji radiolokacyjnych x/.

Wymagania w stosunku do pozycji stacji radiolokacyjnych	Typy RLS		
	P-18 /12/ P-14 P-14 Y	P-15, NARIEW, P-15 NL JAWOR M-2	P-35 /37/ P-40, PRW-11 NL PRW-13 NL
Płaski teren o promieniu	od 500 m do 1500	od 1500 m do 6000**	nie mniej niż 50 m
Dopuszczalne nierówności terenu, w zal. od odl. do RLS : 100 m	1 m	0,5 m	nierówności terenu nie wpływają na pracę RLS przy założeniu, że RLS rozwinięte zostały na panujących wzniesieniach
500 m	2-3 m	1 m	
1000 m	4-6 m	2 m	
1500 m	5-7 m	3 m	
2000 m	do 8 m	od 5-6 m	

x/ Tabelę zestawiono na podstawie danych zawartych w instrukcjach poszczególnych stacji radiolokacyjnych oraz danych uzyskanych w czasie pobytu na kursie w Akademi w Kalininie-1976r.

xx/Maksymalne wartości równych powierzchni w wypadku pracy stacji radiolokacyjnych przy użyciu podwyższonej anteny typu "UNŻA".

Jeżeli na wybranej pozycji występują nierówności, to nie powinny być one większe od dopuszczalnych lub też nie powinny one obniżać odległości wykrywania rozpatrywanych RLS więcej jak o 25%.

Średnią kwadratową wartość dopuszczalnych nierówności /wysokości/ terenu można określić następująco :

$$\Delta h = \frac{0{,}1\lambda}{\frac{h_a}{d} - \frac{d}{2R_z}} \qquad /2{,}64/$$

gdzie :

Δh - dopuszczalna nierówność terenu w m ;

h_a - wysokość zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej ;

d - odległość zerowego punktu odbicia pierwszej atrefy Fresnela od RLS /rys. 57/ ;

λ - długość fali RLS ;

R_z - ekwiwalentny promień ziemi /8500 km/.

W miarę oddalania się powierzchni podłoża odbijającego od miejsca stania stacji radiolokacyjnej, zmniejsza się kąt padania fal i w większym stopniu zaczyna zaznaczać się krzywizna ziemi. W tym wypadku wartość dopuszczalnych nierówności terenu może być większa. Dla praktycznych celów, wartość ta może być określona wg wzoru przybliżonego :

$$\Delta h = \frac{\lambda}{16 h_a} d_H \qquad /2.65/$$

gdzie :

d_H - odległość od RLS do występujących nierówności terenu ;

16 - przyjęty eksperymentalnie współczynnik.

[illegible] pierwszej elipsy strefy Fresnela przez powierzchnię ziemi, a wynosi [illegible] $12\frac{h^2}{\lambda}$ [illegible] odbiór fal.

2.2.3.5. Wpływ zjawiska refrakcji na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

Odrębnym problemem jest zjawisko refrakcji, wynikające z anomalii rozchodzenia się fal radiowych zakresu UKF w przyziemnej warstwie atmosfery - do wysokości 1-1,5 km. Powyższe zjawisko wynika ze zmian zachodzących w ciśnieniu barometrycznym, temperaturze i wilgotności.

Tak więc zjawisko to zależy w dużej mierze od fizycznych właściwości atmosfery w przyziemnej warstwie, warunków meteorologicznych, pory roku i doby.

Zmiana parametrów atmosfery, powoduje zmianę jej właściwości elektrycznych, a szczególnie stałej dielektrycznej /ε/. Zmiany zachodzące w atmosferze wywołują zjawisko refrakcji, polegające na załamywaniu się fal radiowych od środowisk posiadających różne właściwości elektryczne.

Refrakcję charakteryzują : współczynnik załamania /n/ i indeks refrakcji /N/.

Wartość współczynnika załamania /n/ w przestrzeni powietrznej jest wprostproporcjonalna do pierwiastka drugiego stopnia z wartości stałej dielektrycznej powietrza.

$$n = \sqrt{\varepsilon} \qquad /2.66/$$

Indeks refrakcji /N/ można określić następująco :

$$N = (n-1)\,10^6 = \frac{77.6}{T}\left(p + \frac{4810e}{T}\right) \qquad /2.67/$$

gdzie :

- N - indeks refrakcji ;
- T - temperatura absolutna powietrza w ^{o}C ;
- p - ciśnienie atmosferyczne : $p = p_1 + e$, gdzie : p_1 i e cząstkowe ciśnienia suchego powietrza oraz pary wodnej ;
- e - wilgotność bezwzględna w mb.

We wzorze /2.67/, ze względu na nieznaczną wartość współczynnika /n/ oblicza się wartość /n-1/ . 10^6. Wyrażenie to, dla uproszczenia nazwane zostało indeksem /N/ i wyrażone w jednostkach.

W tzw. atmosferze normalnej przy temperaturze 18°C, ciśnieniu 1013,2 mb /760 mm/ i względnej wilgotności powietrza, n = 1,000338 lub 338 "N" jednostek, a więc nieco więcej niż dla próżni. Parametry atmosfery zmieniają się liniowo, w związku z tym wartość /n/ także zmienia się liniowo.
Wartość /n/ w miarę wzrostu wysokości maleje /na każde 100 m wzrostu wysokości o 4 milionowe - 4 jednostki N/.

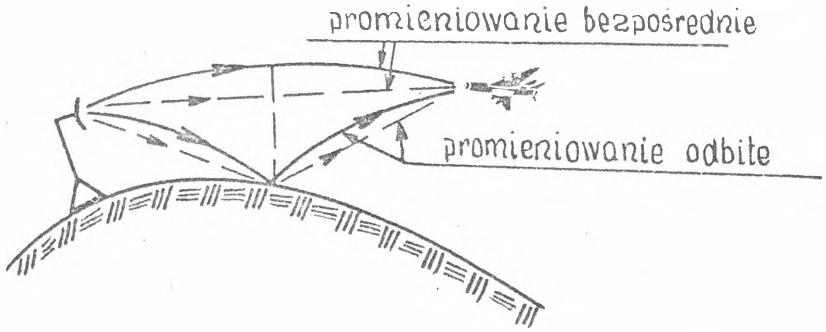
Powyższą współzależność charakteryzuje tzw. gradient współczynnika załamania /gn/. Między innymi, dla refrakcji normalnej gradient jest ujemny i wynosi:

$$g_n = -4\ 10^{-8} / \frac{1}{m}$$

Można również wykazać, że w takim przypadku promień krzywizny torów fal radiowych /ρ/ wynosi 25000 km.

Refrakcji atmosferycznej ulegają fale radiowe wszystkich zakresów, jednak pomija się ją w przypadkach występowania dyfrakcji lub odbicia fal od jonosfery.

Dla bardzo krótkich fal radiowych, stosowanych w radiolokacji, refrakcja jest jedyną przyczyną powodującą pewne zakrzywienie torów fal, które nie są tak prostolinijne jak zakładało się w dotychczasowych rozważaniach.
Po pierwsze : refrakcja powoduje przy interferencji fali bezpośredniej i odbitej wzrost różnicy drogi przebytej przez obie składowe - patrz rys. 58, a więc dodatkową różnicę faz w punkcie odbioru. Skutkiem czego wartość natężenia pola będzie się różnić od wartości obliczeniowej z pominięciem refrakcji.

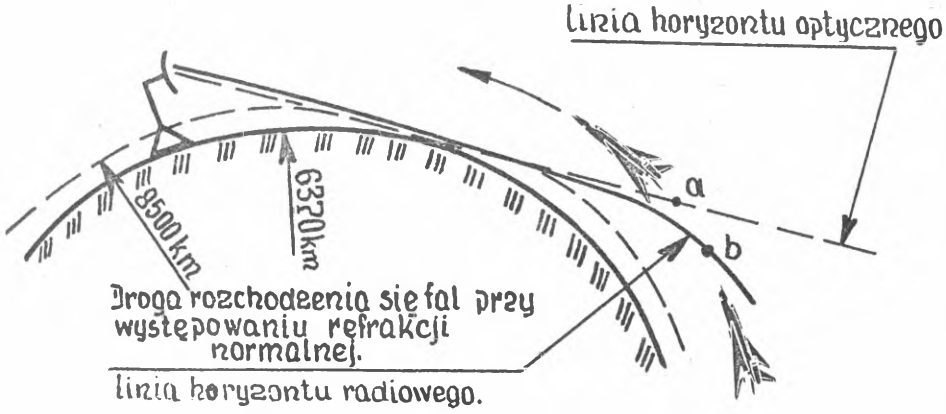


Rys. 58. Wpływ refrakcji na zmianę drogi promieniowania bezpośredniego i odbitego.

- - - - droga bez refrakcji

——— droga z uwzględnieniem refrakcji.

Po drugie : refrakcja powoduje wzrost zasięgu /odległości/ wykrywania RLS. Jest to widoczne w przypadku, kiedy obiekt /cel/ powietrzny znajduje się na granicy zasięgu horyzontalnego przy niezmiennej wysokości lotu - patrz rys. 59.



Rys. 59. Wpływ refrakcji na wzrost zasięgu radiolokacyjnego.

a - zasięg /odległość/ wykrycia obiektu /celu/ powietrznego przy braku refrakcji.

b - zasięg /odległość/ wykrycia obiektu /celu/ powietrznego przy występowaniu refrakcji normalnej.

Fale radiowe w atmosferze normalnej są jakby "przyciskane" do ziemi. Skutkiem tego zasięg optyczny /Do/ będzie większy. Powyższą współzależność można określić wykorzystując znany wzór na zasięg horyzontu radiowego /2.24/

$$D_o = D_{hr} = 4{,}12\left(\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c}\right) km. \qquad /2.68/$$

gdzie :

h_a i H_c wyrażone w metrach

4.12 - współczynnik uwzględniający krzywiznę ziemi, normalną refrakcję i przeliczenie wyniku w km.

Bez uwzględnienia refrakcji zasięg optyczny oblicza się wg wzoru :

$$D_o = 3{,}57\left(\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c}\right) km. \qquad /2.69/$$

Tabela 19.

Zestawienie zasięgów bezpośredniej widzialności, bez uwzględnienia i z uwzględnieniem refrakcji normalnej, dla różnych wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych - przy stałej wysokości zawieszenia anteny /h_a = 5 m/x/.

Wysokość lotu obiektu /celu/ H_c w m.	Zasięg bezpośredniej widzialności obiektu /celu/ powietrznego D_o w km.	
	bez uwzględnienia refrakcji	z uwzględnieniem refrakcji
50	34	39
100	44	50
200	60	69
300	70	81
500	86	101
1000	126	142
2000	169	193

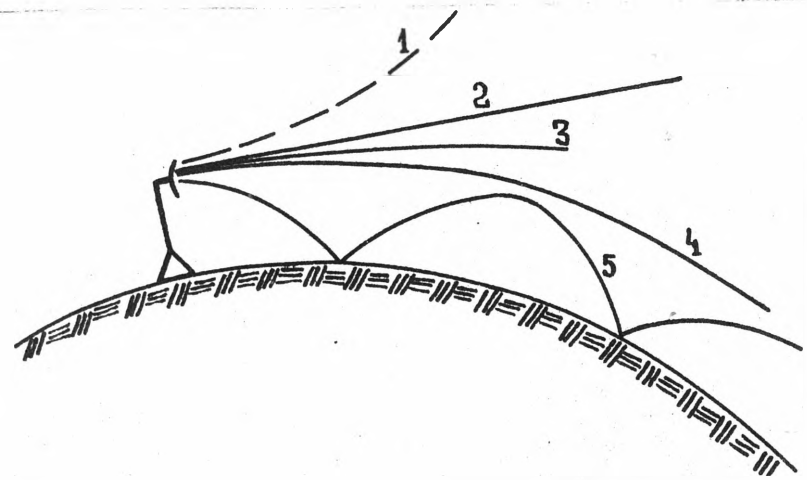
x/ Tabelę zestawiono na podstawie obliczeń wykonanych wg wzorów : /2.68/ i /2.69/.

Jak wynika z analizy danych zawartych w tabeli 19 zasięg "optyczny" fal radiowych wzrasta dzięki refrakcji. W związku z tym, w odróżnieniu od horyzontu optycznego linię krzywą /rys. 59/ nazywa się linią horyzontu radiowego. Można też powiedzieć, że ten wzrost zasięgu następuje nie wskutek zakrzywienia się toru fal, lecz dzięki jak gdyby wzrostowi promienia kuli ziemskiej z wartości 6370 km do wartości 8500 km.

W związku z powyższym, promień ziemi o wartości 8500 km, należy uważać jako ekwiwalentny promień ziemi przy uwzględnianiu normalnej refrakcji.

W dotychczasowych rozważaniach był brany pod uwagę wpływ refrakcji na zasięg radiolokacyjny w warunkach atmosfery normalnej. Jednak w praktyce parametry i stan atmosfery często nie odpowiadają "atmosferze normalnej", wówczas refrakcja ulega zmianie, powodując także zmiany w zasięgu radiolokacyjnym.

W zależności od stanu atmosfery odróżnia się następujące rodzaje refrakcji, patrz rys. 60.



Rys. 60. Drogi rozchodzenia się UKF przy różnych rodzajach refrakcji.

1 - refrakcja ujemna /subrefrakcja/ - występuje wówczas, gdy współczynnik załamania rośnie wraz ze wzrostem wysokości, a promień krzywizny toru fal radiowych jest mniejszy od promienia ziemi ;

$$g_n > 0 \; ; \quad \rho < 6370 \text{ km.}$$

Tor fal radiowych jest wklęsły w kierunku ziemi i fale radiowe oddalają się od niej /krzywa - 1/.

W takich warunkach horyzont radiowy jest mniejszy od optycznego, wskutek czego zmniejsza się zasięg radiolokacyjny w stosunku do obiektów /celów/ nisko lecących.

2 - brak refrakcji ; takie zjawisko występuje wówczas, gdy parametry atmosfery będą miały taką wartość : $n = 0$, $g_n = 0$, a tor fal radiowych będzie stanowił prostą /rys. 60, prosta - 2/. W takich warunkach promień krzywizny toru fal radiowych zdąża do nieskończoności. Horyzont radiowy jest równy horyzontowi optycznemu i refrakcja nie ma wpływu na zasięg radiolokacyjny.

3 - refrakcja normalna ; występuje wówczas, gdy współczynnik załamiania /n/ maleje wraz ze wzrostem wysokości o 4 /N/ jednostki na każde 100 m, a $g_n = -4 \cdot 10^{-8}/m$. W takim przypadku tor fal radiowych staje się wypukły w kierunku ziemi, przy czym będzie nakreślał on koło o promieniu $\rho = 25000$ km /rys. 60, krzywa - 3/. Horyzont radiowy jest większy od horyzontu optycznego o 17% w związku z tym i zasięg radiolokacyjny w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących jest większy też o 17%.

4 - refrakcja krytyczna ; występuje wówczas, gdy współczynnik załamania jeszcze bardziej maleje wraz ze wzrostem wysokości o 15,7 /N/ jednostek na każde 100 m, tj. $g_n = -15,7 \cdot 10^{-8}/m$.

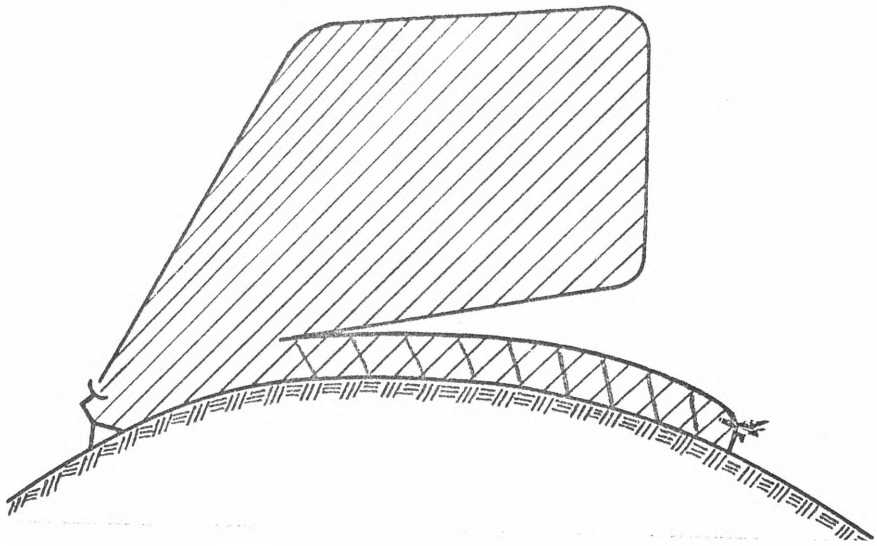
Tor fal radiowych staje się jeszcze bardziej wypukły i równy promieniowi krzywizny ziemi, ρ = 6370 km /rys. 60, krzywa - 4/. W takich warunkach fale radiowe rozchodzą się równolegle do powierzchni ziemi, na wysokości, na której refrakcja krytyczna występuje. Zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych w tej warstwie atmosfery będzie bardzo duży i ograniczony jedynie tłumieniem fal w atmosferze.

5 - <u>super refrakcja</u> i /lub falowód atmosferyczny/ występuje wówczas, gdy współczynnik załamania fal maleje jeszcze bardziej niż poprzednio, a gradient współczynnika gn $<$ - 15,7 . 10^{-8}/m. Tor fal radiowych staje się jeszcze bardziej wypukły, krzywizna toru posiada promień mniejszy od promieni kuli ziemskiej /$\rho <$ 6370 km/ - rys. 60, krzywa - 5. W takim przypadku fale radiowe uzyskują możliwość odbijania się od troposfery i od ziemi. Te dwa środowiska tworzą coś w rodzaju falowodu. Zasięg /odległości/ wykrywania stacji radiolokacyjnych po utworzeniu się takiego falowodu znacznie wzrasta, co ma szczególne znaczenie podczas wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących, patrz. rys. 61.

Powyższe zjawisko może wprowadzić jednak znaczne błędy w określaniu konkretnego miejsca znajdowania się wykrytego przez RLS obiektu /celu/ powietrznego.

Rozpatrywane zjawiska występują w określonych warunkach i tak :

- <u>refrakcja ujemna /subrefrakcja/</u> występuje najczęściej podczas opadów śnieżnych, kiedy temperatura powietrza ze wzrostem wysokości szybko obniża się, a wilgotność powietrza zmienia się w nieznacznym stopniu w odniesieniu do normalnej atmosfery.



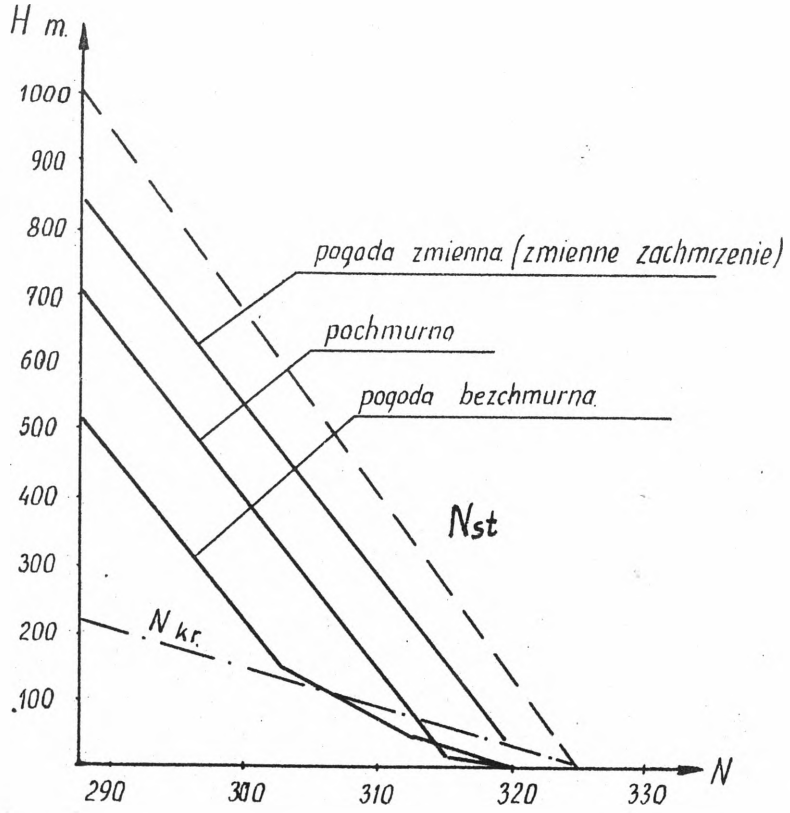
Rys. 61. Kształt charakterystyki promieniowania RLS w przypadku występowania zjawiska super refrakcji.

- refrakcja normalna - występuje najczęściej przy pochmurnej pogodzie, kiedy poszczególne warstwy powietrza są dobrze przemieszane, a parametry elektryczne powietrzne odpowiadają parametrom elektrycznym normalnej /standartowej/ atmosferze. Temperatura powietrza na każdy kilometr wysokości zmniejsza się o 6,5°C, a ciśnienie pary wodnej o 3,5 mbar.

- refrakcja krytyczna - występuje przy pogodzie bezchmurnej, po zachodzie słońca, przy znacznej inwersji temperatury.

- super refrakcja - występuje przy znacznej temperaturze i obniżonej wilgotności atmosfery. Nad lądem takie warunki mają miejsce w okresie nocy i w godzinach porannych.
  Nad morzem takie warunki występują przy pogodzie bezchmurnej, często w okresie całej doby, gdy powietrze nad lustrem wody jest wilgotne i stosunkowo mało nagrzane w odniesieniu do wyższych warstw.

Znając warunki powstawania tego lub innego rodzaju refrakcji, można przy pomocy wykresu określić wartość indeksu refrakcji - rys. 62. Wartość indeksu jest zależna od rodzaju pogody i określonej wysokości. Znając wartość indeksu refrakcji można bardziej dokładnie określać wysokość do obiektu /celu/ powietrznego nisko lecącego, wprowadzając do odczytu z wysokościomierza pewne poprawki.



Rys. 62. Graficzna zależność wartości indeksu refrakcji od stanu pogody x/.

---

x/ Wykres zaczerpnięto z podręcznika "Małowysotnaja radiołokacja", autor N.J. BUROW.

Obserwacja zjawisk refrakcji w zakresie centymetrowego zakresu fal /w odniesieniu do małych wysokości/ spowodowała, że ustalono poprawki wynikające ze zjawisk refrakcji dla konkretnych warunków radiolokacji. Poprawki dla dodatniej refrakcji można określić według następującego wzoru :

$$\Delta H \simeq -\frac{1}{2} g D^2 \qquad /2.70/$$

gdzie :

g - gradient współczynnika załamania fal ;

D - zmierzona odległość do obiektu /celu/ powietrznego.

Znak "minus" pokazuje, że obliczoną wartość poprawki należy odjąć od wartości wysokości zmierzonej przez wysokościomierz.

W wypadku wystąpienia innych rodzajów refrakcji /refrakcji krytycznej lub super refrakcji/, poprawka ta może wzrosnąć do wartości kilkakrotnie większej.

W podręczniku "Małowysotnaja radiołokacja" - autor N.J. BUROW, na stronie 61 podaje, że w niektórych państwach prowadzono eksperymenty w zakresie wykorzystania zjawisk refrakcji w celu zwiększenia zasięgów wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach. Osiągnięte wyniki wskazują, że zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach zwiększył się średnio od 20 do 70 %, przy założonym prawdopodobieństwie wykrywania 0,6. Największy wzrost wykrywania osiągano przy występowaniu super refrakcji.

Występowanie zjawiska refrakcji /w konkretnych warunkach/ można określić na podstawie kart odbić od przedmiotów miejscowych dla poszczególnych typów RLS, ponieważ przy wystąpieniu zjawiska refrakcji na ekranach RLS są widoczne odbicia od przedmiotów miejscowych nie obserwowane przy braku refrakcji.

Oprócz tego kontury odbić od przedmiotów miejscowych są bardziej wyraziste i jaśniejsze.

Z przedstawionych charakterystyk rodzajów refrakcji i warunków ich występowania oraz z przeprowadzonej analizy problemu wynika, że :

- refrakcja jako zjawisko /za wyjątkiem pierwszego rodzaju/ nosi charakter dodatni, ponieważ powoduje wzrost zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach ;

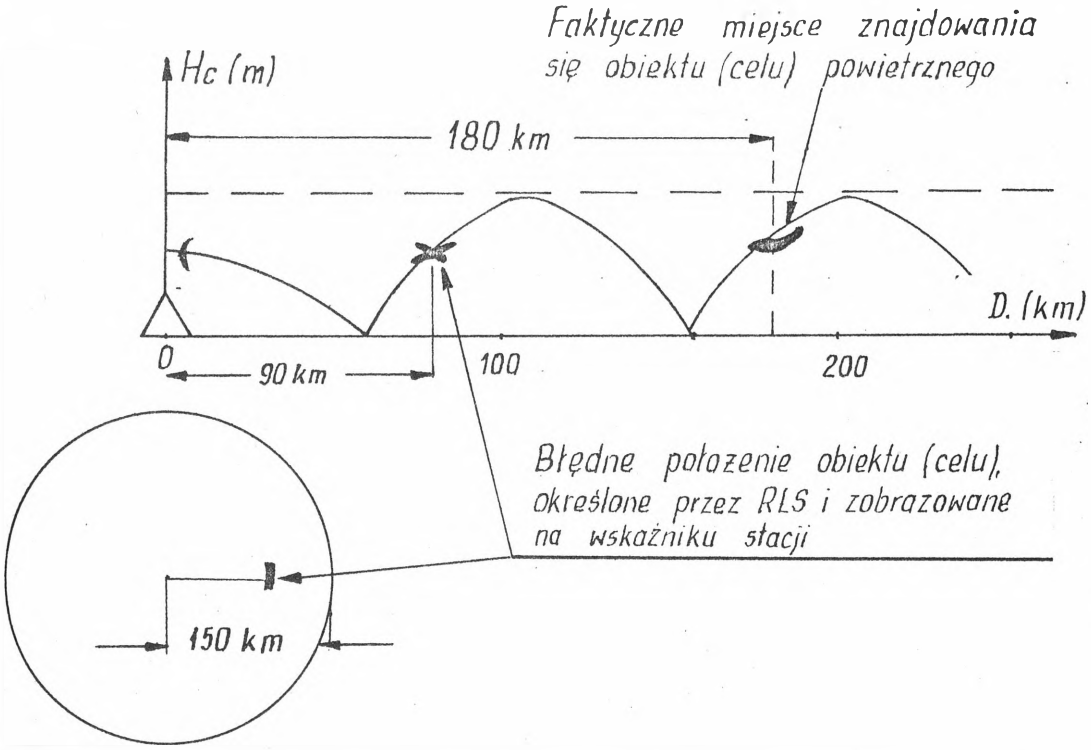
- w warunkach geograficznych Polski najczęściej może występować i występuje zjawisko refrakcji normalnej. Dlatego też do wszelkiego rodzaju prognoz i obliczeń dotyczących zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnych należy przyjmować promień kuli ziemskiej o wartości ekwiwalentnej /R_z = 8500 km/ lub przyjmować inny współczynnik, który uwzględniałby normalną refrakcję ;

- w obszarze naszego kraju, szczególnie na wybrzeżu morskim mogą występować też inne rodzaje refrakcji /krytyczna lub super refrakcja/, które w większym jeszcze stopniu mogą zwiększać zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach ;

- zjawisko super refrakcji z jednej strony powoduje dość duże zwiększenie zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach lecz z drugiej strony komplikuje zbiór danych o sytuacji powietrznej - szczególnie przy określaniu faktycznego miejsca znajdowania się obiektu /celu/ powietrznego, patrz rys. 63 ;

- najczęściej refrakcji atmosferycznej ulegają fale zakresu centymetrowego i decymetrowego, w mniejszym zaś stopniu fale zakresu metrowego ;

- wystąpienie zjawiska dodatniej refrakcji może być określone na podstawie kart odbić od przedmiotów terenowych.



Rys. 63. Błędne określanie odległości do obiektu /celu/ powietrznego przy występowaniu zjawiska super refrakcji.

Tak więc podsumowując zagadnienie można sprecyzować następujące wnioski :

- maksymalny zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach jest ograniczony horyzontem radiowym i jest zawsze od jego zasięgu mniejszy ;

- przydatność stacji radiolokacyjnych do wykonywania zadań na małych wysokościach ocenia się na podstawie wartości współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego, im większa jest wartość tego współczynnika dla danego typu stacji radiolokacyjnej, tym lepsze posiada ona możliwości w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących ;
- z analizy interferencyjnego mnożnika ziemi wynika, że najbardziej przydatnymi stacjami radiolokacyjnymi do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących są stacje radiolokacyjne zakresu decymetrowego. Stacje radiolokacyjne zakresu centymetrowego nie podlegają ujemnemu czy dodatniemu wpływowi ziemi przy formowaniu kierunkowej charakterystyki promieniowania, dlatego też ich zasięg wykrywania nie jest uzależniony od wartości interferencyjnego mnożnika ziemi ;
- zasięgi wykrywania wszystkich typów stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach determinowane są :
  - wysokością zawieszenia układu antenowego ;
  - wysokością lotu obiektu /celu/ powietrznego ;
  - długością fali roboczej RLS ;
  - krzywizną powierzchni ziemi /wartością współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego/.
- rodzaj i jakość podłoża odbijającego ma zasadniczy wpływ na formowanie kierunkowych charakterystyk promieniowania stacji radiolokacyjnych zakresu metrowego i decymetrowego - szczególnie na małych wysokościach. Największe zasięgi wykrywania, w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących, osiągają powyższe stacje radiolokacyjne jeżeli podłożem odbijającym jest obszar wodny lub wilgotna gleba. Z tego też powodu stacje radiolokacyjne zakresu metrowego i decymetrowego wyznaczane do wykrywania i śledzenia obiektów

/celów/ powietrznych nisko lecących powinny być rozwijane nad brzegami akwenów /zbiorników/wodnych ;

- dla stacji radiolokacyjnych zakresu matrowego i decymetrowego, przeznaczonych do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, są nieodzowne względnie równe powierzchnie odbijające o promieniu co najmniej 1000 m. W wypadku zastosowania do w/w stacji radiolokacyjnych anten o podwyższonych masztach /typu "UNŻA"/ wymagany promień względnie równej powierzchni zwiększa się i praktycznie może osiągnąć wartość do 6 km;

- refrakcja jest zjawiskiem pozytywnym /korzystnym/ ponieważ powoduje wzrost zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach. Refrakcja normalna /jako rodzaj refrakcji najczęściej występujący w naszych warunkach geograficznych/ wyznacza granicę zasięgu tzw. horyzontu radiowego, dlatego też przy wszelkich prognozach i obliczeniach pola radiolokacyjnego na małych wysokościach należy uwzględnić wpływ tej refrakcji poprzez wprowadzenie poprawek lub określonych współczynników.

2.2.4. Wpływ wysokości zawieszenia /umieszczenia/ anteny oraz ustawienia elementu promieniującego anteny stacji radiolokacyjnych na zasięg wykrywania nisko lecących obiektów /celów/ powietrznych.

Posługując się wzorem /2.24/ na określenie zasięgu horyzontu radiowego, przy uwzględnieniu normalnego stanu atmosfery /refrakcji normalnej/ i współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego możemy określić maksymalny zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach wg następującego wzoru :

$$D_{hr} = D_{wykr} = k_{whr} \cdot 2\sqrt{R_z}\left(\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c}\right) \qquad /2.71/$$

gdzie :

$D_{wykr.}$ - maksymalny zasięg wykrywania RLS na małych wysokościach /w km/ ;

K_{whr} - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego ;

R_z - ekwiwalentny promień ziemi równy - 8500 km ;

h_a - wysokość zawieszenia /umieszczenia/ anteny RLS w km ;

H_c - wysokość lotu obiektu /celu/ powietrznego w km.

W praktycznej działalności wygodniej jest określać wartość h_a i H_c w metrach, a D_{wykr} w kilometrach. Wówczas wzór /2.71/ przyjmie postać :

$$D_{wykr.} = k_{whr} \cdot 4.12\left(\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c}\right)^{*} \qquad /2.72/$$

gdzie :

4.12 - ogólny współczynnik uwzględniający krzywiznę ziemi, normalną refrakcję i przeliczenie wyniku na km.

Wartości h_a i H_c - wyrażone w metrach.

Z analizy wzoru /2.72/ wynika, że zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących zależy głównie od wysokości zawieszenia /umieszczenia/ anten nad powierzchnią odbijającą.

- -

x/ We wzorze nie uwzględniono wpływu podłoża odbijającego.

Ponadto z ustaleń podrozdziału /2.2.3/ wynika, że szczególnie znaczny /istotny/ wpływ wysokości zawieszenia /umieszczenia/ anten zaznacza się w zakresie fal decymetrowych.

Dane porównawcze zasięgów wykrywania stacji radiolokacyjnych /P-15 i PRW-16/ w zależności od wysokości zawieszenia /umieszczenia/ anten ilustrują tabele 20 i 21.

Tabela 20.

Zasięgi wykrywania RLS P-15 w zależności od wysokości zawieszenia anteny i wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego x/.

RLS P-15	Zasięgi wykrywania obiektów /celów/ powietrznych w km, na wysokościach :				
	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m
Na otwartej pozycji z etatową anteną	30	40	50	60	65
Na otwartej pozycji z dodatkową sekcją masztu	38	48	59	68	75
Na otwartej pozycji z anteną zawieszoną na 30 m maszcie	55	65	75	85	90

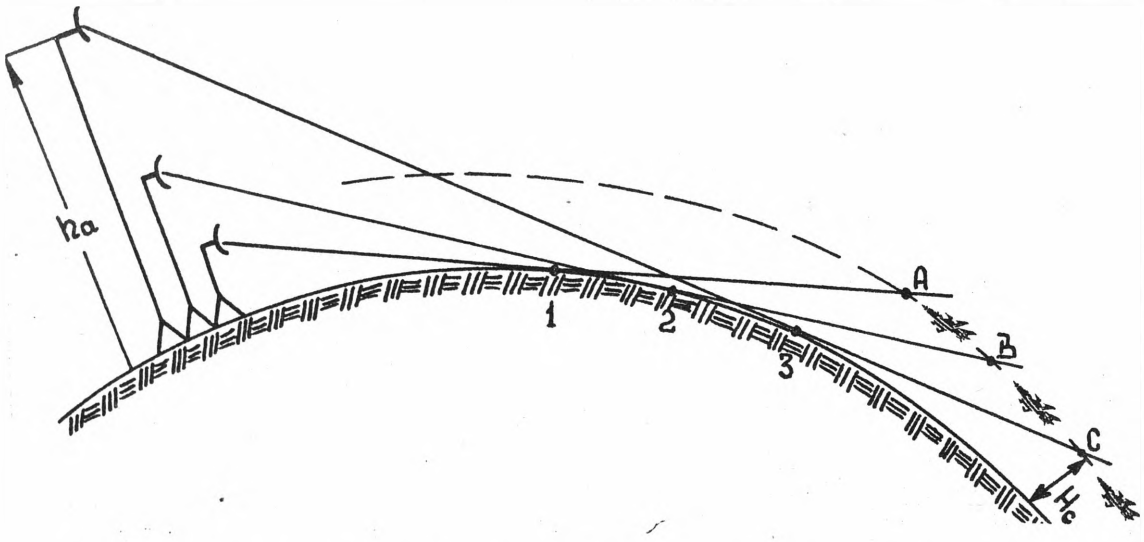
x/ Tabelę sporządzono na podstawie danych zawartych w podręczniku "Organizacja bojewoj raboty w radiotechniczeskoj brygadzie worużonoj kompleksom "Wozduch-1p", w stosunku do obiektu /celu/ powietrznego o skutecznej powierzchni odbicia równej 1 m^2.
Dane zawarte w tabeli są wartościami przybliżonymi.

Tabela 21.

Zasięg wykrywania RLS PRW-16 w zależności od wysokości ustawienia anteny i wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego[x/].

$h_{poz.}$ RLS w metrach	$h_a + h_{poz.}$ w metrach	$D_{wykr.}$ RLS w kilometrach	kąt zakrycia w minutach
0	8,5	40	0
100	108,5	64	- 14
500	508,5	99	- 34
1000	1008,5	128	- 50
2000	2008,5	169	- 72

Współzależność zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej od wysokości zawieszenia jej anteny ilustruje także rys. 64.



Rys. 64. Zasięg /odległość/ wykrywania RLS w zależności od wysokości zawieszenia anteny.

x/ Tabelę sporządzono na podstawie danych zawartych w instrukcji RLS PRW-16. Dane zawarte w tabeli zestawione zostały w stosunku do obiektu /celu/ powietrznego o skutecznej powierzchni odbicia równej 1 m^2.

Z przedstawionych wstępnych danych, zawartych w tabelach 20 i 21 oraz wykresów na rys. 64 wynika, że podnoszenie anten stacji radiolokacyjnych na większe wysokości nad powierzchnię odbijającą /przy stałej wysokości lotu obiektu/ staje się nieopłacalne, ponieważ :

- znacznie wzrasta ujemny wpływ krzywizny ziemi na zasięg wykrywania RLS na małych wysokościach ;
- wzrasta wielkość stożka martwego RLS na małych wysokościach;
- zwiększają się wymagania w stosunku do pozycji rozwinięcia RLS oraz zwiększa się niewspółmiernie wymagany promień powierzchni odbijającej.

Ponadto zastosowanie wysokich anten nie zawsze jest możliwe z uwagi na rzeźbę terenu w rejonach wyżynnych i górskich naszego kraju.

W związku z powyższym w niniejszym podrozdziele należy odpowiedzieć na pytanie, w jakich warunkach i przy jakiej wysokości zawieszenia /umieszczenia/ anteny można uzyskać najlepsze /optymalne/ zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach ?

Dla przykładu przeanalizujemy normowaną kierunkową charakterystykę RLS w przekroju pionowym, przedstawioną na rys. 65.

Podczas pracy stacji radiolokacyjnej w zakresie małych wysokości, tj. przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów powietrznych nisko lecących, jej kierunkowa charakterystyka promieniowania styka się z podłożem odbijającym pod kątem :

$$\vartheta = \vartheta_0 + \gamma \qquad /2.73/$$

gdzie : ϑ - kąt zawarty między maksymalnym kierunkiem promieniowania anteny RLS a styczną do powierzchni ziemi ;

φ_0 - kąt zawarty między maksymalnym kierunkiem promieniowania anteny RLS a linią horyzontu /jest to kąt ustawienia elementu promieniującego anteny/ ;

γ - kąt zawarty między styczną do powierzchni ziemi /na odległości 0,6-0,7 E_{max}/ a linią horyzontu.

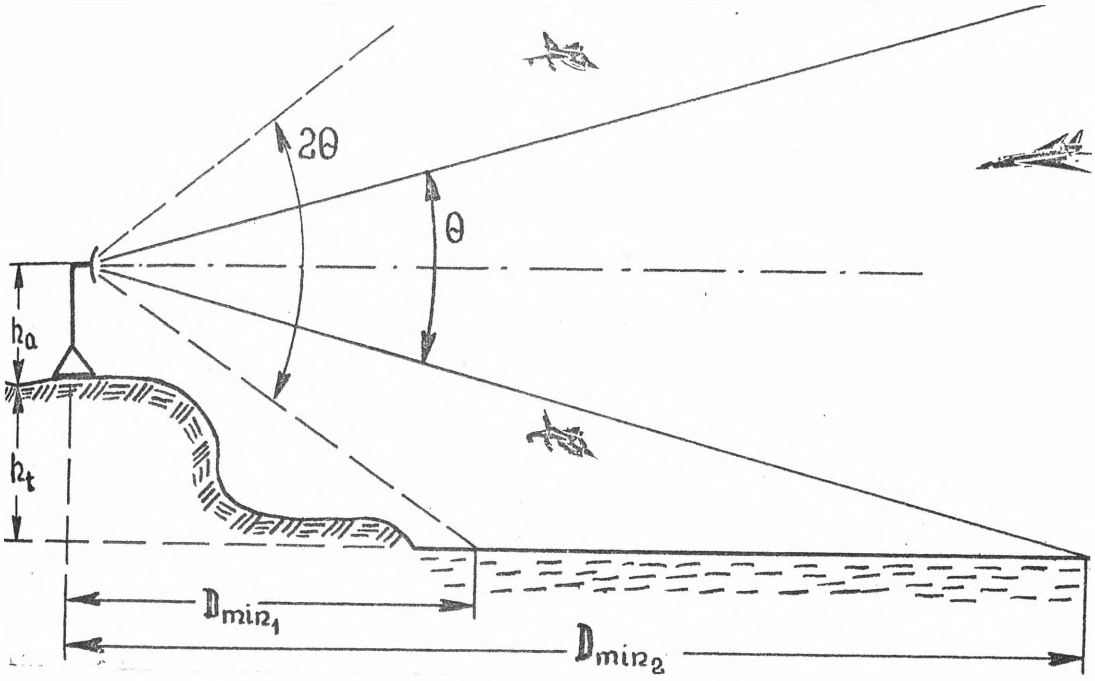
Kąty: φ, φ_0, γ mierzone są w płaszczyźnie pionowej.

Rys. 65. Normowana kierunkowa charakterystyka promieniowania anteny RLS.

Jeżeli urządzenie antenowe stacji radiolokacyjnej umieścimy na wzgórzu, nasypie, estakadzie lub na specjalnym maszcie, bez zmiany kąta ustawienia elementu promieniującego /φ_0/, to zwiększy się kąt /γ/ i z kolei kąt φ, a tym samym zmniejszy się poziom energii opromieniującej podłoże odbijające pod małymi kątami - rys. 65.

W konsekwencji tego zmniejszy się zasięg wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

Oprócz tego przy znacznym podniesieniu /podwyższeniu/ anteny /jej centrum elektrycznego/ i wąskiej charakterystyce promieniowania w płaszczyźnie pionowej wzrasta niewspółmiernie stożek martwy stacji radiolokacyjnej, tzw. minimalna odległość wykrywania - rys. 66.



Rys. 66. Zależność minimalnej odległości wykrywania RLS od wysokości zawieszenia anteny i kąta obserwacji.

Z analizy rys. 66 wynika, że wielkość stożka martwego na małych wysokościach zależy także od szerokości kierunkowej charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie pionowej[x/].

Wielkość stożka martwego w zależności od wysokości zawieszenia anteny i szerokości kierunkowej charakterystyki promieniowania może być określana następująco :

---

x/ Szerokość kierunkowej charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie pionowej w niektórych materiałach źródłowych nosi miano "kąta obserwacji" stacji radiolokacyjnej.

- dla szerokiej kierunkowej charakterystyki promieniowania :

$$D_{min_1} = h_a \cdot ctg\,\Theta \qquad /2.74/$$

- dla wąskiej kierunkowej charakterystyki promieniowania :

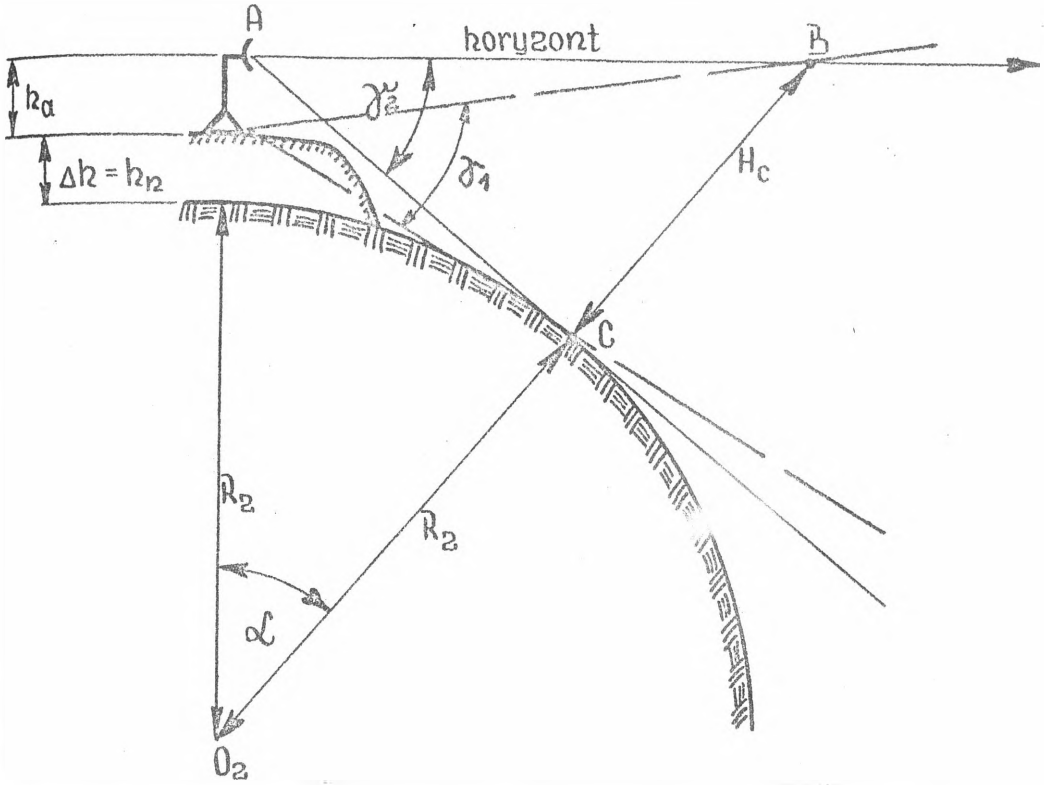
$$D_{min_2} = h_a \cdot ctg\,\frac{\Theta}{2} \qquad /2.75/$$

Z przeprowadzonej analizy wynika, że stacje radiolokacyjne posiadające szeroką kierunkową charakterystykę promieniowania w płaszczyźnie pionowej, mają mały stożek martwy i mogą wykrywać obiekty /cele/ powietrzne nisko lecące zarówno na minimalnych jak i nieco większych odległościach.
Natomiast te stacje radiolokacyjne, które posiadają wąską kierunkową charakterystykę promieniowania w płaszczyźnie pionowej mają duży stosunkowo stożek martwy i mogą wykrywać obiekty /cele/ powietrzne nisko lecące tylko na dalszych odległościach od miejsca stania RLS /rys. 66/.

Z powyższych rozważań wynika także, że osiągnięcie maksymalnego zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach /przy minimalnym stożku martwym/ jest sprawą skomplikowaną.

Dlatego też, aby uzyskać możliwie optymalną kierunkową charakterystykę promieniowania stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie pionowej, dla potrzeb wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, należy przy podwyższaniu wysokości zawieszenia /umieszczenia/ anteny zmniejszać kąt ustawienia elementu promieniującego /ϑ_0/ o kąt $\Delta\vartheta$

Wartość kąta $\Delta\vartheta$ powinna być tak dobrana, aby normowana kierunkowa charakterystyka promieniowania stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie pionowej stykała się z podłożem odbijającym w punkcie "C" /rys. 67/. Punkt "C" leży na prostej łączącej środek kuli ziemskiej z punktem "B", który odpowiada odległości równej 0,6 - 0,7 E_{max}.



Rys. 67. Określenie kąta nachylenia kierunkowej charakterystyki promieniowania RLS.

$$\Delta\gamma = \gamma_2 - \gamma_1 \qquad /2.76/$$

gdzie :

γ_1 - kąt odpowiadający wysokości Δh;

γ_2 - kąt odpowiadający wysokości równej $h_a + \Delta h$;

h_a - wysokość zawieszenia etatowej anteny ;

Δh - wysokość nasypu, wzgórza, estakady lub masztu.

W celu określenia optymalnego kąta $/\varphi_{opt}/$ i ustawienia elementu promieniującego anteny RLS, przeanalizujemy niektóre współzależności.

Z trójkątów AOO i ACB, na podstawie twierdzenia o trójkątach, których ramiona przecinają się pod kątami prostymi możemy przyjąć, że kąt α jest równy kątowi γ_2.

Z trójkąta AOO_z wynika, że :

$$\cos\alpha = \frac{R_z}{R_z + h_a + \Delta h} \approx 1 - \frac{h_a + \Delta h}{R_z} \qquad /2.77/$$

gdzie :

R_z - ekwiwalentny promień ziemi o wartości 8500 km.

W związku z tym, że na małych wysokościach odległości wykrywania stacji radiolokacyjnych są stosunkowo nieduże, to wartość kąta α jest także nieduża i może być określana następująco :

$$\cos\alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2} \qquad /2.78/$$

Porównując wyrażenia /2.77/ i /2.78/ oraz uwzględniając, że

$$(h_a + \Delta h) \ll R_z \quad i \quad \alpha = \gamma_2$$

to otrzymamy :

$$\gamma_2 (rad) = \sqrt{\frac{2(h_a + \Delta h)}{R_z}} \qquad /2.79/$$

lub

$$\gamma_2 (min.) = m\sqrt{h_a + \Delta h} \qquad /2.80/$$

gdzie :

m - współczynnik zależny od wielkości ekwiwalentnego promienia ziemi, tj. od stanu atmosfery i rodzaju refrakcji.

Pomiędzy wielkościami m i R_z istnieje określona zależność, którą ilustruje tabela 22.

Tabela 22.

Wartość współczynnika /m/ w zależności od wartości ekwiwalentnego promienia ziemi x/.

R_z w km.	6370	8500	10000	15000	30000	50000
m	1,93	1,67	1,53	1,25	0,89	0,69

W przyziemnych warstwach atmosfery dla R_z mieszczącego się w granicach 6370 - 10000 km występuje zjawisko refrakcji normalnej. W takich warunkach błąd przy określaniu kąta nie przekracza 10%. Dlatego też do dalszych rozważań i obliczeń przyjmujemy R_z = 8500 km, dla którego m = 1,67.

W wypadku kiedy układ antenowy stacji radiolokacyjnej zawieszony jest na wysokości h_a, to kąt γ_1 przyjmie wówczas wartość :

$$\gamma_1 = m\sqrt{h_a} \qquad /2.81/$$

Podstawiając wartości kątów γ_1 i γ_2 z wyrażeń /2.80/ i /2.81/ do wzoru /2.76/ otrzymamy wartość kąta $\Delta\gamma$:

$$\Delta\gamma = \gamma_1 - \gamma_2 = m\left(\sqrt{h_a + \Delta h} - \sqrt{h_a}\right) \qquad /2.82/$$

Z kolei optymalny kąt położenia maksimum kierunkowej charakterystyki promieniowania, w stosunku do linii horyzontu anteny, może być określony następująco :

$$\vartheta_{opt} = \vartheta_0 - \Delta\gamma = \vartheta_0 - m\left(\sqrt{h_a + \Delta h} - \sqrt{h_a}\right) \qquad /2,83/$$

---

x/ Tabelę zaczerpnięto z podręcznika "Małowysotnaja radiołokacja", autor N.J. BUROW. Wyd. MO ZSRR Moskwa - 1977 r.

gdzie :

ϑ_{opt} - kąt pod jakim należy ustawić element promieniujący anteny RLS, rozwiniętej na pozycji o wzniesieniu Δh lub kąt pochylenia normowanej charakterystyki promieniowania.
Wielkość kąta określa się w minutach ;

ϑ_0 - kąt elementu promieniującego anteny, ustawiony fabrycznie dla etatowej wysokości zawieszenia anteny ;

h_a - etatowa wysokość anteny RLS w metrach ;

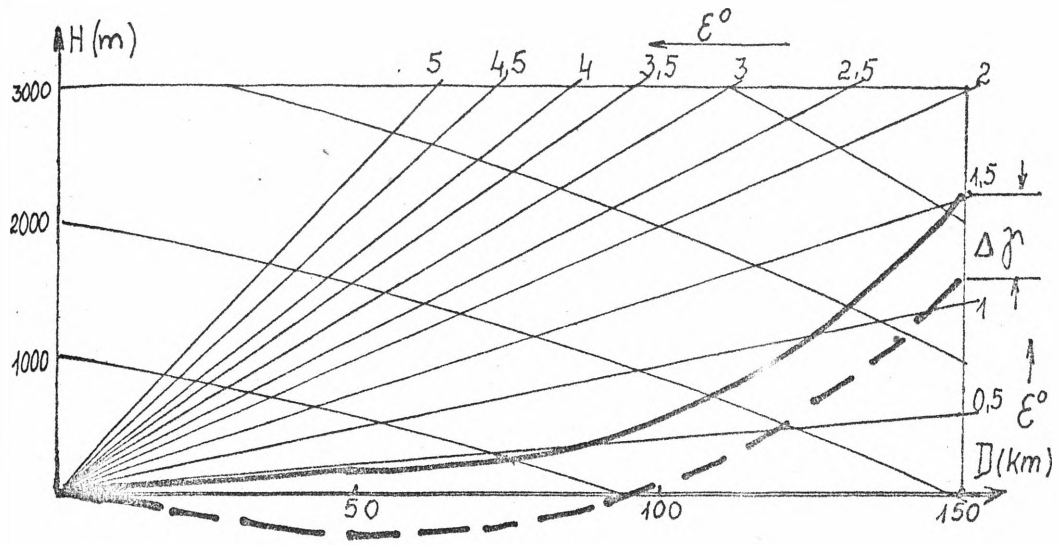
Δh - wysokość podniesienia /zawieszenia/ anteny w metrach ;

m - współczynnik.

Przy braku optymalnego ustawienia anteny RLS lub pochylenia jej charakterystyki promieniowania o kąt większy od ϑ_{opt} nie następuje zwiększenie zasięgu wykrywania nisko lecących obiektów /celów/ powietrznych, a odwrotnie ma miejsce nawet zmniejszenie zasięgu wykrywania.

Dlatego też, ustawienie elementu promieniującego anteny stacji radiolokacyjnej pod kątem ϑ_{opt} należy sprawdzać i regulować, szczególnie po zakończeniu prac profilaktycznych związanych z przeglądami tygodniowymi, miesięcznymi, sezonowymi i rocznymi.

Rys. 68 ilustruje zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnej bez pochylenia i z pochyleniem kierunkowej charakterystyki promieniowania o kąt $\Delta\vartheta$, natomiast w tabeli 23 zestawiono zasięgi wykrywania RLS P-35 w zależności od wartości kąta pochylenia układu antenowego.



Rys. 68. Zasięg wykrywania RLS w zależności od kąta $\Delta\gamma$.

Tabela 23.

Zasięgi wykrywania RLS P-35 dla różnych wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych, w zależności od wartości kąta pochylenia jej układu antenowego x/.

Kąt nachylenia układu antenowego w stopniach.	Zasięgi wykrywania obiektów /celów/ powietrznych w km, na wysokościach		
	300m	500m	1000m
0°	52	67	86
-1°	58	71	90
-1,5°	60	74	93

---

x/ Tabelę zestawiono na podstawie danych zawartych w skrypcie ppłk J. SIWICKIEGO "Wybrane zagadnienia techniczno-inżynieryjnego zabezpieczenia wojsk radiotechnicznych OPK". Wyd. ASG - 1972 r.
Dane zawarte w tabeli zestawione są w stosunku do obiektu /celu/ powietrznego o σ_{SK} = 1 m².

Zmniejszenie zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej w stosunku do obiektów /celów/ nisko lecących, z powodu nieprawidłowego ustawienia elementu promieniującego wg kąta ϑ_{opt}, można określić następująco :

$$\Delta D = d \cdot 40 \lg \frac{F(\vartheta_0 + \gamma_1)}{F(\vartheta_0 + \gamma_2)} \qquad /2,84/$$

gdzie :

$d = \frac{1}{33}\sqrt{\frac{R_z^2 \lambda}{\pi}}$ - właściwa zmiana zasięgu wykrywania ;

$F(\vartheta_0 + \gamma_1)$ i $F(\vartheta_0 + \gamma_2)$ - wielkość normowanej kierunkowej charakterystyki promieniowania stacji radiolokacyjnej wg E /natężenia pola elektromagnetycznego w płaszczyźnie pionowej dla kątów $\vartheta_0 + \gamma_1$ i $\vartheta_0 + \gamma_2$

W warunkach normalnej refrakcji, kiedy R_z = 8500 km, wartość "d" może być określona następująco :

$$d\left(\frac{km}{dB}\right) \approx 0,81 \sqrt[3]{\lambda(cm)} \qquad /2.85/$$

gdzie :

0,81 - współczynnik ;

λ - długość fali RLS w cm.

Doświadczalny normowany wykres kierunkowej charakterystyki promieniowania zamieszczony jest w dokumentacji technicznej każdej stacji radiolokacyjnej. Można go też wykreślić z pewnym przybliżeniem na papierze milimetrowym, korzystając ze wzoru

$$F(\Theta) = e^{-1,384\left(\frac{\Theta}{\Theta_{0,7\,Emax}}\right)^2} \qquad /2.86/$$

gdzie :

Θ - szerokość normowanej kierunkowej charakterystyki promieniowania stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie pionowej na poziomie 0,7 E_{max}.

W toku rozpatrywania i analizowania powyższego problemu doszedłem do następujących wniosków :

- zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych w stosunku do obiektów /celów/ nisko lecących zależy głównie od wysokości zawieszenia anteny oraz od ustawienia elementu promieniującego anteny pod optymalnym kątem /δ_{opt}/ ;
- ze wzrostem wysokości zawieszenia anteny znacznie wzrasta ujemny wpływ krzywizny ziemi oraz od określonych wysokości zawieszenia anteny zmniejsza się opłacalny przyrost zasięgu wykrywania RLS w stosunku do celów /obiektów/ nisko lecących;
- jeżeli stację radiolokacyjną lub jej urządzenie antenowe umieszczamy na wzgórzu, estakadzie, nasypie lub zawieszamy na specjalnym maszcie, w celu uzyskania większego zasięgu wykrywania na małych wysokościach, to niezwłocznie należy wnosić korektę w kąt położenia elementu promieniującego anteny lub pochylić charakterystykę promieniowania RLS tak, aby stykała się ona z podłożem odbijającym na odległości równej 0,7 E_{max} ;
- wraz ze wzrostem wysokości ustawienia lub zawieszenia anteny zwiększa się minimalna odległość wykrywania RLS /zwiększa się stożek martwy/. Szczególnego znaczenia nabiera powyższy problem, gdy stacja radiolokacyjna posiada wąską charakterystykę promieniowania w płaszczyźnie pionowej. Dlatego też posterunki radiolokacyjne przeznaczone do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących powinny mieć w swym wyposażeniu jedną RLS o szerokiej charakterystyce promieniowania

w płaszczyźnie pionowej /typu P-15 NL lub "NAREW"/, drugą RLS o wąskiej charakterystyce promieniowania /typu PRW-13NL/;

- nie zastosowanie wymienionych przedsięwzięć, przy podwyższaniu ustawienia lub zawieszenia anten RLS, może doprowadzić do zmniejszenia zasięgu wykrywania tych RLS na małych wysokościach.

2.2.5. Wpływ warunków terenowych oraz rzeźby terenu na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

Pod pojęciem warunków terenowych należy rozumieć nie tylko cały wachlarz czynników i właściwości /związanych z podłożem odbijającym/ charakteryzowanych i analizowanych w poprzednich zagadnieniach, lecz także wszelkiego rodzaju zabudowę i roślinność /szczególnie lasy/. Inaczej mówiąc wszystko to, co występuje w terenie i może stanowić przeszkodę dla rozchodzenia się fal radiowych zakresu UKF.

W rzeźbie terenu najistotniejszym zjawiskiem są względne przewyższenia terenu /tzw. deniwelacje terenu/, które stanowią poważną przeszkodę dla rozchodzenia się fal w zakresie UKF.

Wszelkiego rodzaju przeszkody terenowe /w tym i występujące deniwelacje terenu/ w literaturze fachowej noszą najczęściej miano "przedmiotów miejscowych", dlatego też w dalszych rozważaniach taka nazwa będzie używana.

Przedmioty miejscowe występujące w strefach : bliższej i dalszej RLS stwarzają dla rozchodzenia się fal radiowych zakresu UKF ekran, od którego część energii promieniowanej przez stacje radiolokacyjne jest odbijana i powraca na urządzenia odbiorcze stacji, powodując na ich urządzeniach wskaźnikowych zaświecenia[x/]

---

x/ Strefa bliższa może posiadać rozmiary o promieniu od 800 do 2000 m, natomiast strefa dalsza do 30 km.

Zaświecenia od przedmiotów miejscowych na urządzeniach wskaźnikowych poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych zależą głównie od : wysokości przedmiotu miejscowego, jego skutecznej powierzchni odbicia oraz od odległości występowania od miejsca stania RLS. Ponadto przedmioty miejscowe na swych zewnętrznych elewacjach mogą posiadać powierzchnie metalowe, które stwarzają dla fal zakresu UKF duże skuteczne powierzchnie odbicia, w konsekwencji czego na wskaźnikach RLS otrzymujemy zaświecenia niewspółmiernie większe od rzeczywistych rozmiarów przedmiotu. Występujące zaświecenia na urządzeniach wskaźnikowych stacji radiolokacyjnych są skutkiem opromieniowywania przedmiotów miejscowych nie tylko poprzez główny /zasadniczy/ listek promieniowania RLS, ale także i poprzez listki boczne. W związku z tym w centrum wskaźników stacji radiolokacyjnych otrzymujemy zaświecenie o charakterze ciągłym lub rozdrobnionym, które swymi rozmiarami sięgają od kilkunastu do kilkudziesięciu kilometrów. Szczególnego znaczenia nabiera powyższy problem w terenie pofałdowanym /górskim/ o dużych względnych przewyższeniach /deniwelacjach/. Stacje radiolokacyjne rozwinięte w rejonach o pofałdowanym /urozmaiconym/ terenie posiadają zazwyczaj zaświecenia równe zasięgowi wykrywania na małych wysokościach, a niekiedy i większe od tych zasięgów.

Rozmiary zaświeceń /w terenie pofałdowanym/ przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ nisko lecących zależą głównie od kąta nachylenia systemu antenowego. Praca stacji radiolokacyjnych przy ujemnych kątach nachylenia systemu antenowego prowadzi do zwiększenia intensywności zaświeceń oraz do zwiększenia ich rozmiarów. Zaświecenia od przedmiotów miejscowych w niektórych wypadkach mogą osiągać znaczenie :

$$r = 4.12 \sqrt{h_{nasyp} + h_a} \qquad /2.87/$$

gdzie :

r - promień zaświeceń od przedmiotów miejscowych ;

4,12 - współczynnik ;

h_a - wysokość etatowej anteny RLS ;

$h_{nasyp.}$ - wysokość nasypu lub innego technicznego urządzenia.

Zebrany materiał z posterunków radiolokacyjnych /odnośnie wielkości zaświeceń od przedmiotów miejscowych/ rozwiniętych w różnych rejonach obszaru kraju oraz przeprowadzone badania w tym zakresie wskazują, że :

- większość posterunków radiolokacyjnych rozwiniętych w obszarze kraju posiada zaświecenia od przedmiotów miejscowych w granicach od 20 do 40 km, dotyczy to przede wszystkim posterunków rozwiniętych w rejonach pojezierzy oraz w pasie nizin środkowych ;

- najmniejsze zaświecenia od przedmiotów miejscowych występują na stacjach radiolokacyjnych rozwiniętych na wybrzeżu morza Bałtyckiego;

- największe zaświecenia od przedmiotów miejscowych występują na stacjach radiolokacyjnych rozwiniętych w Kotlinie Śląskiej i Sandomierskiej oraz na przedgórzach i wyżynach, w wymienionych rejonach zaświecenia sięgają do 50-70 km, a w oddzielnych wypadkach i ponad 100 km.

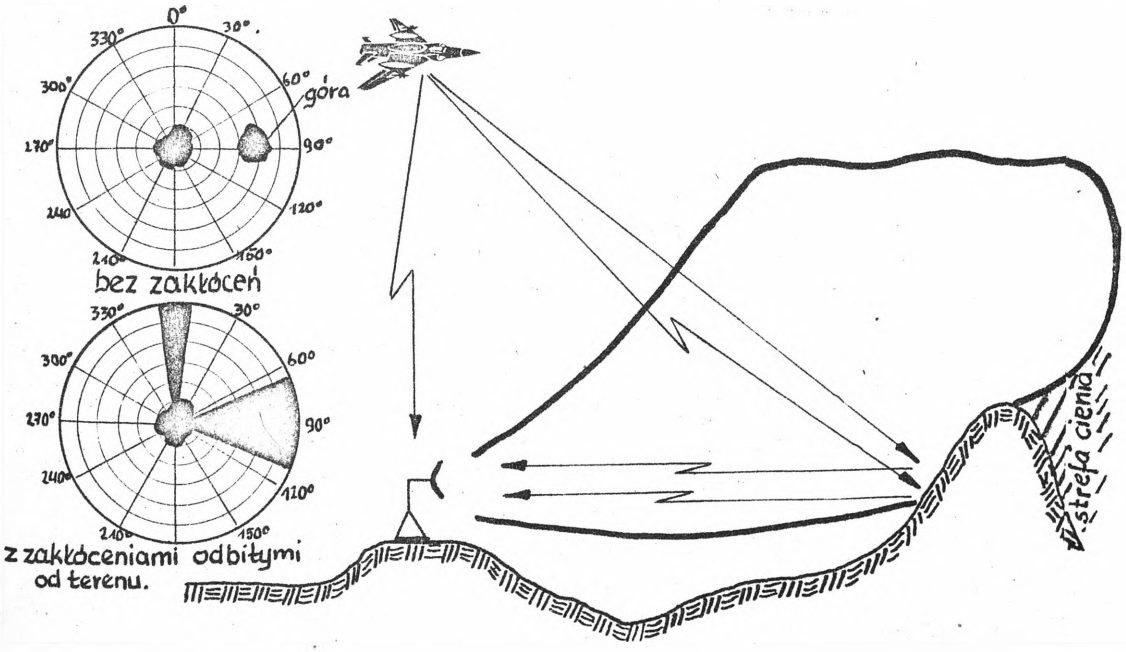
Omówiony i scharakteryzowany problem ilustrują schematy odbić od przedmiotów miejscowych /dla różnych RLS - rozwiniętych w różnych rejonach kraju/ przedstawione w załączniku Nr 12.

Zaświecenia od przedmiotów miejscowych, większe od minimalnych odległości wykrywania stacji radiolokacyjnych, utrudniają w poważnym stopniu wykrywanie i śledzenie obiektów

/celów/ powietrznych na małych wysokościach, a przy zaświeceniach ciągłych wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ nisko lecących /w granicach zaświeceń/ staje się wręcz niemożliwe.

Likwidacja zaświeceń, poprzez włączanie do urządzeń odbiorczych układów TES, prowadzi do obniżenia możliwości stacji radiolokacyjnych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących. Powyższy problem był analizowany i charakteryzowany w zagadnieniu /2.2.1.1/ niniejszego podrozdziału.

Występowanie dużych względnych przewyższeń /deniwelacji/ terenu w strefach bliższej i dalszej stacji radiolokacyjnych, może być także powodem zwiększenia intensywności zakłóceń radiolokacyjnych oddziaływujących na te stacje, w wypadku zastosowania zakłóceń przez nieprzyjaciela powietrznego. Powyższą współzależność ilustruje rys. 69.



Rys. 69. Zwiększenie intensywności zakłóceń radiolokacyjnych z powodu nierówności terenu.

Z ilustracji przedstawionej na rys. 69 wynika, że po przeciwnej stronie przedmiotów miejscowych występują obszary tzw. "cienia radiolokacyjnego", gdzie obiekty /cele/ powietrzne nie mogą być wykryte i śledzone przez stacje radiolokacyjne.

Rozmiary obszarów cienia radiolokacyjnego zależą głównie od wielkości kątów zakrycia, które tworzone są przez przedmioty miejscowe.

2.2.5.1. Wpływ kątów zakrycia na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

Istotne znaczenie na pracę stacji radiolokacyjnych wszystkich zakresów fal wywierają kąty zakrycia, twprzone przez przedmioty miejscowe.

Kąty zakrycia najczęściej tworzone są przez :

- względne przewyższenia terenu /deniwelacje/ ;
- zwartą zabudowę o charakterze miejskim ;
- przemysłowe konstrukcje żelbetonowe i stalowe ;
- przemysłowe linie wysokiego napięcia ;
- wysokopienny las w bezpośredniej odległości od RLS ;
- inne urządzenia i stacje radiolokacyjne rozwinięte na tej samej pozycji na powierzchni terenu.

Problem kątów zakrycia jest najważniejszy z dotychczas poruszanej i analizowane problematyki, ponieważ kąty zakrycia w decydujący sposób zmieniają możliwości poszczególnych RLS w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących. Z tego też powodu, każda stacja radiolokacyjna posiada określone wymagania co do wielkości dopuszczalnych kątów zakrycia jej pozycji /patrz tabela 24/.

Tabela 24.

Dopuszczalne kąty zakrycia pozycji poszczególnych typów RLS. x/

Typ RLS	P-14 P-12 P-18	P-15	P-15NL	JAWOR M	JAWOR M-2	P-35 P-37 PRW-13 PRW-11	5N87 NAREW
Dopuszczalny kąt zakrycia	0° + 2' + 8'	+ 5'	0°	+30'	+ 30'	0°/+8'/	0°

W instrukcjach i opisach stacji radiolokacyjnych można się spotkać z potraktowaniem powyższego problemu w sposób następujący . Dopuszczalne kąty zakrycia podawane są o wartości dodatniej i większej od zera lecz zarazem poczynione są uwagi, że przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ nisko lecących wskazanym jest aby pozycja stacji radiolokacyjnej posiadała zerowe lub ujemne kąty zakrycia. Tak więc można przyjąć, że stacje zaangażowane do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach powinny posiadać pozycje o zerowych kątach zakrycia.

Przeanalizujemy zatem na przykładach jak zmieniają się zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych, w wypadku zmiany wartości kąta zakrycia pozycji.

Uogólnione odległości /zasięgi/ wykrywania stacji radiolokacyjnych, z uwzględnieniem normalnej refrakcji, dla różnych wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych i przy różnych kątach zakrycia pozycji RLS ilustruje tabela 25.

---

x/ Tabelę zestawiono na podstawie danych zawartych w instrukcjach RLS.

Tabela 25.

Zmiana zasięgu radiolokacyjnego w zależności od wartości kątów zakrycia anteny RLS[x/].

Wielkość kątów zakrycia pozycji RLS zakr.	Odległość wykrywania RLS w km, przy wysokości lotu obiektu /celu/ 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

Z danych zawartych w tabeli 25 wynika, że nawet przy małych wartościach kąta zakrycia pozycji - zasięg wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących przez stacje radiolokacyjne znacznie maleje. Ponadto wynika także, że stacje radiolokacyjne tracą w zasięgu wykrywania na małych wysokościach /rzędu 100, 200 m/ znacznie więcej /około 50% przy kącie zakrycia + 15′/ w porównaniu z wysokościami średnimi /około 25%/.

W niektórych materiałach źródłowych można spotkać, że zmniejszenie się zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach /w zależności od wielkości kąta zakrycia pozycji/ wyrażane jest w procentach. Jako przykład może posłużyć RLS P-15.

- -

x/ Dane zawarte w tabeli obliczono bez uwzględniania energetycznego potencjału RLS, charakteryzują one tylko zmianę zasięgów widzialności optycznej /horyzontu radiowego/ przy założonych wartościach kątów zakrycia anteny RLS. Tabelę zaczerpnięto z podręcznika "Małowysotnaja radiołokacja", autor N.J. BUROW.

W instrukcji tej stacji zawarte są dane, które posłużyły do zestawienia tabeli 26.

Tabela 26.

Wielkość kąta zakrycia pozycji w min.	+ 15′	+ 30′	+ 45′	+ 60′
Zmniejszenie się zasięgu wykrywania w procentach	25%	34%	45%	50%

Porównanie danych zawartych w tabelach 25 i 26 wykazuje, że analizowany problem strat RLS w zasięgu wykrywania jest traktowany niejednoznacznie. Dane zawarte w tabeli 26 traktują rozpatrywany problem zbyt optymistycznie. Wynika zapewne to z tego, że instrukcja RLS P-15 podaje dane uśrednione dla całego przedziału wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych. W porównaniu z danymi zawartymi w tabeli 25, dane zawarte w tabeli 26 mogą być słuszne w stosunku do wysokości średnich - począwszy od 1000 m wzwyż.

Bez względu na te różnice należy jednak stwierdzić, że kąty zakrycia w poważnym stopniu ograniczają możliwości stacji radiolokacyjnych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych, szczególnie na wysokościach bardzo małych.

W związku z powyższym, znajomość kątów zakrycia pozycji jest nieodzowna przy obliczaniu i modelowaniu realnych stref wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej, a szczególnie przy określaniu dolnej warstwy pola radiolokacyjnego na małych wysokościach.

W dobie uprzemysłowienia i urbanizacji kraju jest coraz trudniej wybrać odpowiednie pozycje dla pracy stacji radiolokacyjnych w zakresie małych wysokości.

W realnych warunkach terenowych /szczególnie w terenie urozmaiconym o rzeźbie złożonej/ wybrane pozycje dla RLS posiadają lub mogą posiadać kąty zakrycia tworzone przez przedmioty miejscowe, które w większym lub mniejszym stopniu mogą ograniczać zasięgi wykrywania poszczególnych typów RLS. Aby znać te ograniczenia, do obliczeń zasięgów wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach należy wprowadzić współczynnik kątów zakrycia pozycji k /α/. .

Kąt zakrycia /α/ tworzony przez przedmioty miejscowe może być określony na realnej pozycji przyrządem pomiarowym lub obliczony z wystarczającą dokładnością ze wzoru :

$$\alpha_{min} = \frac{h_p - h_{t_1} - h_n - h_a - \frac{d_p^2}{2R_z}}{d_p} \cdot 3440 \qquad /2.88/$$

gdzie :

R_z - ekwiwalentny promień ziemi /8500 km/ ;

3440 - współczynnik przeliczający radiany na minuty.

Obrazowo kąt zakrycia pozycji w płaszczyźnie pionowej ilustruje rys. 70, na którym oznaczono także inne niezbędne dane do obliczeń wartości α i $k(\alpha)$.

Wartości współczynnika kątów zakrycia pozycji , z wystarczającą dokładnością dla celów praktycznych, mogą być obliczone z następującej zależności :

$$k(\alpha) = \sqrt{1 + \frac{R_z}{2H_{bc}} \sin^2\alpha} - \sin\alpha \sqrt{\frac{R_z}{2H_{bc}}}\ ^{*)} \qquad /2.89/$$

---

x/ Wzór /2.89/ zaczerpnięte z artykułu "Tieoria i praktika ekspłuatacji radiołokacjonnych sistiem", zamieszczonego w miesięczniku Sowietskoje Radio - 1970 r. Autor S.M. LATINSKIJ.

Ze wzoru wynika, że współczynnik kątów zakrycia pozycji RLS zależy głównie od wartości kąta zakrycia /α/, ekwiwalentnego promienia ziemi i bezwzględnej wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego.

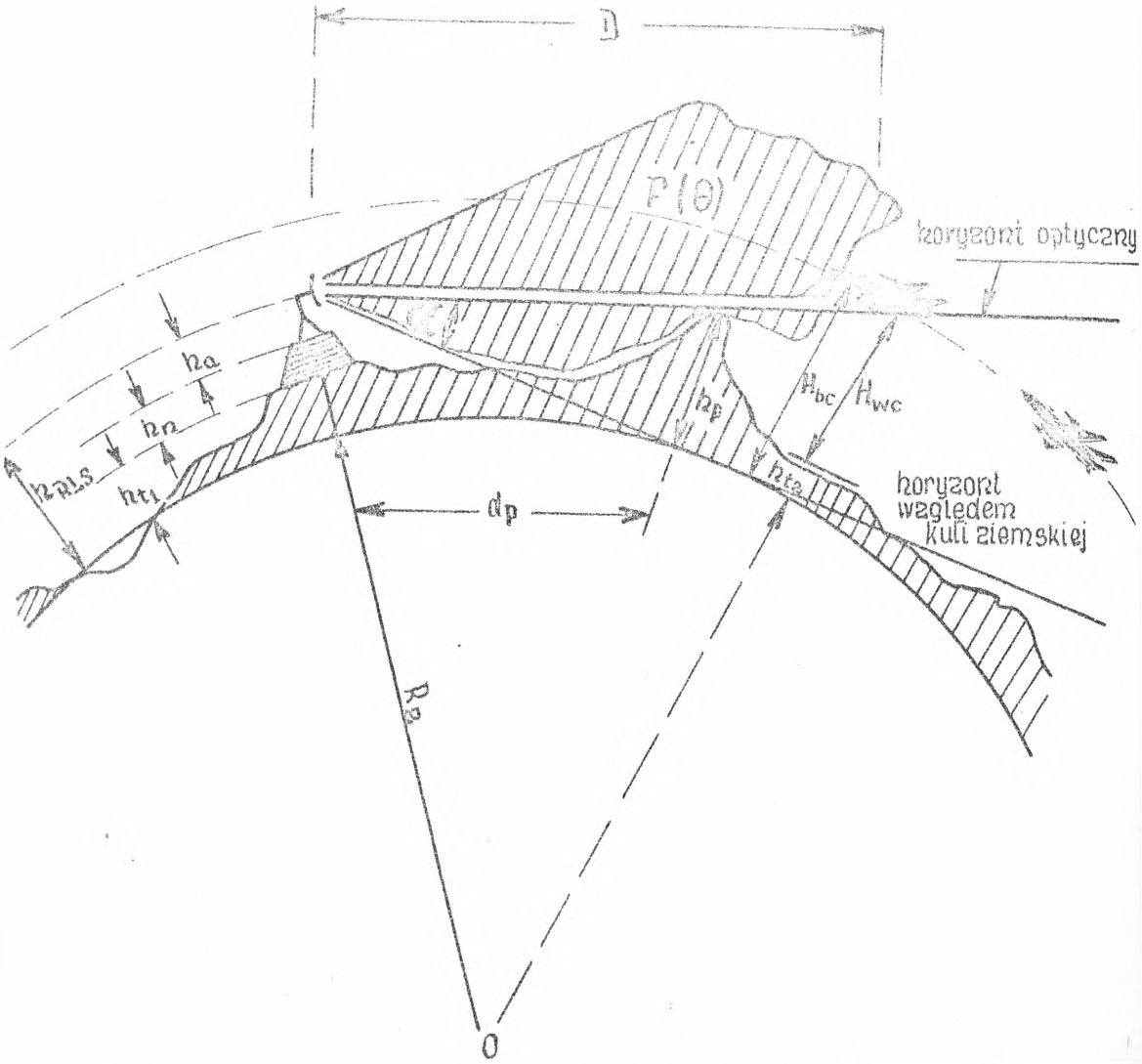
Przy dodatnich kątach zakrycia pozycji RLS, wartość współczynnika K /+α/ waha się w granicach :

$$0 \leq K(+\alpha) \leq 1 \qquad /2.90/$$

Natomiast przy ujemnych kątach zakrycia pozycji RLS, współczynnik k /-α/ przyjmuje wartości większe od jedności :

$$1 \leq K(-\alpha) \leq 6 \qquad /2.91/$$

Przy większych ujemnych kątach zakrycia pozycji RLS, przy których współczynnik K/α/ przyjmuje wartość powyżej sześć, wzór /2.89/ może być niesłuszny.
Ponadto, pewne anomalie wynikają już od α = - 20' w stosunku do wysokości 100, 200 i 300 m, przy których współczynnik K/α/ osiąga wartości powyżej 2,5.



Rys. 70. Wpływ deniwelacji terenu na zasięg wykrywania RLS i powstawanie kątów zakrycia x/.

---

x/ h_a - wysokość zawieszenia anteny ;

h_n - wysokość nasypu ;

h_{t1} - wysokość terenu nad poziom morza w punkcie stania RLS ;

h_{t2} - wysokość terenu nad poziom morza w punkcie, nad którym znajduje się obiekt /cel/ powietrzny ;

α - kąt zakrycia pozycji ;

h_p - wysokość przeszkody terenowej ;

h_{RLS} - wysokość bezwzględna anteny RLS ;

d_p - odległość od anteny RLS do przeszkody ;

D - odległość do obiektu powietrznego ;

H_{wc} - wysokość względna obiektu /celu/ powietrznego ;

H_{bc} - wysokość bezwzględna obiektu /celu/ powietrznego.

Tabela 27.

Wartości współczynników kątów zakrycia pozycji RLS K / / w zależności od wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych.

$$K/\alpha/ = \sqrt{1 + \frac{R_z}{2H_c}\sin^2\alpha} - \sin\alpha\sqrt{\frac{R_z}{2H_c}}$$

WARTOŚCI WSPÓŁCZYNIKÓW KĄTÓW ZAKRYCIA POZYCJI RLS

Hc (m) \ α°	-0°30'	-0°25'	-0°20'	-0°15'	-0°10'	-0°05'	0°00'	+0°05'	0°10'	0°15'	0°20'	0°25'	0°30'	0°35'	0°40'	0°50'	1°00'	2°00'	3°00'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
50	3,84	3.15	2.87	2,35	2,11	1,44	1,00	0,67	0,46	0,35	0,27	0,23	0,19	0,17	0,15	0,12	0,09	0,05	0,03
100	3,21	2,85	2,35	2,11	1,66	1,33	1,00	0,75	0,57	0,45	0,36	0,31	0,26	0,23	0,20	0,17	0,14	0,07	0,04
200	2.70	2,26	2.10	1,79	1,51	1,22	1,00	0,83	0,66	0,55	0,46	0,39	0,35	0,33	0,27	0,23	0,19	0,10	0,06
300	2,46	2,06	1,89	1,73	1,40	1,19	1.00	0,85	0.71	0.62	0.52	0.46	0.41	0.36	0.32	0.27	0.23	0.12	0.08
400	2.28	1.91	1.76	1.53	1.34	1.15	1.00	0.87	0.75	0.65	0.57	0.50	0.45	0.40	0.36	0.31	0.26	0.14	0.09
500	2.08	1.78	1.66	1.48	1.29	1.13	1.00	0.88	0.77	0.68	0.60	0.54	0.48	0.43	0.39	0.33	0.29	0.15	0.10
600	1.96	1.71	1.59	1.42	1.27	1.12	1.00	0.89	0.79	0.70	0.62	0.56	0.51	0.46	0.42	0.36	0.31	0.17	0.11
1000	1.71	1.52	1.44	1.31	1.20	1.09	1.00	0.91	0.83	0.76	0.69	0.63	0.58	0.54	0.49	0.43	0.38	0.21	0.14

W tabeli 27 zestawione zostały wartości współczynników kątów zakrycia pozycji K /α/, obliczone wg wzoru /2.89/ dla kątów α w granicach od -30′ do + 3° i bezwzględnej wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych w granicach od 50 do 1000 m.

Zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych z uwzględnieniem wpływu kąta zakrycia pozycji może być obliczony ze wzoru :

$$D_{wykr} = K(\alpha) D_{max} \qquad /2.92/$$

gdzie :

$D_{wykr.}$ - zasięg /odległość/ wykrywania RLS z uwzględnieniem kąta zakrycia pozycji ;

D_{max} - zasięg wykrywania RLS przy zerowych kątach zakrycia pozycji w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych o $\sigma_{SK} = 1\ m^2$.

Na podstawie danych zawartych w tabelach 6 i 27 obliczyłem wg wzoru /2.92/ zasięgi wykrywania dla poszczególnych typów RLS z uwzględnieniem współczynnika kąta zakrycia pozycji, które zostałyzestawione w tabelach 28.

Tabela 28.

Zasięgi wykrywania poszczególnych typów RLS w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych o $\sigma_{SK}=1m^2$, lecących na różnych wysokościach, przy uwzględnieniu wartości kątów zakrycia pozycji x/.

Hc(m) \ α°	-0° 30'	-0° 25'	-0° 20'	-0° 15'	-0° 10'	-0° 05'	0°00	0°05'	0°10'	0°15'	0°20'	0°25'	0°30'	0°35'	0°40'	0°50'	1°00	2°00	3°00
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ZASIĘGI WYKRYCIA OBIEKTÓW (CELÓW) POWIETRZNYCH O $\sigma_{SK}=1m^2$ w km NA RÓŻNYCH WYSOKOŚCIACH I W ZALEŻNOŚCI OD WARTOŚCI KĄTÓW ZAKRYCIA POZYCJI RLS																			
RLS P-14F																			
50	108	94	85	70	59	43	30	20	14	11	8	7	6	5	4	—	—	—	—
100	120	110	94	84	66	52	40	30	23	18	14	12	10	9	8	7	6	—	—
200	135	115	105	90	76	61	50	42	33	28	23	20	18	17	14	12	10	5	—
P-14 300	148	124	113	98	84	71	60	51	43	37	31	28	25	22	19	16	14	7	5
400	156	134	123	107	94	80	70	61	53	46	40	35	32	28	25	22	18	10	6
500	166	146	133	118	103	90	80	70	62	54	48	43	38	34	31	26	23	12	8
RLS P-18																			
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	96	86	77	66	53	40	30	23	17	14	11	9	8	7	6	5	4	—	—
200	114	94	86	72	60	49	40	33	26	22	18	17	14	13	11	9	8	4	—
300	123	103	95	82	70	60	50	43	36	31	26	23	21	18	16	14	12	6	4
400	125	105	97	84	74	63	55	48	41	36	31	28	25	22	20	17	14	8	5
500	131	108	100	89	77	68	60	53	46	41	36	32	29	26	23	20	17	9	6
RLS P-12M																			
100	64	57	51	44	35	27	20	15	11	9	7	6	5	4,5	4	—	—	—	—
200	72	59	54	46	38	30	25	21	17	14	12	10	9	8	7	6	5	3	—
300	74	62	57	49	42	36	30	26	21	19	16	14	12	11	10	8	7	4	—
400	80	67	62	54	47	40	35	30	26	23	20	18	16	14	13	11	9	5	3
500	83	71	66	59	52	45	40	35	31	27	24	21	19	17	16	13	12	6	4
RLS P-15M (antena etatowa)																			
50	77	74	65	57	42	29	20	13	9	7	5	4	—	—	—	—	—	—	—
100	96	86	77	66	53	40	30	23	17	14	11	9	8	7	6	5	4	—	—
200	115	94	86	72	60	49	40	33	26	22	18	16	14	13	11	9	8	4	—
300	123	103	95	86	70	60	50	43	36	31	26	23	21	18	16	14	12	6	4
400	137	115	106	92	80	69	60	52	45	39	34	30	27	24	22	18	16	8	5
500	146	125	116	104	90	79	70	62	54	48	42	38	34	30	27	23	20	11	7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RLS P-15 NL																			
50	170	142	124	106	90	65	45	30	21	16	12	10	9	8	7	5	4	—	—
100	174	145	129	110	94	73	55	41	31	25	20	17	14	13	11	9	8	4	—
200	178	147	136	119	98	79	65	54	43	36	30	25	23	21	18	15	12	7	4
300	182	152	140	128	105	89	75	64	53	47	39	35	31	27	24	20	17	9	6
400	185	160	145	131	113	98	85	74	64	55	48	43	38	34	31	26	22	12	8
500	187	162	148	133	116	102	90	79	69	61	54	49	43	39	35	30	26	14	9
RLS „JAWOR M"																			
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	96	86	77	66	53	40	30	23	17	14	11	9	8	7	6	5	4	—	—
200	110	92	85	72	60	49	40	33	26	22	18	17	14	13	11	9	8	4	—
300	111	93	86	73	63	54	45	38	32	28	23	21	18	16	14	12	10	5	4
400	125	105	97	84	74	63	55	48	41	36	31	28	25	22	20	17	14	8	5
500	131	108	100	89	77	68	60	53	46	41	36	32	29	26	23	20	17	9	6
RLS „JAWOR M-2"																			
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	116	103	92	80	63	48	36	27	21	16	13	11	9	8	7	6	5	3	—
200	135	113	105	90	76	61	50	42	33	28	23	20	18	17	14	12	10	5	—
300	138	115	106	91	78	67	56	48	40	35	29	26	23	20	18	15	13	7	4
400	145	124	114	99	87	75	65	57	49	42	37	33	29	26	23	20	17	9	6
500	146	125	116	104	90	79	70	62	54	48	42	38	34	30	27	23	20	11	7
RLS „NAREW"																			
50	192	154	144	118	96	72	50	34	23	18	14	12	10	9	8	6	5	—	—
100	193	158	145	127	100	80	60	45	34	27	22	19	17	14	12	10	8	4	—
200	195	160	147	125	106	85	70	58	46	39	32	27	25	23	19	16	13	7	4
300	197	165	151	133	112	95	80	68	57	50	42	37	33	29	26	22	18	10	6
400	205	172	158	138	121	106	90	78	68	59	51	45	40	36	32	28	23	13	8
500	208	178	166	148	129	113	100	88	77	68	60	54	48	43	39	33	29	15	10
RLS P-35 (P-37)																			
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	96	86	77	63	50	40	30	23	17	14	11	9	8	7	6	5	4	—	—
200	98	89	80	68	53	43	35	29	22	19	16	14	12	11	9	8	7	4	—
300	108	92	85	70	56	48	40	34	28	25	21	18	16	14	13	11	9	5	3
400	110	96	88	77	67	58	50	44	38	33	29	25	23	20	18	16	13	7	4
500	114	98	91	81	71	62	55	48	42	37	33	30	26	24	21	18	16	8	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P-35 m H																			
50	108	94	85	70	59	43	30	20	14	11	8	7	6	5	4	—	—	—	—
100	124	105	98	84	70	56	42	32	24	19	15	13	11	10	8	7	6	3	—
200	130	109	101	87	73	59	48	40	32	27	22	19	17	16	13	11	9	5	—
300	142	120	110	100	81	69	58	49	41	36	30	27	24	21	19	16	13	7	5
400	155	134	123	107	94	80	70	61	53	46	40	35	32	28	25	22	18	10	6
500	158	136	125	111	97	84	75	66	58	51	45	41	36	32	29	25	22	11	8
PRW-11 NL																			
50	108	94	85	70	59	43	30	20	14	11	8	7	6	5	4	—	—	—	—
100	109	96	86	72	60	45	34	26	19	15	12	11	9	8	7	6	5	—	—
200	110	98	88	75	63	49	40	33	26	22	18	17	14	13	11	9	8	4	—
300	123	103	95	82	70	60	50	43	36	31	26	23	21	18	16	14	12	6	4
400	125	105	97	84	74	63	55	48	41	36	31	28	25	22	20	17	14	8	5
500	131	108	100	89	77	68	60	53	46	41	36	32	29	26	23	20	17	9	6
PRW-13 NL																			
50	130	107	97	80	72	49	34	23	16	12	9	8	7	6	5	4	—	—	—
100	160	140	118	106	83	67	50	38	29	23	18	16	13	11	10	9	7	4	—
200	170	143	132	113	95	79	63	52	42	35	29	25	22	20	17	14	12	6	4
300	180	150	138	126	102	87	73	62	52	45	38	34	30	26	23	20	17	9	6
400	194	162	149	130	114	98	85	74	64	55	48	43	38	34	31	26	22	12	8
500	198	169	158	141	123	107	95	84	73	65	57	51	46	41	38	31	28	14	10
5N-87																			
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	118	100	94	84	66	52	40	30	23	18	14	12	10	9	8	7	6	—	—
200	121	102	94,5	85	68	55	45	37	30	25	21	18	16	14	12	10	9	5	—
300	123	103	95	86	70	60	50	43	36	31	26	23	21	18	16	14	12	6	4
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	135	116	108	96	84	73	65	57	50	44	39	35	31	28	25	21	19	10	7

---

x/ A. Zasięgi wykrywania poszczególnych RLS zawarte w tabeli zostały obliczone według wzoru :

$$D_{wykr} = K(\alpha) \cdot D_{max}.$$

gdzie : D wykr. - zasięgi wykrywania RLS z uwzględnieniem współczynnika kąta zakrycia pozycji ;

D max - zasięgi wykrywania RLS przy zerowych kątach zakrycia pozycji ;

K /α/ - współczynnik kątów zakrycia pozycji RLS.

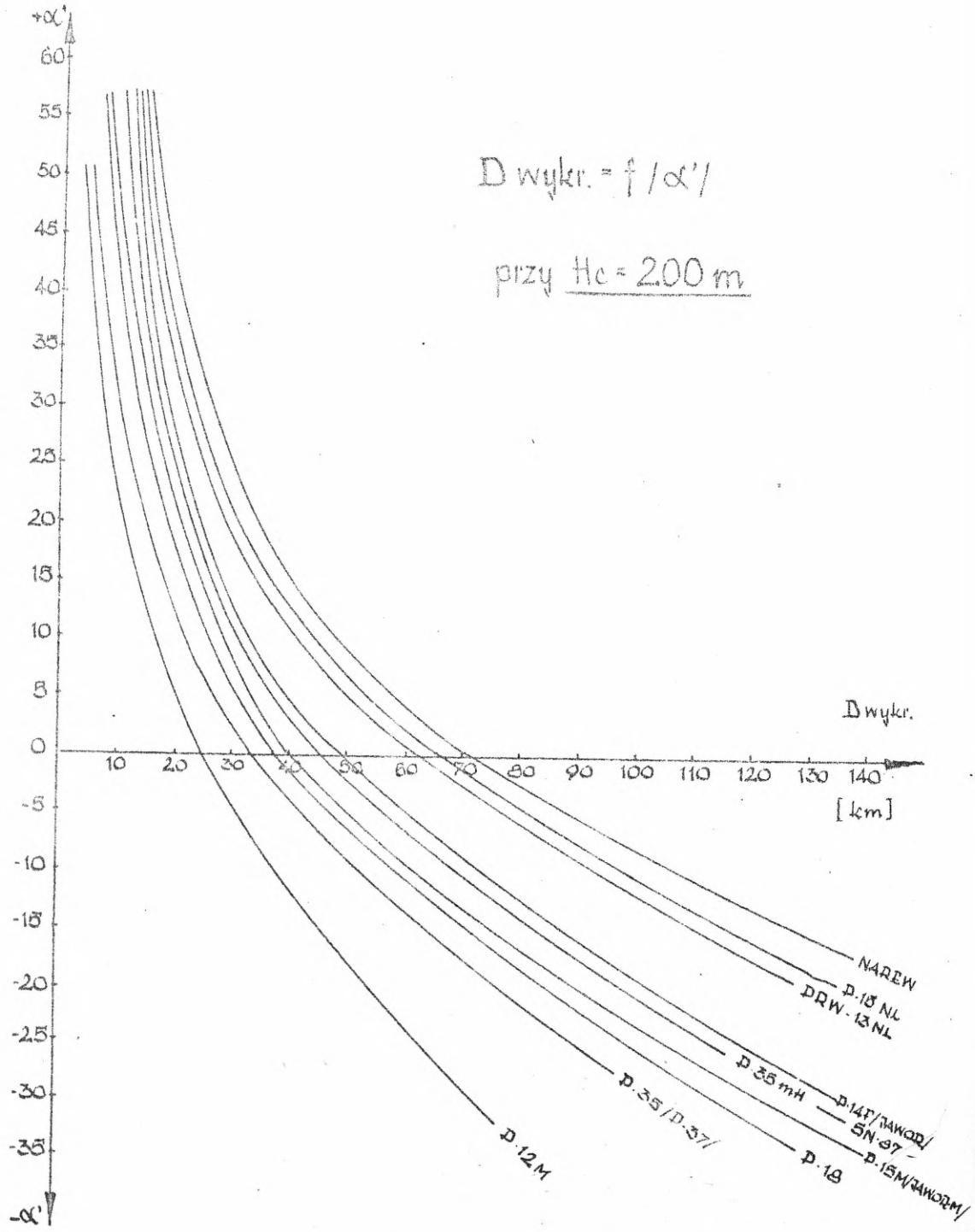
B. Wartości niektórych zasięgów wykrywania RLS przyjęto z pewnym przybliżeniem, ze względu na aproksymację krzywych kątów zakrycia.

Dane zawarte w tabeli 28 mogą być wykorzystane do przedstawienia zagadnienia w sposób graficzny. Przykład : rys. 71, na którym pokazano zasięgi /odległości/ wykrywania poszczególnych RLS w zależności od wartości kąta zakrycia pozycji przy stałej H_c = 200 m.

Ponadto na podstawie danych zawartych w tabelach 28, sporządzono także wykresy /nomogramy/ do określania dolnej granicy wykrywania dla poszczególnych typów RLS, w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych o $\sigma_{SK} = 1 m^2$, przy różnych wartościach kąta zakrycia pozycji /patrz - załącznik 13/.

A zatem, przedmioty miejscowe mają istotny wpływ na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych wszystkich zakresów częstotliwości, ponieważ :

- mogą one stwarzać dla stacji radiolokacyjnych kąty zakrycia większe od dopuszczalnych i tym samym skracać ich zasięg wykrywania, szczególnie na wysokościach rzędu 50, 100, 200 i 300 m ;
- są one przyczyną powstawania na urządzeniach wskaźnikowych stacji radiolokacyjnych obszarów zaświeceń, które utrudniają lub wręcz uniemożliwiają wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach ;
- są one przyczyną powstawania tzw. obszarów cienia radiolokacyjnego, gdzie obiekty /cele/ powietrzne nie mogą być wykryte i śledzone ;
- mogą być także powodem zwiększenia intensywności zakłóceń radiolokacyjnych, którymi przeciwnik oddziaływuje na stacje radiolokacyjne.



Rys. 71. Zasięgi wykrywania poszczególnych RLS na małych wysokościach w zależności od kąta zakrycia pozycji.

2.3. GŁÓWNE ZABIEGI ORGANIZACYJNE I TAKTYCZNO-TECHNICZNE POWODUJĄCE ZWIĘKSZENIE MOŻLIWOŚCI WRT OPK W ZAKRESIE WYKRYWANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW /CELÓW/ NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH.

W celu zwiększenia zasięgu wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących w wojskach radiotechnicznych OPK prowadzi się szereg zabiegów. Do głównych z nich należy zaliczyć : ciągłe doskonalenie pojedynczych pozycji posterunków radiolokacyjnych /stacji radiolokacyjnych/ i całości ugrupowania sił i środków, poprzez modelowanie pola radiolokacyjnego na małych wysokościach oraz systematyczne doskonalenie pracy bojowej wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

2.3.1. Wybór i doskonalenie pozycji stacji radiolokacyjnych dla potrzeb wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

Wpływ warunków terenowych na możliwości stacji radiolokacyjnych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących został szczegółowo naświetlony w podrozdziale 2.2.5. Natomiast wymagania jakim powinny odpowiadać pozycje stacji radiolokacyjnych dla potrzeb wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach ilustruje tabela 29.

Tabela 29

Wymagania w stosunku do pozycji stacji radiolokacyjnych dla potrzeb wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach. *)

Wymagania w stosunku do pozycji stacji radiolokacyjnych.	Typy RLS			
	P - 18, P - 12 P - 14 P - 14 F	P - 15, NAREW, JAWOR		P - 35, P-37, P - 40 5N - 87, PRW - 11 NL PRW - 13 NL
		z anteną etatową	z anteną podwyższoną	
Dopuszczalne kąty zakrycia w minutach	0° / +2′do +8′/	0° do +5′	0°	0°
Płaski teren o promieniu	od 500 do 1500m	1500-2000m	około 6000m	50 m
Dopuszczalne nierówności terenu na odległości od RLS : 100 m 500 m 1000 m 1500 m 2000 m	1 m 2 - 3 m 4 - 6 m 5 - 7 m do 8 m	0,5 m 1 m 2 m 3 m do 6 m	- 0,5 m 1 m 2 m 3 m	nierówności terenu nie wpływają na pracę RLS przy założeniu, że stacje zostały rozwinięte na panujących wzgórzach.
Dopuszczalne równomierne kąty spadu terenu w stopniach	1 - 3°	2 - 3°	2 - 3°	nie wpływają na pracę RLS lecz umożliwiają pochylenie E max charakterystyki promieniowania w stronę kątów ujemnych
		Przy założeniu, że wymienione kąty spadu są równomierne w granicach promienu :		
		2000-3000	6 - 10 km	
Dopuszczalne odległości występowania od pozycji RLS przeszkód terenowych, w km:				
- dużych miast	5 - 10 km	10 - 15 km	20 - 30 km	10 - 15 km
- osiedli o charakterze miejskim	3 - 5 km	10 km	20 km	10 km
- dużych zakładów o konstrukcji żelbetonowej	3 - 5 km	10 km	20 km	10 - 15 km
- linii przesyłowych wysokiego napięcia	3 km	5 km	5 - 10 km	3 km
- masywów leśnych : wysokopiennych	2 - 3 km	5 km	5 - 10	5 km
zagajników	1 km	2 km	5 km	1 km

*) Tabelę autor zestawił na podstawie wniosków wynikłych z analizowanych zagadnień /problemów/ w podrozdziale /2.2/ oraz materiałów uzyskanych na konsultacji w akademii OPK w KALININIE w 1976 r.

Oczywiście wybór pozycji dla stacji radiolokacyjnych o walorach przedstawionych w tabeli 29 jest dość trudny i skomplikowany nawet na obszarze naszego kraju, który posiada teren z zasady równinny z niewielkimi deniwelacjami.

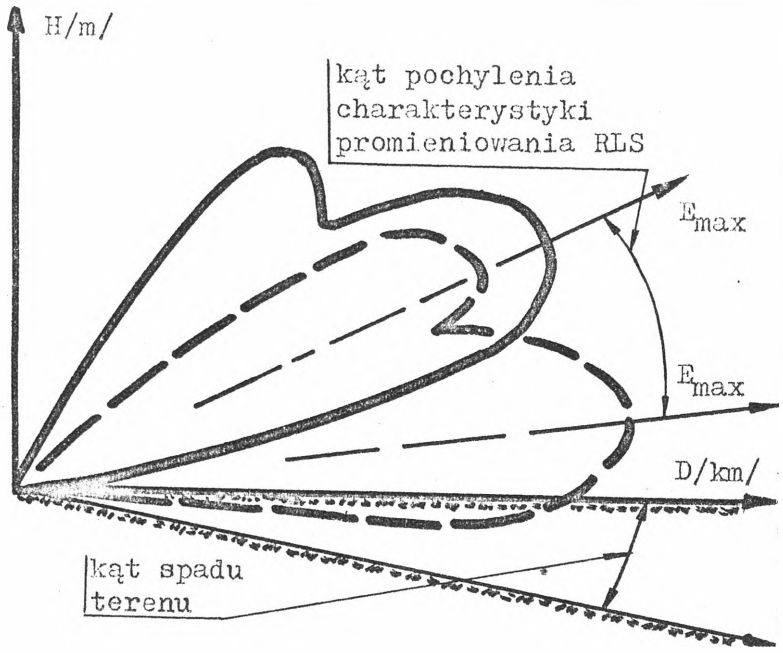
Postępująca urbanizacja i uprzemysłowienie kraju niemal wyklucza możliwość wyboru takiej pozycji, np.: w obszarze Zagłębia Śląsko - Dąbrowskiego. Podobna sytuacja istnieje w rejonach, gdzie występują duże masywy leśne. Co więcej, nawet w rejonach nizin środkowych /z uwagi na deniwelacje terenu/ mogą być trudności z wyborem takich pozycji.

Pozycje RLS spełniające wymagania zawarte w tabeli 29 mogą być wybrane bez specjalnych trudności jedynie nad zbiornikami wodnymi /jeziorami, zalewami i wzdłuż całego wybrzeża morskiego/.

Należy zaznaczyć, że stacje radiolokacyjne posiadające pozycje o równomiernych kątach spadu terenu w granicach 2° -3°, zwiększają swój zasięg wykrywania na małych wysokościach średnio o 20 - 25%.

Powyższą współzależność ilustruje rys.72.

Przy większych kątach spadu terenu jak 3°, charakterystyka promieniowania RLS ulega zniekształceniu i zasięg wykrywania zmniejsza się.



Rys.72. Wpływ kąta spadu terenu na zasięg wykrywania RLS na małych wysokościach.

Podstawowym kryterium określającym przydatność terenu na pozycje dla wszystkich typów stacji radiolokacyjnych są kąty zakrycia, występujące w strefach - bliższej i dalszej od miejsca stania stacji radiolokacyjnych. W wypadku, kiedy przeszkody terenowe występujące w strefach bliższej i dalszej są niezbyt duże i stwarzają niewielkie kąty zakrycia, to taki teren może być wybrany na pozycję dla stacji radiolokacyjnych. Jednak należy uwzględnić zasadę, że z kierunku najbardziej prawdopodobnego nalotu ŚNP nieprzyjaciela pozycja powinna odpowiadać wszystkim wyżej przedstawionym wymaganiom.

W praktycznej działalności wojsk radiotechnicznych, w sytuacjach wymuszonych ciągłością pola radiolokacyjnego, wybiera się pozycje nieraz nie odpowiadające potrzebom wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących. Wówczas problem ten może być rozwiązywany w dwojaki sposób, a mianowicie :

- poprzez wybór oddzielnych pozycji dla RLS wykonujących zadania na małych wysokościach ;
- poprzez likwidację kątów zakrycia w ramach doskonalenia istniejących pozycji dla potrzeb wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących.

Występujące kąty zakrycia na pozycjach mogą być likwidowane poprzez :

-likwidację przeszkody terenowej stwarzającej kąt zakrycia /niwelacja terenu, wycinka lasu itp./ ;

-budowę sztucznych nasypów, estakad, wież i stosowanie specjalnych masztów.

Pierwszy sposób likwidacji kątów zakrycia pozycji odnosi się wyłącznie do strefy bliższej RLS, z tym, że może on być nie tylko kosztownym lecz także pociągać za sobą straty materialne i straty w środowisku naturalnym. Z uwagi na powyższe przeciwskazania sposób ten powinien być stosowany raczej sporadycznie.

Drugi sposób likwidacji kątów zakrycia pozycji odnosi się zarówno do stref bliższych jak i dalszych stacji radiolokacyjnych, lecz zastosowanie jego jest ograniczone tylko do niektórych typów RLS. Sposób ten jest najbardziej skuteczny przy likwidowaniu kątów zakrycia dla RLS zakresu centymetrowego i dolnego zakresu decymetrowego.

Dla stacji radiolokacyjnych zakresu metrowego i górnego zakresu decymetrowego znacznie lepsze jest stosowanie podwyższonych masztów antenowych typu "UNŻA". Jednak sposób ten, z uwagi na propagację fal radiowych w wymienionych zakresach, odnosi się do kątów zakrycia tworzonych przez przedmioty miejscowe występujące w bezpośredniej odległości od miejsca stania stacji. W tym wypadku wchodzą w rachubę kąty zakrycia tworzone przez rozbudowę inżynieryjną i inną zabudowę oraz sprzęt radiolokacyjny rozmieszczony na powierzchni terenu. Dopuszczalna odległość występowania przedmiotów miejscowych /nierówności terenu/ jest ograniczona początkiem pierwszej strefy Fresnela /patrz wzór 2.61/. Nie zastosowanie się do tego wymogu prowadzi do zniekształcenia kierunkowej charakterystyki promieniowania, co w konsekwencji powoduje straty w zasięgu wykrywania RLS na małych wysokościach.

Jeżeli chodzi o sztuczne nasypy, estakady, itp. to w literaturze wojskowej można spotkać, że za optymalne nasypy uważa się te, których wysokość mieści się w granicach od 4 do 8 m. Przy czym nie uzasadnia się powyższych twierdzeń. Takie potraktowanie problemu budzi określone wątpliwości, ponieważ z drugiej strony podaje się także, że RLS zakresu centymetrowego najlepiej jest rozmieszczać na panujących wzgórzach, a więc ponad przeszkodami terenowymi.

Aby wyjaśnić powstałe wątpliwości rozpatrzmy dwa przykłady :

- pierwszy : wysokość bezwzględna przeszkody terenowej wynosi 12 m /wysokopienny gęsty las, występujący od miejsca stania RLS na odległościach : 500, 1000, 3000, 5000 i 10 000 m/ ;

- drugi : wysokość bezwzględna przeszkody terenowej wynosi 50 m /wzgórze występujące od miejsca stania RLS na odległościach : 500, 1000, 3000, 5000 i 10 000 m/.

Wysokość nasypów dla obu wypadków wynosi : 2 , 4 , 8 , i 20 m.

Do obliczeń zastosowano wzór :

$$\alpha' = \frac{3440 \cdot h_{wp}}{D} \qquad /2.93./$$

Otrzymane wyniki oraz ich ilustrację przedstawiają tabela 30 oraz rysunki 73 i 74. Wynika z nich jednoznacznie, iż :

- nasypy o wysokości 4-8 m nie są optymalnymi, ponieważ niwelują tylko kąty zakrycia powstałe od przedmiotów miejscowych, których wysokość nie przekracza 12 m ;
- za optymalne nasypy należy uważać takie, których wysokość /wraz z wysokością anteny/ jest równa lub większa od wysokości przedmiotu miejscowego.

W podsumowaniu rozpatrywanego problemu można stwierdzić :

- wybór właściwych pozycji dla poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych, przeznaczonych do realizacji zadań w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących, ma najważniejsze znaczenie w całokształcie zabiegów stosowanych w wojskach radiotechnicznych. Przy czym szczególnie należy przestrzegać aby :
  - wybrane pozycje odpowiadały warunkom zestawionym w tabeli 29 ;
  - wysokość sztucznych nasypów i estakad oraz innych urządzeń technicznych była równa lub większa od wysokości przedmiotów miejscowych-tworzących dodatnie kąty zakrycia;

Tabela 30

Zestawienie danych wyjściowych oraz wyników obliczeń charakteryzujących problem niwelacji kątów zakrycia poprzez budowę sztucznych nasypów. x/

h_{bp} [m]	h_a [m]	h_t [m]	h_n [m]	$h_{bRLS}=h_t+h_n+h_a$ [m]	$h_{wp}=h_{bp}-h_{bRLS}$ [m]	$3440 \cdot h_{wp}$	α' – w zależności od odległości występowania przeszkody terenowej od RLS				
							500 m	1000 m	3000 m	5000 m	10000 m
12	2	2	2	6	6	20640	41,3'	20,6'	6,9'	4,1'	2,1'
			4	8	4	13760	27,5'	13,8'	4,6'	2,8'	1,4'
			6	10	2	6880	13,8'	6,9'	2,3'	1,4'	0,7'
			8	12	0	0					
50	2	2	2	6	44	151360	302,7'	151,4'	50,5'	30,3'	15,1'
			6	10	40	137600	275,2'	138'	46'	27,5'	13,8'
			8	12	38	130720	261,4'	130,7'	43,6'	26,1'	13'
			20	24	26	89440	179'	89,4'	30'	18'	9'

x/ Tabelę autor zestawił na podstawie założonych danych wyjściowych oraz obliczeń wykonanych wg. wzoru /2.93/.

$$\alpha = \frac{3440 \cdot h_{wp}}{D}$$

gdzie : α – kąt zakrycia centrum elektrycznego anteny w minutach ;

3440 – współczynnik przeliczający radiany w minuty ;

h_{wp} – wysokość względna przeszkody terenowej, w stosunku do wysokości centrum elektrycznego anteny ;

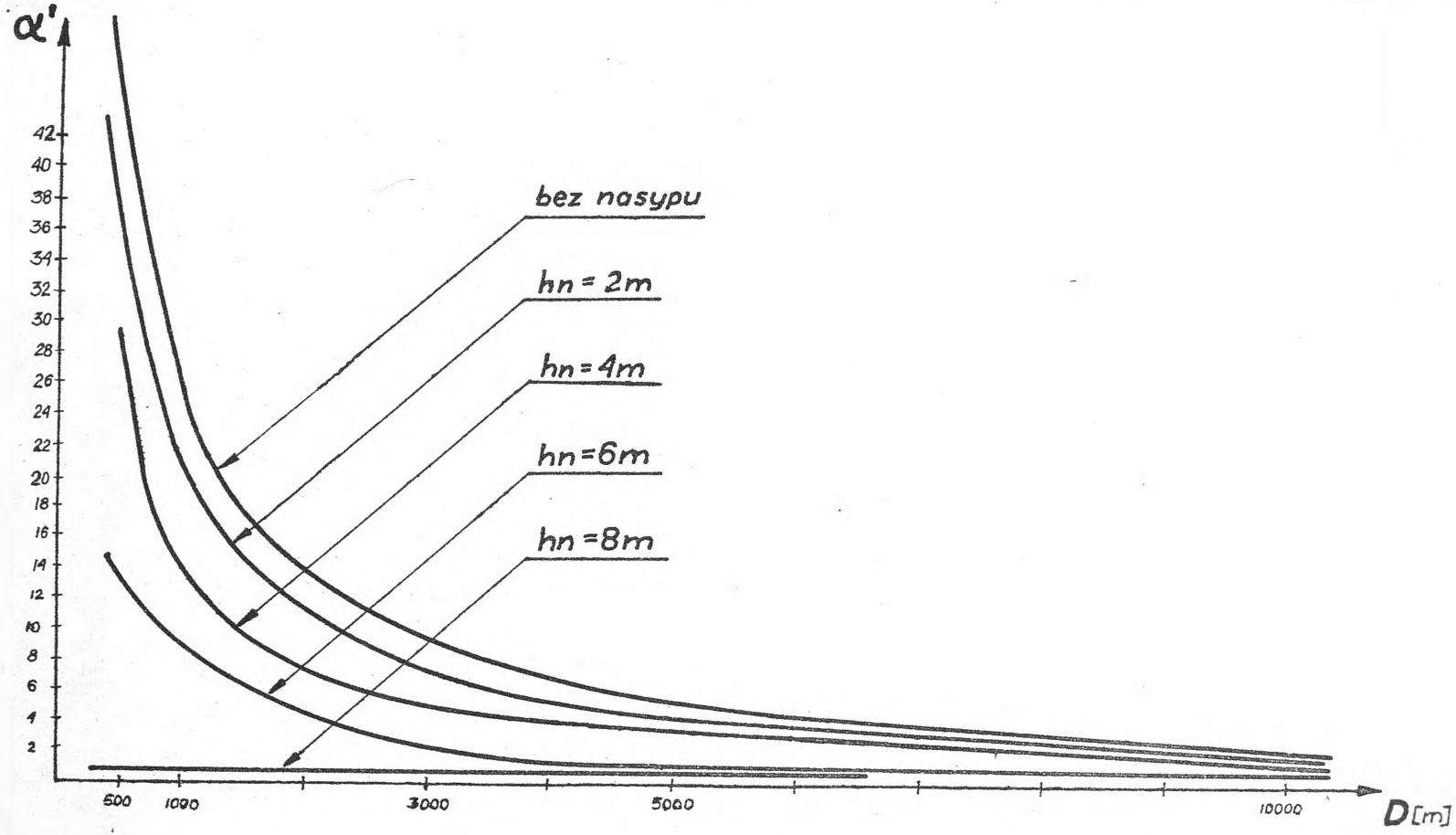
h_{bp} – wysokość bezwzględna przeszkody terenowej /przedmiotu miejscowego/;

h_{RLS} – wysokość bezwzględna centrum elektrycznego anteny RLS;

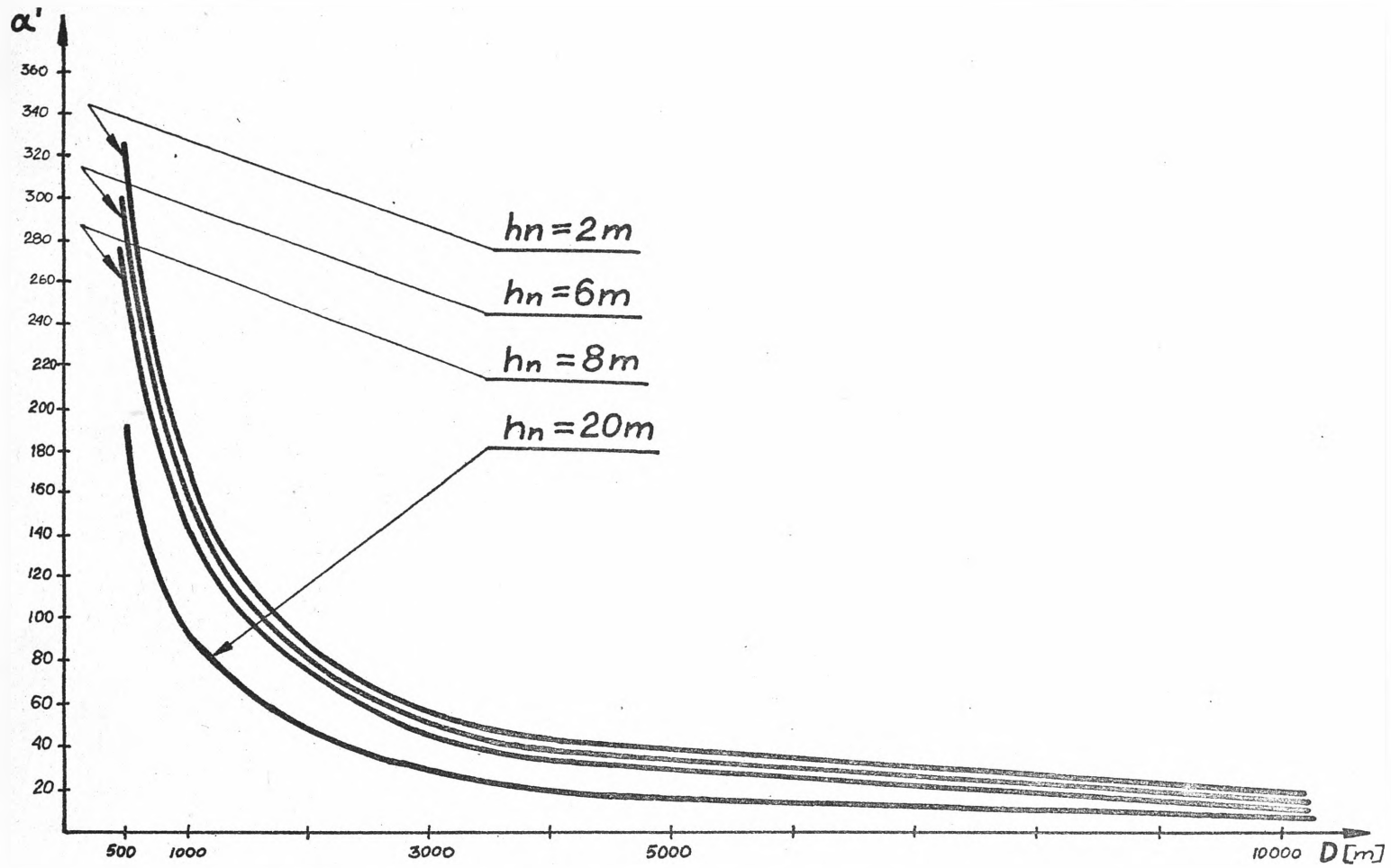
h_t – wysokość bezwzględna terenu w miejscu stania RLS;

h_n wysokość nasypu, na którym jest ustawiona RLS;

h_a – wysokość centrum elektrycznego statowej anteny RLS.



Rys. 73. Krzywe charakteryzujące niwelację kątów zakrycia powstałych od przeszkody terenowej o h_{bp} = 12 m /występującej na różnych odległościach od RLS/, przy różnych wartościach wysokości nasypów.



Rys. 74. Krzywe charakteryzujące niwelację kątów zakrycia powstałych od przeszkody terenowej o h_{bp} = 50 m /występującej na różnych odległościach od RLS/, przy różnych wartościach wysokości nasypów.

- wysokość sztucznych nasypów i estakad oraz innych urządzeń technicznych nie tylko niwelowała kąty zakrycia, lecz także umożliwiała /zabezpieczała/ wykonanie manewru układem antenowym RLS w stronę ujemnych kątów zakrycia ;
- nie obniżać potencjalnych możliwości sprzętu radiolokacyjnego w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących przez nieprzemyślane działanie .

2.3.2. Ugrupowanie wojsk radiotechnicznych OPK do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

Ugrupowanie wojsk radiotechnicznych powinno odpowiadać zamiarowi prowadzenia obrony powietrznej kraju oraz zabezpieczać wykrywanie i śledzenie środków napadu powietrznego nieprzyjaciela w dowolnym wariancie jego działań.

Ugrupowanie wojsk radiotechnicznych OPK tworzą ugrupowania brygad radiotechnicznych, które są częścią składową korpusów OPK. Ugrupowanie każdej brygady radiotechnicznej składa się z ugrupowania batalionów radiotechnicznych, stanowisk dowodzenia, pozornych RLP oraz odwodu. Bataliony radiotechniczne obejmują także ugrupowania kompanii radiotechnicznych.

Ugrupowanie batalionu radiotechnicznego oraz kompanii radiotechnicznej składa się z szeregu elementów, np.: stanowisk rozwinięcia stacji radiolokacyjnych, stanowiska dowodzenia, posterunku obserwacji wzrokowej, stanowiska środków ciągu, centrum nadawczego, centrum odbiorczego itd.

Podstawowym jednak elementem ugrupowania wojsk radiotechnicznych są posterunki radiolokacyjne /RLP/.

Ze względu na wykonywane funkcje rozróżniamy dwa rodzaje posterunków, a mianowicie :

- posterunek radiolokacyjny organizowany siłami i środkami miejscowej kompanii radiolokacji batalionu radiotechnicznego, który bierze udział w tworzeniu pola radiolokacyjnego zarówno pierwszej, jak i drugiej warstwy ;
- posterunek radiolokacyjny organizowany siłami i środkami kompanii radiotechnicznej, który bierze udział w tworzeniu tylko pierwszej warstwy pola radiolokacyjnego /posterunek ten nazywany jest także "posterunkiem małych wysokości"/.

Z zasady każdy z wyżej wymienionych pododdziałów posiadanymi środkami radiolokacyjnymi, organizuje tylko jeden posterunek radiolokacyjny. Jednak nie należy tego generalizować, ponieważ już obecnie w praktycznych działaniach wojsk radiotechnicznych niektóre pododdziały wydzielają część swych sił i środków w celu zorganizowania dodatkowych wysuniętych posterunków radiolokacyjnych. Powyższe posterunki posiadają różny skład oraz różne nazwy, a mianowicie :

- wysunięty posterunek radiolokacyjny do poprawy pola radiolokacyjnego na małych wysokościach ;
- wysunięty posterunek radiolokacyjny do zabezpieczenia naprowadzania LM na cele powietrzne ;
- wysunięty posterunek radiolokacyjny do zabezpieczenia działań artylerii rakietowej itp.

Osobiście uważam, że do obowiązującej struktury organizacyjnej WRT OPK należy wprowadzić pluton radiotechniczny, względnie radiolokacyjny. Proponowany skład i wyposażenie plutonu oraz podział kompanii radiotechnicznej /kompanii radiolokacji/ na plutony - patrz załącznik Nr 14.

Powyższa korekta organizacyjna pozwoli ujednolicić pojęcia związane z wysuniętym posterunkiem radiolokacyjnym. Po prostu siły i środki plutonów radiotechnicznych byłyby podstawą do organizowania wysuniętych posterunków radiolokacyjnych.

Zgodnie z aktualnymi poglądami i zasadami obrony powietrznej ugrupowanie WRT OPK, powinno zapewniać :

- maksymalne wykorzystanie możliwości środków radiolokacyjnych /szczególnie na małych wysokościach/ oraz możliwości bojowych każdego pododdziału radiotechnicznego, związków taktycznych WRT i wojsk radiotechnicznych w całości ;
- wykrywanie, rozpoznanie i śledzenie nieprzyjaciela powietrznego w dowolnym wariancie jego działań ;
- trwałe i należyte zabezpieczenie działań bojowych wojsk OPK na wszystkich szczeblach dowodzenia /operacyjnym, operacyjno-taktycznym, taktycznym i taktyczno-ogniowym/;
- dogodne, niezawodne i ciągłe dowodzenie siłami i środkami WRT/ w zależności od szczebla dowodzenia/ ;
- wyeliminowanie wzajemnych zakłóceń w pracy środków radiolokacyjnych ;
- dogodne i niezawodne współdziałanie, tak wewnętrzne jak i zewnętrzne ;
- dużą żywotność i wysoką odporność na oddziaływanie środków rażenia nieprzyjaciela powietrznego.

Wszystko to powoduje, że nawet najlepsze chwilowo ugrupowanie WRT OPK nie może stanowić ostatecznego rozwiązania i być aktualne na dłuższy okres czasu. Dlatego też nie należy wykluczać możliwości zmiany ugrupowania lub jego doskonalenia.

Jeżeli chodzi o tworzenie ugrupowania zapewniającego wykrywanie i śledzenie środków napadu powietrznego nieprzyjaciela, działających na małych wysokościach, to nie może się ono ograniczać do określonego rejonu kraju.

Z drugiej strony ze względu na ograniczone możliwości ekonomiczne kraju, warunki terenowe oraz osiągi sprzętu radiolokacyjnego w zakresie odległości wykrywania, nie ma praktycznie rzecz biorąc możliwości stworzenia na całym terytorium kraju takiego ugrupowania /o takim nasyceniu sprzętem radiolokacyjnym/, które zapewniałoby stworzenie pola radiolokacyjnego zdolnego do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych od wysokości dolnej granicy, np. 50 m.

Wyjściem z powyższej sytuacji jest więc znalezienie określonego kompromisu. Rozpatrzmy więc ten problem nieco szerzej.

Obszar Polski z północy ujęty jest przez Bałtyk, a na południu przez dwa pasma gór KARPATY i SUDETY - tworząc jakby jego naturalne ramy.

Wybrzeże Bałtyku tworzy granicę Polski na przestrzeni około 500 km. Morze stanowi otwartą granicę kraju i stwarza dla naszych potencjalnych przeciwników dogodne warunki do prowadzenia zaczepnych operacji powietrznych, ponieważ :

- umożliwia wykonanie nalotu na nasz kraj z małych wysokości i daje możliwość uzyskania przeciwnikowi zaskoczenia ;
- środki napadu powietrznego nieprzyjaciela mogą wykonywać loty na minimalnych wysokościach rzędu 20 - 50 m;
- zabezpiecza skrytość wysadzania desantów morskich i grup dywersyjnych na obszar północnej Polski.

Zaczynając od wybrzeża mamy do czynienia z pasem nizin nadmorskich i pobrzeży wzniesionych ponad poziom morza od 0 do 50 m.

Wybrzeże na swej całej długości jest przeważnie piaszczyste, a linia brzegowa wyrównana i tylko w pobliżu Wisły i Odry posiada wyraźne wcięcia. Szerekość pasma wybrzeża waha się w granicach od kilkudziesięciu metrów do kilku kilometrów. Można wyróżnić wybrzeże niskie, wydmowe i klifowe. Odcinki wybrzeża klifowego występują w rejonach Kępy Orłowskiej, Oksywskiej, Puckiej i Swarzewskiej oraz w rejonach : Koszalina, Kołobrzegu i na wyspie Wolin. Pas nizin nadmorskich w zasadzie jest terenem równinnym, jednak istnieje tu szereg wzgórz o znacznej wysokości, np.: wzgórza na wyspie Wolin dochodzą do 115 m oraz na południowy wschód od Szczecina do 135 m, natomiast przeciętna wysokość całego pasa nizin wynosi około 50 m.

Środkową Polskę od Bałtyku oddziela kraina pojezierzy, która niemal równolegle przylega do pasa nizin nadmorskich. Pas pojezierzy przebiega w odległości 65-75 km od wybrzeża morskiego, jego wzniesienia nad poziom morza wynoszą od 100 do 300 m. W niektórych tylko miejscach występują wzniesienia przekraczające wysokość 300 m. Tereny te nie są jednorodne, ponieważ przecinają je głębokie doliny Odry i Wisły oraz występują tu liczne jeziora. Przełomy rzeczne dzielą pas pojezierzy na dwa poszczególne pojezierza, a mianowicie : pojezierze Pomorskie i Pojezierze Mazurskie. Największe wzniesienia znajdują się na wschodzie, natomiast w kierunku zachodnim /w kierunku Odry/ maleją. Niektóre z tych wzniesień wynoszą : Góra Dylewska pod Ostródą 312 m, Góra Szeska pod Gołdapią 309 m, Wierzyca 331 m, Góra Siemiszycka 256 m, Góry Szybskie 238 m oraz Szwajcaria Połczyńska 222 m.

Wzgórza pasma pojezierzy tworzą kształt długich wałów z uwydatniającymi się miejscami ostrych kopuł i stożków. Różnice wysokości względnych są duże i przekraczają często 100 m.

Wywołuje to wrażenie terenu górskiego. Zbocza są na ogół strome i asymetryczne. Różnice wysokości na przestrzeni jednego kilometra wahają się w granicach 30-50 m, natomiast kąty nachylenia zboczy wzgórz wynoszą 10-20°, a nawet niekiedy przekraczają 30°.

Tak więc wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ powietrznych niskolecących w tym terenie jest w poważnym stopniu utrudnione z powodu możliwego wykorzystania ograniczonej ilości typów stacji radiolokacyjnych, z uwagi na zbyt duże nierówności terenu, który powoduje duże kąty zakrycia i powstawanie obszarów tzw. cienia radiolokacyjnego. Ponadto nakładają się tu dodatkowe utrudnienia z powodu występowania dużych masywów leśnych, które mogą stwarzać dodatkowe kąty zakrycia dla stacji radiolokacyjnych i wytłumiać emitowaną energię.

W związku z powyższym środki napadu powietrznego nieprzyjaciela mają możliwość skrytego podejścia od strony morza na małych wysokościach w głąb kraju. Jednak w rejonach gdzie występują wzniesienia samoloty przeciwnika muszą zmieniać profil lotu i wchodzić na wyższy nieco pułap.

Na południe od pasma wzgórz pojezierzy rozciąga się mniej pagórkowaty teren, o charakterze raczej równinnym oraz stosunkowo mało zalesiony, który stopniowo przechodzi w pas nizin środkowych. Występujące tu nieliczne odosobnione wzgórza nie przekraczają wysokości 200 m ponad poziom morza. Teren ten stwarza dogodne warunki dla lotu samolotów na małych wysokościach, lecz także stwarza dogodne warunki dla ich wykrywania i śledzenia za ich lotem w głąb kraju.

Środek Polski zajmuje równoleżnikowo położony pas nizin środkowych, który składa się z Niziny Mazowiecko-Podlaskiej oraz Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej. Występujące tu wzniesienia sięgają od 50 do 150 m ponad poziom morza.

W poszczególnych okolicach można spotkać obszary o wysokościach przekraczających nawet 200 m ponad poziom morza, są to jednak sporadyczne wypadki. Niskie położenie i niezwykle płaska powierzchnia pasa nizin środkowych stwarza dogodne warunki zarówno dla możliwego wykonania nalotu z małych wysokości na obiekty położone w tych obszarach, jak również stwarza dogodne warunki dla pracy sprzętu radiolokacyjnego wszystkich zakresów częstotliwości i zorganizowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach o wymaganych parametrach.

Czwarty z kolei pas to wyżyny, które wykazują nader różnorodną rzeźbę i strukturę. Człon zachodni tego pasa składa się ze zrębu Sudetów, którego poszczególne pasma podzielone są kotlinami. Wyniesienia w pasmach w wielu miejscach przekraczają wysokość 1000 m nad poziom morza, a w szczycie Śnieżki nawet 1600 m.

Od północnego wschodu Sudetom towarzyszy tz. przedgórze Sudeckie, które jest odcięte od gór głębokim uskokiem brzeźnym. Powierzchnia przedgórza leży na wysokości od 200 do 300 m nad poziomem morza, urozmaicają ją wyniesienia dochodzące nawet do 719 m /góra Ślęza/. Równolegle do Sudetów i przedgórza rozciąga się dolina rz.Odry, rejon ten nosi nazwę "KOTLINY ŚLĄSKIEJ" i stanowi płaską równinę - położoną w poziomie około 100 m nad poziom morza.

Od północy kotlinę ogranicza pasmo Wzgórz Trzebickich dochodzących do wysokości 260 m nad poziom morza.
Dalej ku południo-wschodowi rozciąga się "Wyżyna Śląska" charakteryzująca się asymetrycznymi grzędami, które porozdzielane są dolinami. Wzniesienia na wyżynie osiągają 250 - 350 m nad poziom morza.

Wyżyna Śląska po swej wschodniej stronie łączy się z Wyżyną Małopolską, w której wyróżniają się dwie strefy, a mianowicie : Wyżyna Krakowsko-Częstochowska i Wyżyna Kielecko-Sando-

-mierska. Obie wymienione wyżyny rozdziela Niecka Nidziańska, która wyniesiona jest średnio ponad 300 m nad poziom morza, ale w porównaniu z obszarami sąsiednimi tworzy teren obniżony.

Wyżyna Krakowsko-Częstochowska jest to wysoka mało pocięta płyta o średniej wysokości około 340 m nad poziom morza i tylko na zachód w stronę Wyżyny Śląskiej spada stromą krawędzią. W niektórych tylko punktach wyniesienia na wyżynie przekraczają wysokość 500 m /Góra Zamkowa/.

Wyżyna Kielecko-Sandomierska, w obszarze Gór Świętokrzyskich, wynosi się w kilku miejscach ponad 500 m nad poziom morza, a punkt kulminacyjny w szczycie Łysicy osiąga nawet 611m. Średnia wysokość wyżyny Kilecko-Sandomierskiej wynosi około 270 m nad poziom morza /w obszarze Gór Świętokrzyskich około 290 m/.

Na wschód od Wisły rozciąga się Wyżyna Lubelska. W przeciwieństwie do wyżyn znajdujących się po lewej stronie Wisły mamy tu do czynienia z układem warstw mało zaburzonym i prawie równinnym. Wyżyna Lubelska wynosi się tylko nad poziom morza od 200 do 300 m. Z Wyżyną Lubelską łączy się Roztocze, które ma większe wyniosłości i w rejonie Tomaszowa Lubelskiego osiąga około 390 m nad poziom morza.

Na południe od wyżyn rozciąga się pas kotlin podkarpackich, który wyniesiony jest średnio nad poziom morza od 150 do 250 m. Największa Kotlina Sandomierska leży w widłach między Sanem i Wisłą. Do niej przylega mniejsza Kotlina Oświęcimska oddzielona od poprzedniej tz.Bramą Krakowską. Ta ostatnia łączy się z doliną rz.Odry i Bramą Morawską.

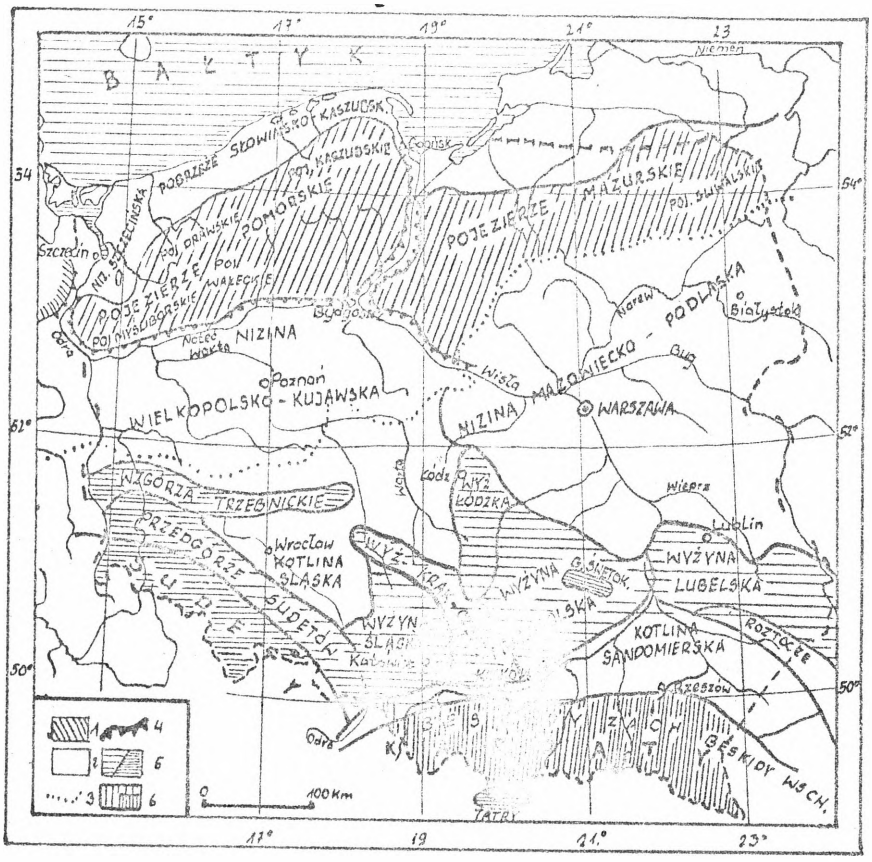
Brama Morawska rozdziela Karpaty od Sudetów obniżeniem terenu o szerokości około 33 km. Wyniesienie terenu w całej szerokości bramy wynosi około 200-250 m nad poziom morza,jest to dogodne przejście z obszarów naddunajskich /szczególnie Austrii/ na terytorium Polski- zarówno lądowe jak i powietrzne.

Zachodnią rubież graniczną Polski stanowi tz.Brama Łużycko-Szczecińska, leżąca pomiędzy północnymi Sudetami i ujściem Odry. W rejonie tym Niż Środkowo-Europejski zwęża się do 250 km, natomiast odległość pomiędzy polskimi Karpatami i Bałtykiem wynosi 450 - 500 km. Brama Łużycko-Szczecińska /niemal na całej swej szerokości/ łączy pas nizin środkowych Polski z niżem niemieckim. W związku z tym istnieją tu dogodne warunki dla nalotu środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na małych wysokościach po trasach wychodzących z rejonów ich bazowania /szczególnie 2 PTSP/ w głąb terytorium Polski.

Z przedstawionej charakterystyki wynika, że Polska jest krajem wybitnie nizinnym. Obszary górskie ponad 500 m nad poziom morza zajmują niespełna 0,3%, w tym ponad 1000 m tylko 0,1%. W przeciwieństwie do powyższego, obszarów leżących poniżej 300 m nad poziomem morza mamy w kraju aż 91,5%. Osobliwą cechą ukształtowania powierzchni Polski jest to, że składa się ona z szeregu pasów kolejno niższych i wyższych, biegnących na ogół z zachodu na wschód i rozszerzających się wachlarzowo ku wschodowi - patrz rys.75.

Na obszarze Polski widzimy ogromną przewagę nizin lub mało wzniesionych wyżyn. Jednak o urzeźbieniu terenu decyduje nie samo wzniesienie nad poziom morza, lecz urozmaicenie drobniejszych form jego powierzchni.

Charakterystyczne dla potrzeb wykonywania lotów na małych wysokościach oraz potrzeb radiolokacji są występujące różnice wzniesień - czyli deniwelacje /wysokości względne/. Według tego kryterium, za obszary górzyste uważa się te tereny, w których wysokości względne przekraczają 200 m. Na obszarze Polski mamy rejony, w których deniwelacje zbliżają się do tej cyfry, a miejscami osiągają ją oraz przekraczają.



1 - pas pojezierzy ;

2 - niziny i kotliny ;

3 - południowa granica występowania jezior rynnowych ;

4 - południowa krawędź wysoczyzn pojezierzy ;

5 - pas starych gór i wyżyn /góry-kreskowanie bardziej gęste/ ;

6 - pas młodych gór fałdowych /góry wysokie - kreskowanie bardziej gęste/.

Rys. 75. Ukształtowanie powierzchni terytorium Polski.

Najbardziej równe horyzonty spotykamy w pasie nizin nadmorskich i środkowych, deniwelacje miejscami nie przekraczają tu 10 m, ale w wielu miejscach dochodzą nawet do 50 m i więcej. Podobnie jest także na obszarze kotlin podkarpackich.

Znacznie większe różnice wysokości spotykamy na pojezierzach, deniwelacje 150 m są tu zjawiskiem często spotykanym. Tłumaczy się to nie tyle bezwzględną wysokością tych obszarów, ile bardziej ożywioną działalnością erozyjną wód - szczególnie rzek, ich przełomy stwarzają duże deniwelacje.

Wyżyny południowe na ogół mają deniwelacje tego samego rzędu, choć wzniesione nad poziom morza są wyżej.

Zgoła inaczej przedstawiają się Karpaty i Sudety. Na samym ich brzegu spotykamy deniwelacje 200m, które w głębi gór narastają do 500 m i więcej. Wysokości bezwzględne w Karpatach Zachodnich przekraczają często 1000m i dochodzą nawet do 2000m, to jednak należy pamiętać, że i dna dolin podnoszą się. W obszarze Tatr wysokości względne wahają się w granicach od 600 do 2000 m, linia grzbietów jest nadzwyczaj ostra, pozębiona, szczyty wznoszą się 500m i więcej ponad sąsiednie przełęcze i spadają przepadzisto na obydwie strony. Natomiast linia grzbietów karpackich odznacza się wielką łagodnością form, niemniej jednak i tu jest nie brak stromych urwisk. Sudety także posiadają linię grzbietów łagodną, z wyjątkiem góry Śnieżki. W Sudetach w większości wypadków wierzchołki gór posiadają równą powierzchnię.

Z przeprowadzonej analizy ukształtowania terytorium Polski wynika, że z terenem urozmaiconym mamy do czynienia w pasie pojezierzy i wyżyn południowych oraz w obszarze gór. W wymienionych obszarach istnieją ograniczone możliwości w zakresie zorganizowania wymaganego pola radiolokacyjnego na małych wysokościach. Oprócz tego występujące tu częste deniwelacje terenu stwarzają dla stacji radiolokacyjnych kąty zakrycia o wiele

większe od dopuszczalnych. Natomiast dla środków napadu powietrznego nieprzyjaciela teren taki może stwarzać dogodne warunki dla maskowania w czasie nalotów.

Na obszarze Polski można wyodrębnić pewne rejony i rubieże, gdzie prawdopodobieństwo działania SNP nieprzyjaciela na małych wysokościach /rzędu 50 - 200 m/ jest szczególnie wysokie. Właśnie w tych rejonach i na tych rubieżach wojska radiotechniczne powinny tworzyć ugrupowanie o takim nasyceniu i z użyciem takiego sprzętu radiolokacyjnego, które by zapewniało stworzenie pola radiolokacyjnego o wymaganych parametrach oraz zapewniającego wykrywanie i śledzenie środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na minimalnych wysokościach lotu .

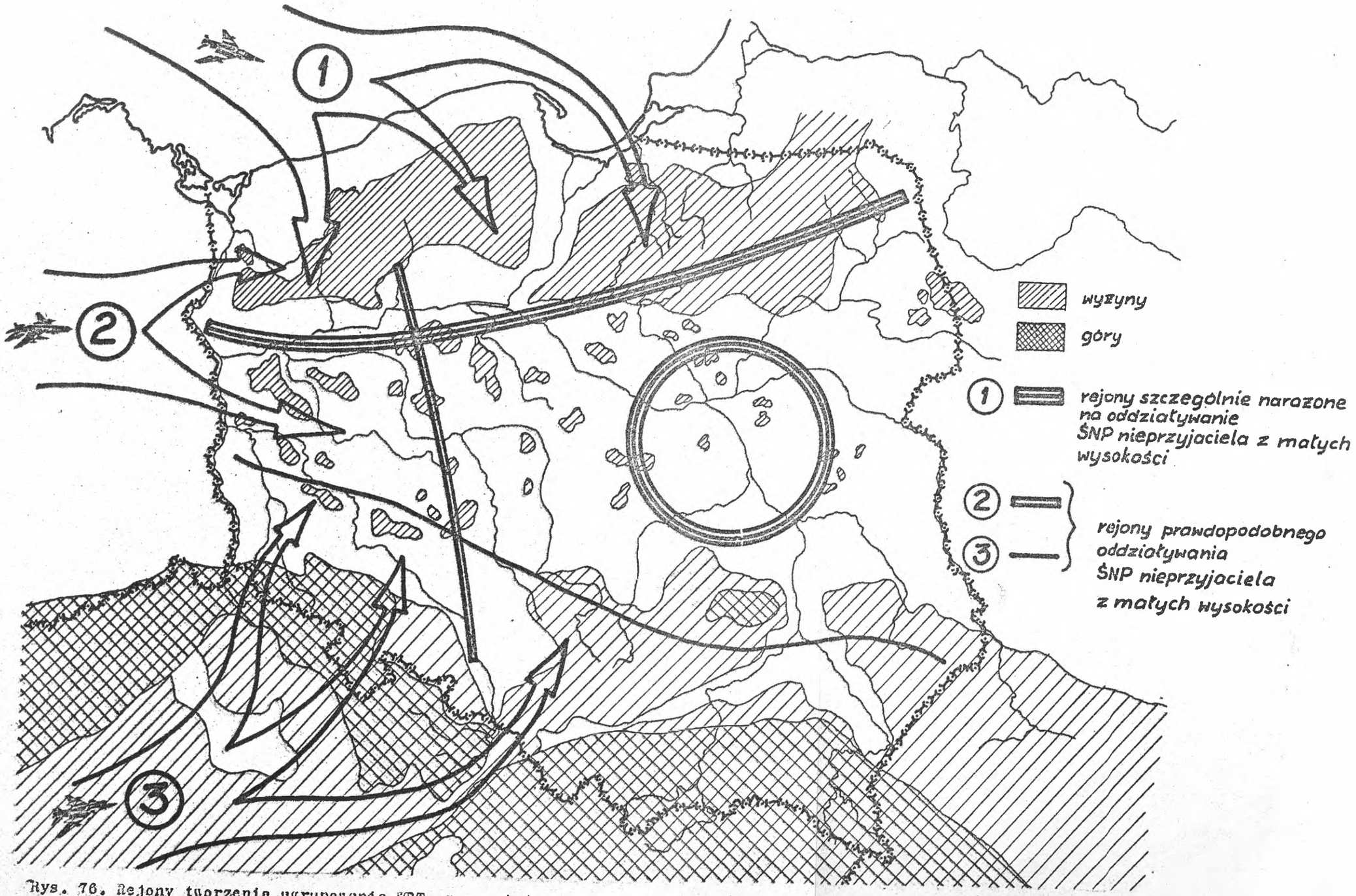
Dlatego, zdaniem autora, ugrupowanie WRT OPK zapewniające wytworzenie wymaganego pola radiolokacyjnego na małych wysokościach powinno być zastosowane :

- wzdłuż rubieży wejścia SNP przeciwnika w system obrony powietrznej kraju, szczególnie wzdłuż wybrzeża morskiego i zachodniej granicy oraz w niektórych rejonach granicy południowej ;

- w granicach potencjalnego promienia działania lotnictwa przeciwnika, szczególnie lotnictwa taktycznego i pokładowego na małych wysokościach ;

- w rejonach i na podejściach do bardzo ważnych obiektów, które mogą być atakowane z małych wysokości.

Wskazane rejony ugrupowania WRT OPK ilustruje rys.76.



Rys. 76. Rejony tworzenia ugrupowania WRT, zapewniającego stworzenie pola radiolokacyjnego na małych wysokościach.

Oczywiście rozciągłość, struktura i zakres wysokości pola radiolokacyjnego zależy głównie od ugrupowania wojsk radiotechnicznych, ich składu bojowego, ilości pododdziałów radiotechnicznych, a szczególnie od charakterystyk taktyczno-technicznych RLS, jak również od warunków terenowych i właściwości wybranych pozycji dla posterunków radiolokacyjnych[x].

Pole radiolokacyjne w swej strukturze nie jest jednorodne, składa się ono bowiem z pola lokacji aktywnej, z pola lokacji pasywnej, z pola rozpoznania przynależności oraz z pola zapytania i odpowiedzi aktywnej. W wymienionej strukturze podstawę stanowi pole lokacji aktywnej, ponieważ w obszarze tego pola określone są podstawowe dane o locie obiektów powietrznych przez pracujące stacje radiolokacyjne.

Konieczność zdobywania informacji o locie SNP nieprzyjaciela w warunkach zakłóceń radiolokacyjnych doprowadziła do opracowania i zastosowania /obok metod lokacji aktywnej/ określonych metod lokacji pasywnej, które polegają na wykorzystaniu sygnału zakłócającego do określenia współrzędnych obiektu /celu/ powietrznego stosującego zakłócenia. Obecnie w praktyce mają zastosowanie dwie metody lokacji pasywnej : trangulacyjna i bazowo-korelacyjna, realizowana na bazie małych i dużych trójek /zał.15/

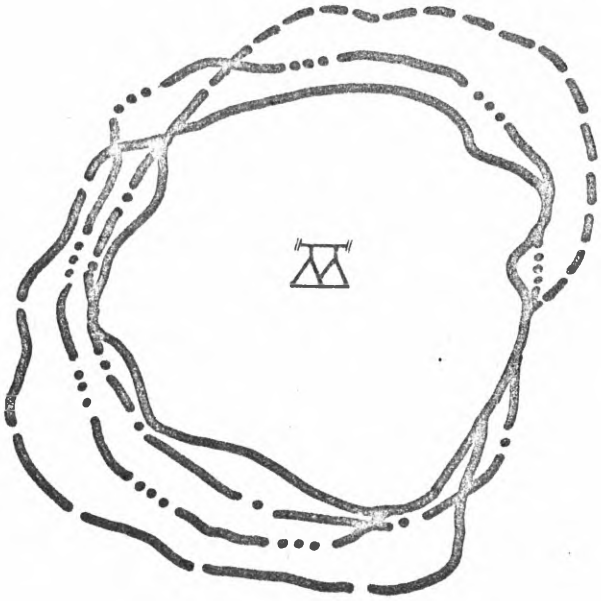
Po uwzględnieniu systemu rozpoznania /KREMNIJ/ oraz systemu odpowiedzi aktywnej, mamy do czynienia z wielofunkcyjnym polem radiolokacyjnym, wytworzonym przez środki radiotechniczne o różnorodnym przeznaczeniu oraz pracujące na różnych zasadach i częstotliwościach. Tak wytworzone pole radiolokacyjne zapewnia wystarczające trwałe zdobywanie informacji o sytuacji powietrznej.

---

x - "Polem radiolokacyjnym nazywamy przestrzeń powietrzną, w której środki radiolokacyjne /wojsk radiotechnicznych/ zapewniają wykrycie i śledzenie obiektów /celów/ powietrznych z prawdopodobieństwem nie mniejszym jak $P_w=0,5$ oraz zapewniają określenie charakterystyk taktycznych SNP nieprzyjaciela".

Elementarne ogniwo takiego pola tworzone jest przy użyciu środków radiolokacyjnych jednego pododdziału radiotechnicznego, w granicach którego powinno być zapewnione uzyskanie pełnej informacji o sytuacji powietrznej. Powyższe ogniwo elementarnego pola nosi nazwę strefy pełnej informacji pododdziału radiotechnicznego.

Strefa pełnej informacji wynika z wymiarów i konfiguracji stref widzialności środków radiolokacyjnych pododdziału radiotechnicznego /rys.77/. Rozmiary i kształt tych stref zależą od rzeźby terenu wokół stania stacji radiolokacyjnych, wartości powierzchni odbicia obiektu /celu/ powietrznego, a także od intensywności oddziaływania zakłóceń radiolokacyjnych - w wypadku zastosowania ich przez nieprzyjaciela powietrznego.



——— strefa pełnej informacji krt

—·—·— strefa pomiaru wysokości

— — — strefa wykrywania /widzialności/ odległościomierza

— — strefa rozpoznania przynależności

—··— strefa aktywnej odpowiedzi

Rys.77. Struktura budowy strefy pełnej informacji kompanii radiotechnicznej.

Wzajemne stykanie lub przekrywanie się stref pełnej informacji pododdziałów radiotechnicznych, przyjętego ugrupowania wojsk radiotechnicznych, zapewnia stworzenie ciągłego pola radiolokacyjnego o określonych parametrach.

Do parametrów pola radiolokacyjnego należą :

- wysokość dolnej granicy pola ;
- wysokość górnej granicy pola ;
- współczynnik przekrycia stref pełnej informacji pododdziałów radiotechnicznych ;
- prawdopodobieństwo wykrywania obiektów /celów/ powietrznych ;
- odporność pola radiolokacyjnego od zakłóceń radiolokacyjnych .

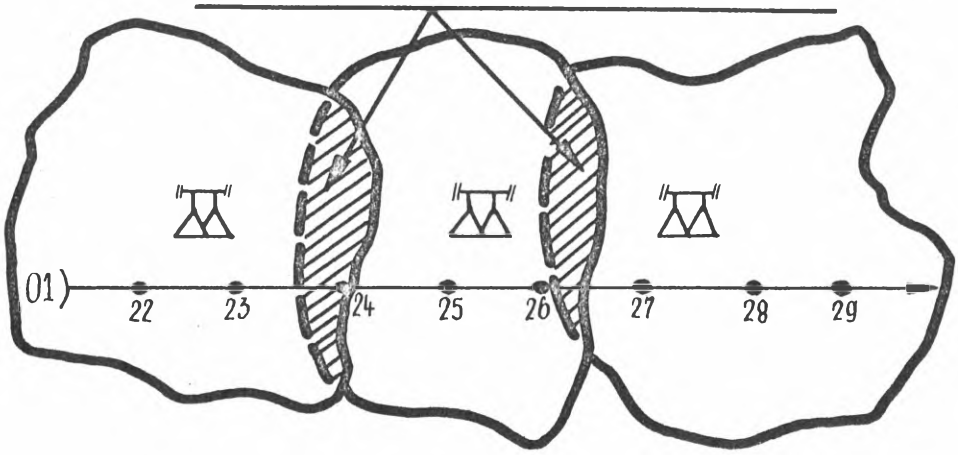
Powyższe parametry służą do oceny możliwości bojowych istniejących ugrupowań WRT, jak również mają zastosowanie w różnych obliczeniach i kalkulacjach operacyjno-taktycznych przy tworzeniu nowych ugrupowań.

Z punktu widzenia rozpatrywanych problemów w niniejszej rozprawie, nas interesuje szczególnie parametr określający dolną granicę pola radiolokacyjnego, którego definicja brzmi :

"Wysokością dolnej granicy ciągłego pola radiolokacyjnego nazywa się wysokość minimalną /liczoną od powierzchni rzeźby terenu, na której zapewnia się wykrycie, rozpoznanie i ciągłe śledzenie obiektów /celów/ powietrznych, przynajmniej przez jeden pododdział przyjętego ugrupowania /w każdej chwili/ na trasie ich lotu".

A zatem istnienie ciągłej dolnej granicy pola radiolokacyjnego na małych wysokościach można uznać za fakt, jeżeli obiekt /cel/ powietrzny na swej trasie lotu będzie wykrywany, rozpoznany i śledzony przez kolejne pojedyncze posterunki radiolokacyjne /rys.78/.

Minimalne przekrywanie się stref wykrywania sąsiednich krt, zabezpieczające wytworzenie ciągłego pola radiolokacyjnego na złożonej dolnej granicy.



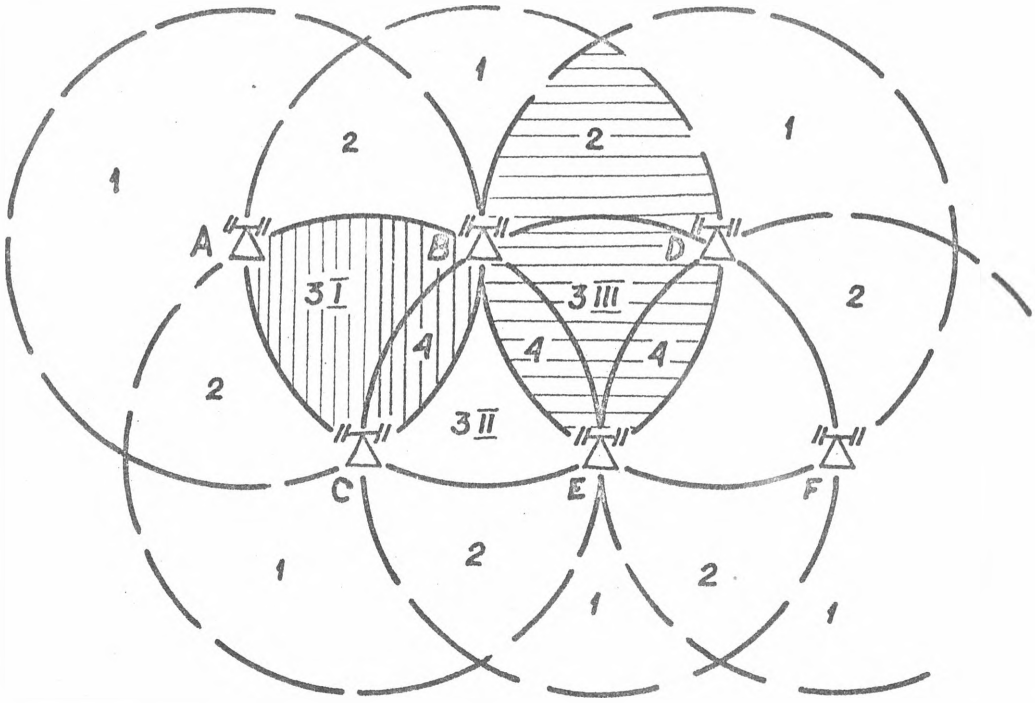
Rys.78. Wariant struktury ciągłej dolnej granicy pola radiolokacyjnego.

Popatrzmy jak wygląda ten problem z punktu widzenia rozpoznania obiektów powietrznych.

Z ustaleń podrozdziału 2.1.5. wynika, że wiarygodną informację o przynależności obiektu powietrznego /czy jest celem czy samolotem własnym/ można wydać z prawdopodobieństwem 80%, jeżeli informacja w tym zakresie jest zgodna co najmniej z dwch-trzech źródeł. Ustalenia powyższe wynikają z doświadczeń ostatnich wojen lokalnych, a szczegulnie wojny wietnamskiej. Ponadto, ustalenia te wskazują także, że rozpatrywany system rozpoznawczy musi być dublowany dodatkowym systemem rozpoznania, np. aktywną odpowiedzią.

Uwzględniając te ustalenia można wysunąć twierdzenie, że za ciągłą dolną granicę pola rozpoznania należałoby przyjąć taką wysokość/ mierzoną od powierzchni rzeźby terenu/, gdzie istnieje możliwość określenia przynależności obiektu powietrznego przez dwa sąsiednie posterunki radiolokacyjne jednocześnie lub przez dwie-trzy RLS z jednego posterunku.

Rozpatrzmy jeszcze, jak przedstawia się ten problem z punktu widzenia pola lokacji pasywnej - rys.79.



Rys.79. Przekrój poziomy pola radiolokacyjnego na dolnej granicy ze wskazaniem stref triangulacji*).

---

*) Cyfrą 3 oznaczono strefy triangulacji na wysokości dolnej granicy pola radiolokacyjnego:
- 3 I dla RLP ABC;
- 3 II dla RLP BCE;
- 3 III dla RLP BDE.

Cyfrą 2 oznaczono strefy możliwego namiaru źródła zakłóceń przez dwa sąsiednie RLP.

Ponadto, cyfry 1,2,3i 4 oznaczają także krotność przekrycia pola radiolokacyjnego w rozpatrywanych punktach na założonej wysokości dolnej ciągłej granicy.

Z przedstawionego wykresu wynika, że granicę pola namierzania /triangulacji/ stanowi linia zamknięta, opisująca zewnętrzną część stref wykrywania RLP/RLS/ wchodzących w zespół triangulacyjny dla przyjętej wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych. Minimalna wysokość pola namierzania /triangulacji/ pokrywa się w zasadzie z dolną ciągłą granicą pola lokacji aktywnej, natomiast obszar pola namierzania /triangulacji/ pokrywa się tylko częściowo z obszarem pola lokacji aktywnej i jest od niego mniejszy.

Maksymalna wartość zasięgu namierzania /triangulacji / równa się odległości na jakiej rozmieszczone są pododdziały pelengujące. W literaturze przedmiotu odległość pomiędzy posterunkami pelengującymi nosi nazwę "bazy". Zasięgi namierzania /triangulacji/ zbliżone do optymalnych /w zakresie UKF / można uzyskać w warunkach, kiedy baza równa jest zasięgowi bezpośredniej widzialności na rozpatrywanej wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego.

Z podrozdziału 2.2.3. wiadomo, że zasięg działania wszystkich środków radiolokacyjnych w zakresie UKF jest ograniczony zasięgiem bezpośredniej widzialności, którego wartość jest zbliżona do zasięgu horyzontu radiowego. Zasięgi horyzontu radiowego w zależności od wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych i wysokości zawieszenia /ustawienia / anteny RLS, ilustruje tabela 14. Ponadto wiadomo także, że zasięgi wykrywania poszczególnych stacji radiolokacyjnych są mniejsze od zasięgu horyzontu radiowego. Każdą RLS z osobna pod tym względem charakteryzuje współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego.

/patrz - tabela 15/, który określa o ile % zasięg RLS jest mniejszy od zasięgu horyzontu radiowego.

W związku z powyższym, za podstawę do dalszych rozważań, jako bazę namierzania należy przyjmować nie zasięgi horyzontu radiowego, lecz zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych. Ponadto w literaturze przedmiotu można się często spotkać z twierdzeniem, że przy tworzeniu ugrpowania WRT w rejonach nadgranicznych /nadmorskich/ należy posterunki radiolokacyjne rozmieszczać na odległościach równych odległości /zasięgowi/ wykrywania podstawowych typów RLS dla założonej dolnej granicy pola radiolokacyjnego. Zasada ta szczególnie dotyczy posterunków radiolokacyjnych pierwszej i drugiej linii.

Potraktowanie powyższego problemu w ten sposób, o tyle jest słuszne i uzasadnione, że podstawą wielofunkcyjnego pola radiolokacyjnego musi pozostawać zawsze pole lokacji aktywnej. Jednak i tak wytworzone pole nie daje całkowitej gwarancji wydania wiarygodnej informacji o przynależności obiektu powietrznego oraz, że triangulacja /namierzanie/ obiektów /celów/ powietrznych stosujących zakłócenia może mieć miejsce tylko w określonych obszarach ciągłego pola lokacji aktywnej.

Popatrzmy jeszcze jak ten problem wygląda w świetle zasięgów wykrywania konkretnych stacji radiolokacyjnych, w odniesieniu do obiektów /celów/ powietrznych lecących na H = 50, 100, 200 i 300m.

Z zestawienia zawartego w tabeli 6 wynika, że nawet najbardziej nowoczesne stacje radiolokacyjne /przystosowane do wykrywania i śledzenia celów powietrznych nisko lecących/ posiadają stosunkowo niewielkie zasięgi wykrywania. Wartość liczbowa tych zasięgów, w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych lecących na H=50m, wynosi dla RLS : PRW-13 około 40 km, P-15NL około 45 km i "NAREW" około 50 km.

Tak więc, w zależności od tego, jakie stacje radiolokacyjne będą stanowić większość w ugrupowaniu WRT, odstępy /odległości/ pomiędzy sąsiednimi posterunkami radiolokacyjnymi nie powinny być większe jak :

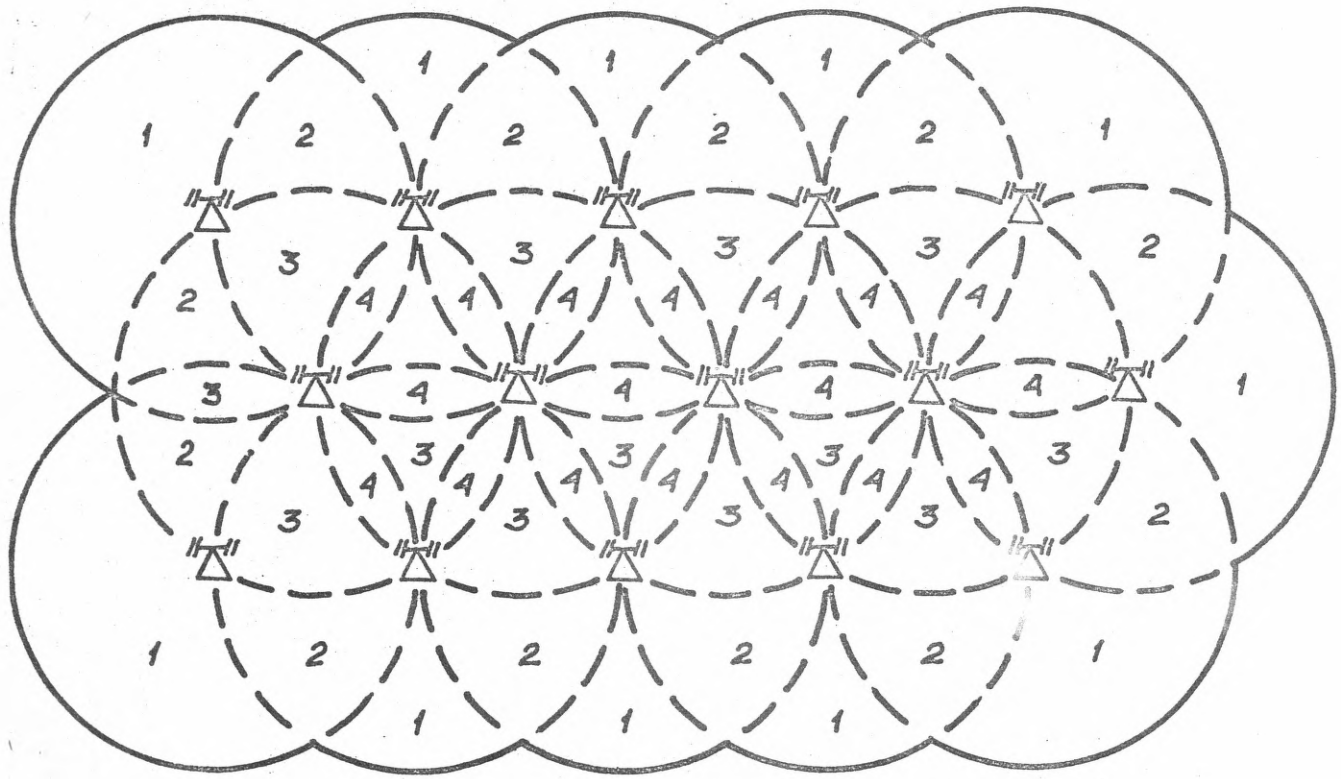
- 40 km, przy założonej dolnej ciągłej granicy pola lokacji aktywnej od H = 50m ;
- 50 km, przy założonej dolnej ciągłej granicy pola lokacji aktywnej od H = 100 m ;
- 60-70 km, przy założonej dolnej ciągłej granicy pola lokacji aktywnej od H = 200-300 m.

Przy rygorystycznym przestrzeganiu podanej wyżej zasady ugrupowania mogłoby powstać na obszarze kraju nadmierne zagęszczenie posterunków radiolokacyjnych. W rezultacie tego zwiększyłaby się liczba ogniw informacji, co z kolei stwarzało by określone trudności w sferze dowodzenia oraz w zbiorze i przetwarzaniu informacji radiolokacyjnej. Ponadto przyjęcie takiego ugrupowania wymaga zwiększonej ilości sprzętu radiolokacyjnego, a zatem zwiększonych nakładów finansowych, co nie jest bez znaczenia. Oprócz tego mogłyby wyniknąć także określone trudności w koordynacji promieniowania elektromagnetycznego w skali kraju. Tak więc stosować w sposób mechaniczny powyższej zasady nie można. Konieczny jest tu kompromis będący rezultatem uwzględnienia różnych warunków i wymagań przeważnie ze sobą sprzecznych.

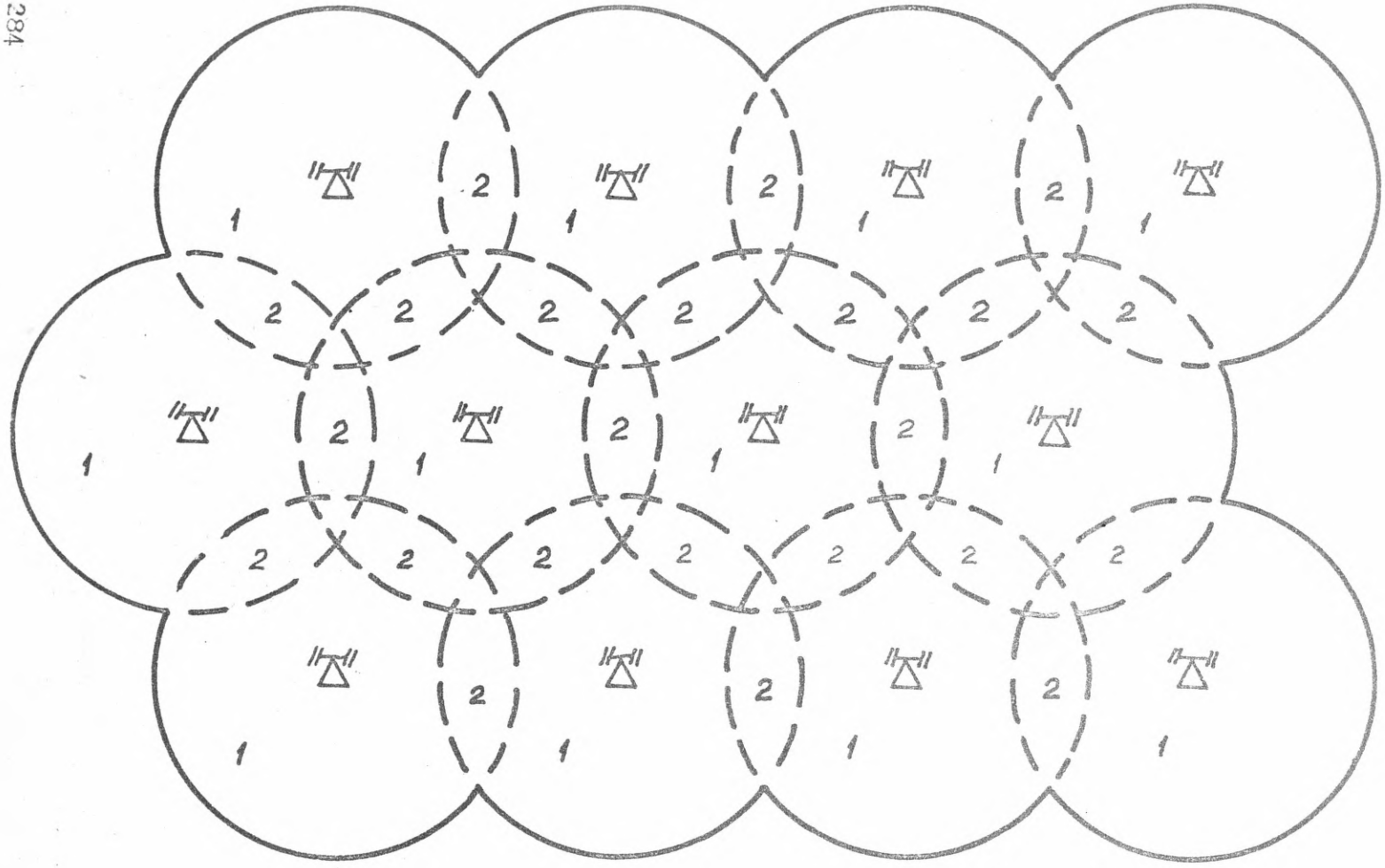
Zastanówmy się wobec tego nieco szczegółowiej nad tym problemem i rozpatrzmy go na przykładzie ugrupowania według trójkąta równobocznego, który w wyniku badań teoretycznych został uznany za jeden z bardziej optymalnych i ekonomicznych.

Rozpatrzymy powyższy sposób ugrupowania w dwóch wariantach, a mianowicie :

a/ kiedy boki trójkąta są równe $D_{wykr.}$



Rys.80 a. Ugrupowanie RLP według trójkąta równobocznego, którego bok jest równy zasięgowi wykrywania RLP/RLS/ naprzyjętej dolnej granicy pola radiolokacyjnego.



Rys.80 b.Ugrupowanie RLP według trójkąta równobocznego,którego bok jest równy 1,73 Dwykr. na przyjętej dolnej granicy pola radiolokacyjnego.

b/ kiedy boki trójkąta są równe 1,73 $D_{wykr.}$

g d z i e :

$D_{wykr.}$ - odległość /zasięg/ wykrywania stacji radiolokacyjnych na rozpatrywanych wysokościach dolnej granicy pola radiolokacyjnego.

Z analizy wariantów ugrupowania przedstawionych na rys.80 wynika, że wariant /a/ daje większą gwarancję w zakresie wielofunkcyjnego pola radiolokacyjnego od żądanej dolnej granicy, ponieważ :

- stwarza warunki kilkakrotnego przekrycia pola radiolokacyjnego, począwszy od dolnej granicy ;
- umożliwia wykrywanie, rozpoznawanie i śledzenie ŚNP nieprzyjaciela z większym prawdopodobieństwem ;
- w wypadku zastosowania przez ŚNP nieprzyjaciela zakłóceń radiolokacyjnych, zabezpiecza triangulację /namierzanie/ źródeł zakłóceń w większej części obszaru wytworzonego pola.

Jest on jednak w porównaniu z wariantem /b/ mało ekonomiczny, z uwagi na potrzebę zwiększonej ilości sprzętu radiolokacyjnego. Dlatego może on mieć zastosowanie ograniczone.

Z uwagi na : możliwości działania ŚNP nieprzyjaciela, możliwości sprzętu radiolokacyjnego, warunki terenowe oraz wnioski wynikające z analizy warunków rozchodzenia się fal radiowych, wariant ugrupowania /a/ jest bardziej odpowiedni do zastosowania wzdłuż wybrzeża morskiego oraz granicy zachodniej. Ugrupowanie wojsk radiotechnicznych wg tego wariantu może umożliwić wytworzenie pola radiolokacyjnego wzdłuż wybrzeża morskiego od dolnej ciągłej granicy 50 m, natomiast wzdłuż granicy zachodniej /w zależności od warunków terenowych/ od dolnej ciągłej granicy 100 - 200 m.

Biorąc pod uwagę możliwości dolotu ŚNP nieprzyjaciela na małych wysokościach, ugrupowanie WRT o proponowanej strukturze powinno być rozwinięte /w miarę możliwości/, od wybrzeża morskiego i zachodniej granicy, w głąb kraju - jak na rys.76.

Zdaniem autora w wymienionych rejonach pole radiolokacyjne będzie się też różnić strukturą dolnej granicy.

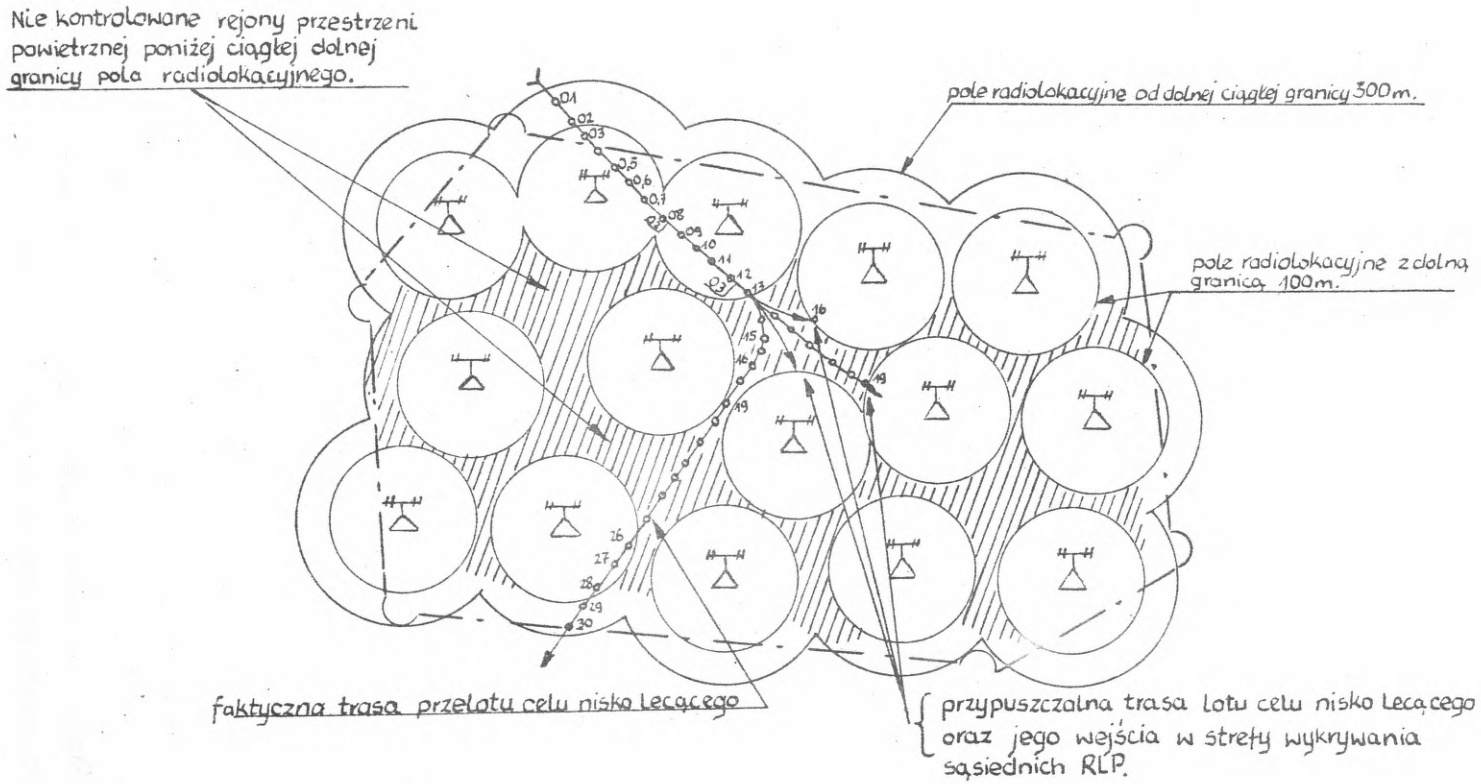
Wzdłuż wybrzeża morskiego, przy kompleksowym użyciu na każdym posterunku radiolokacyjnym takich RLS jak : P-15 NL, "NAREW" i PRW-13 jest realna szansa uzyskania ciągłego pola radiolokacyjnego z dolną granicą 50m. Jednak w miarę oddalania się od wybrzeża, z uwagi na warunki terenowe /szczególnie kąty zakrycia/, dolna ciągła granica pola radiolokacyjnego będzie wzrastać do 100,150,200 a nawet do 300m i więcej. Dotyczy to przeważnie pasów pojezierzy, a szczególnie pojezierza kaszubskiego.

Wzdłuż granicy zachodniej, z uwagi na zmienne warunki terenowe, zmieniać się będzie także dolna ciągła granica pola radiolokacyjnego. Najbardziej dogodne warunki do otrzymania pola radiolokacyjnego z dolną ciągłą granicą od 100-200m, zdaniem autora, istnieją w rejonach : Niziny Szczecińskiej i Niziny Wielkopolskiej.

Jednak i tak rozwiązane ugrupowanie nie w pełni zabezpiecza potrzeby aktywnych środków walki OPK, szczególnie na wybrzeżu morskim. Sposodowane to jest ograniczonymi możliwościami sprzętu radiolokacyjnego na małych wysokościach.

W związku z tym, aby wydłużyć zasięg pola radiolokacyjnego należałoby środki radiolokacyjne rozmieszczać w otwartym morzu. Do tego celu można by wykorzystać specjalne okręty, tzw. dozory radiolokacyjne.

W głębi kraju do tworzenia ugrupowania może być wykorzystany wariant /b/ lub mieszany, co ilustruje rys.81,



Rys. 81. Ugrupowanie WRT w wariancie mieszanym, pozwalające wytworzyć pole radiolokacyjne od dolnej ciągłej granicy H = 300 m.

kraju dolna granica pola radiolokacyjnego może się różnie. Zależeć to będzie od warunków terenowych ilości i jakości posiadanego sprzętu radiolokacyjnego. W obszarach nizin, kotlin i niektórych wyżyn dolna granica pola radiolokacyjnego może być utrzymana od wysokości 300 czy też 500 m.

Najgorsze warunki do uzyskania ciągłej dolnej granicy pola radiolokacyjnego nawet od 500 m istnieją w obszarach : gór, przedgórza, wyżyny śląskiej i małopolskiej. Podyktowane jest to występowaniem kątów zakrycia, tworzonych przez przewyższenia terenowe oraz przez gęstą zabudowę i urządzenia przemysłowe - szczególnie w obszarze wyżyny śląskiej.

Z przedstawionej na rys.81 struktury pola radiolokacyjnego wynika, że w tak wytworzonym polu radiolokacyjnym /poniżej jego dolnej granicy/ będą występować niekontrolowane obszary. Sytuacja taka stwarza dodatkowe problemy natury organizacyjnej, ponieważ należy szukać takich metod i sposobów działań wojsk radiotechnicznych aby raz wykryty obiekt /cel/ powietrzny był śledzony na całej trasie lotu. Ponadto taki wariant ugrupowania nie zabezpiecza wytworzenia pola lokacji pasywnej od założonej ciągłej dolnej granicy.

Jednym ze sposobów likwidacji /wypełnienia/ niekontrolowanych obszarów w polu radiolokacyjnym jest zagęszczenie ugrupowania, tzn. wprowadzenie w istniejące ugrupowanie dodatkowych pododdziałów radiotechnicznych i rozwijanie tzw. wysuniętych posterunków radiolokacyjnych.

Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w następstwie przewartościowania obiektów pod względem ich ważności. W okresie bezpośredniego zagrożenia państwa oraz w czasie działań wojennych ważność obiektów i rejonów lub kierunków może ulegać zmianie.

W związku z tym będzie zachodziła konieczność obniżenia ciągłej dolnej granicy pola radiolokacyjnego na przedpolach tych obiektów lub w całych rejonach czy też na najbardziej zagrożonych kierunkach, z uwagi na możliwe działanie SNP nieprzyjaciela z małych wysokości.

Najbardziej odpowiednim pododdziałem radiotechnicznym, do wprowadzania korekt /uzupełnienia/ w polu radiolokacyjnym są właśnie plutony radiolokacyjne wydzielane zarówno ze składu kompanii radiotechnicznej, jak i batalionu radiotechnicznego.

Utrzymywanie do tego celu specjalnego /zwiniętego/ odwodu sił i środków jest zbyt kosztowne, a z uwagi na szkolenie i zgrywanie obsług nieefektywne. Dlatego też, postulowana przez autora struktura organizacyjna kompanii radiotechnicznej /załącznik nr 14/ jest uzasadniona i potrzebna.

Tak więc ugrupowanie WRT dla potrzeb organizacji pola radiolokacyjnego na małych wysokościach zależy od tych samych czynników co każde ugrupowanie. Jednak szczególnie jest ono determinowane możliwościami i taktyką działania SNP nieprzyjaciela, możliwościami sprzętu radiolokacyjnego oraz warunkami terenowymi.

Niedostatecznie wystarczające zasięgi wykrywania RLS na małych wysokościach oraz wpływ warunków terenowych zmuszają do tworzenia ugrupowania zwartego o niewielkich stosunkowo odległościach pomiędzy sąsiednimi posterunkami radiolokacyjnymi.

Możliwość zastosowania przez SNP nieprzyjaciela zakłóceń radiolokacyjnych wymaga aby ugrupowanie WRT było zdolne do wytworzenia pola radiolokacyjnego wielofunkcyjnego, także zdolnego do triangulacji i namierzania źródeł zakłóceń w małych trójkach. Problem ten wprowadza do pojęć ugrupowania WRT rygorystyczną zasadę, że odstępy pomiędzy sąsiednimi posterunkami radiolokacyjnymi w ugrupowaniu nie mogą być większe jak zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych dla rozpatrywanych wysokości

lotu obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących. Powyższe zasady i warunki wymagają przy tworzeniu ugrupowania zwiększonej ilości stacji radiolokacyjnych, a zatem dodatkowych /stosunkowo dużych/ nakładów finansowych.

Jakkolwiek problem wykrywania i śledzenia ŚNP nieprzyjaciela na małych wysokościach wymaga określonych specyficznych rozwiązań, to jednak nie powinien być on rozwiązywany w całkowitym oderwaniu od wykonywanych innych zadań przez WRT na pozostałych zakresach /pułapach/ wysokości. Fakt ten poważnie komplikuje realne /charakterystyczne/ właściwości występujące przy tworzeniu ugrupowania WRT dla potrzeb wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

Uzyskanie dostatecznie wysokiego nasycenia systemu wojsk OPK środkami radiolokacyjnymi, w celu wytworzenia pola radiolokacyjnego od wymaganej ciągłej dolnej granicy na małych wysokościach, z wielu względów jest trudne do osiągnięcia lub w niektórych wypadkach niemożliwe. Z reguły potrzeby w tym zakresie przekraczać będą realne możliwości wojsk. Dlatego też przy tworzeniu ugrupowania, należy kierować się w pierwszym rzędzie zasadą racjonalnego i ekonomicznego wykorzystania posiadanych sił i środków.

Mając na uwadze względy ekonomiczne i licząc się z istniejącymi realiami oraz biorąc pod uwagę ukształtowanie terenu w obszarze Polski, a także te rejony naszego obszaru, gdzie prawdopodobieństwo działania ŚNP nieprzyjaciela na wysokościach rzędu 50-200 m jest szczególnie wysokie, należałoby przyjąć zasadę, że :

- ugrupowanie WRT, zapewniające wytworzenie pola radiolokacyjnego od dolnej ciągłej granicy 50 - 100m, powinno być obowiązkowo rozwinięte wzdłuż wybrzeża morskiego co najmniej na głębokości pasów pojezierzy, z wykorzystaniem takich RLS, jak : P-15NL, "NAREW" i PRW-13 ;

- wzdłuż granicy zachodniej, w zależności od występujących warunków terenowych, ugrupowanie WRT powinno zapewnić wytworzenie pola radiolokacyjnego od wysokości dolnej granicy 100 -200 m co najmniej na głębokości do rubieży POZNAŃ-WROCŁAW ;
- na pozostałym obszarze kraju obniżenie dolnej ciągłej granicy pola radiolokacyjnego, w uzależnieniu od potrzeb i warunków terenowych, powinno polegać głównie na wprowadzaniu w ugrupowanie wysuniętych posterunków radiolokacyjnych organizowanych siłami i środkami plutonów radiolokacyjnych ;
- wydłużenie zasięgu pola radiolokacyjnego na małych wysokościach na kierunku północnym i północno-zachodnim, można osiągnąć tylko poprzez wyprowadzenie wysuniętych pływających dozorów radiolokacyjnych.

2.3.3. Modelowanie pola radiolokacyjnego na małych wysokościach.

Aby zmodelować pole radiolokacyjne należy w pierwszym rzędzie rozpocząć pracę od podstawowego źródła informacji, tj. od posterunku radiolokacyjnego, a w nim od konkretnych typów RLS wyznaczonych do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

Z dotychczasowych ustaleń wiadomo, że strefy wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach oraz racjonalne /w miarę optymalne/ warunki pracy stacji radiolokacyjnych mogą być określone wyłącznie na podstawie dokładnej analizy /warunków terenowych/ rzeźby rozpatrywanego terenu i profilów lotu nieprzyjaciela powuetrznego nad tym terenem. Ponadto do tego celu jest nieodzownie potrzebna dokładna znajomość zasięgów wykrywania RLS oraz sposób i warunki formowania kierunkowych charakterystyk promieniowania tych RLS.

Modelowaną strefą wykrywania pojedynczej RLS /pojedyńczego RLP/ sporządza się dookrężnie, w stosunku do miejsca stania RLS /RLP/ oddzielnie dla każdej rozpatrywanej wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych, np. : 50, 100, 200, 300, 500, itp.

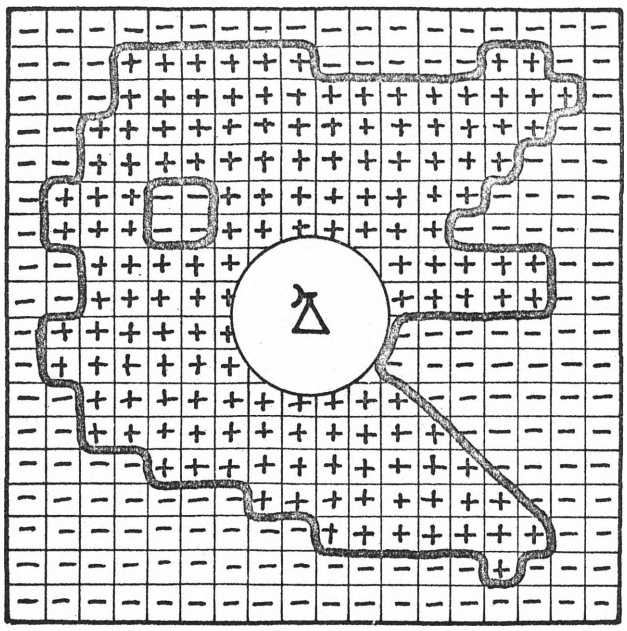
Wynik modelowania przedstawiony jest zazwyczaj w formie graficznej na mapie lub też w formie wydruku z EMC - patrz rys. 82. Ponadto wynik modelowania może być przedstawiony na specjalnym formularzu, jak ilustracje rys.83

Niezależnie od przyjętej metody postępowania, podczas modelowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach, podstawę zawsze stanowi teren i jego rzeźba.

Przyjęta metoda postępowania ma na celu ułatwić pracę w zakresie poszukiwania i określania elementarnych ogniw pola radiolokacyjnego, gdzie obiekt /cel/ powietrzny nisko lecący /nad konkretnym terenem/ może być wykryty i śledzony przez środki radiolokacyjne.

Jako elementarne ogniwo, podczas modelowania pola radiolokacyjnego, przyjmuje się zazwyczaj równe co do wielkości kwadraty : 5 x 5 ; 10 x 10 lub 20 x 20 km.

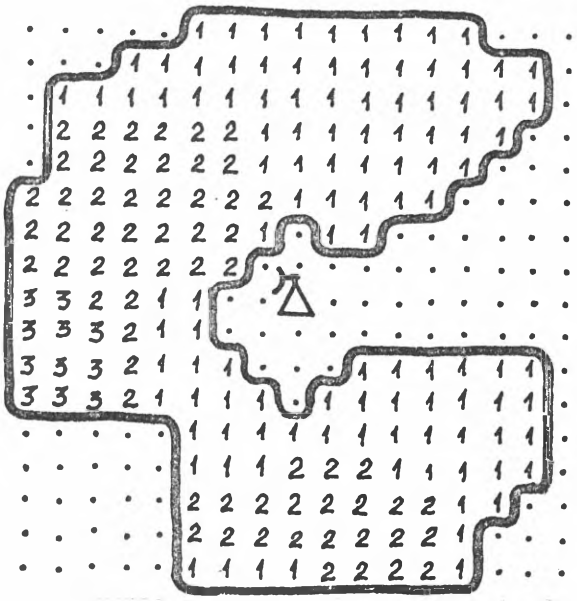
Wielkość kwadratów wybiera się w uzależnieniu od założonej lub żądanej dokładności modelu pola radiolokacyjnego. Np.: w celu wymodelowania strefy wykrywania pojedyńczej RLS lub pojedyńczego posterunku należy /zdaniem autora/ przyjmować kwadraty o jak najmniejszych rozmiarach /5 x 5 km/ i mapy o skali nie mniejszej, jak 1 : 100 000, natomiast w celu wymodelowania pola radiolokacyjnego batalionu radiotechnicznego lub brygady radiotechnicznej - rozmiary kwadratów można przyjmować 10 x 10 km lub 20 x 20 km oraz mapy o skali nie mniejszej, jak 1 : 200 000. Mapy o skali 1:500 000, z uwagi na niewystarczającą szczegółowość, do procesu modelowania pola radiolokacyjnego na małych



Rys.82 a. Modelowana strefa wykrywania RLP/RLS/
w formie graficznej na mapie.*)

---

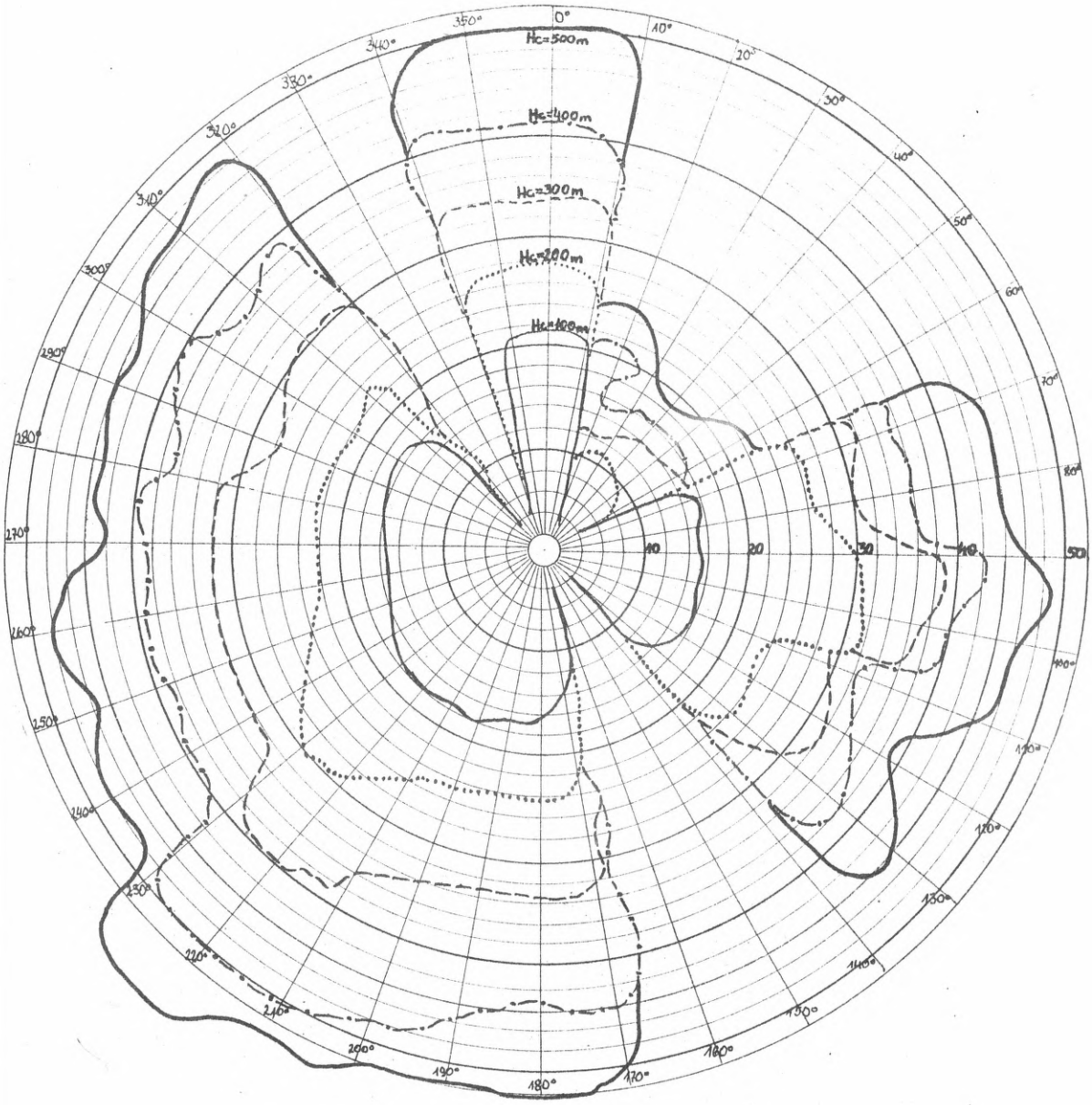
*) Znak + oznacza, że obiekt /cel/ powietrzny w rozpatrywanym elementarnym kwadracie może być wykryty i śledzony, natomiast znak - oznacza brak możliwości wykrycia.



Rys.82 b. Modelowana strefa wykrywania RLP/RLS/
w formie wydruku z EMC.*)

---

*) Cyfry w rozpatrywanych elementarnych kwadratach oznaczają możliwość wykrycia obiektów /celów/ powietrznych oraz krotność przekrycia pola radiolokacyjnego, natomiast kropki brak możliwości wykrycia.



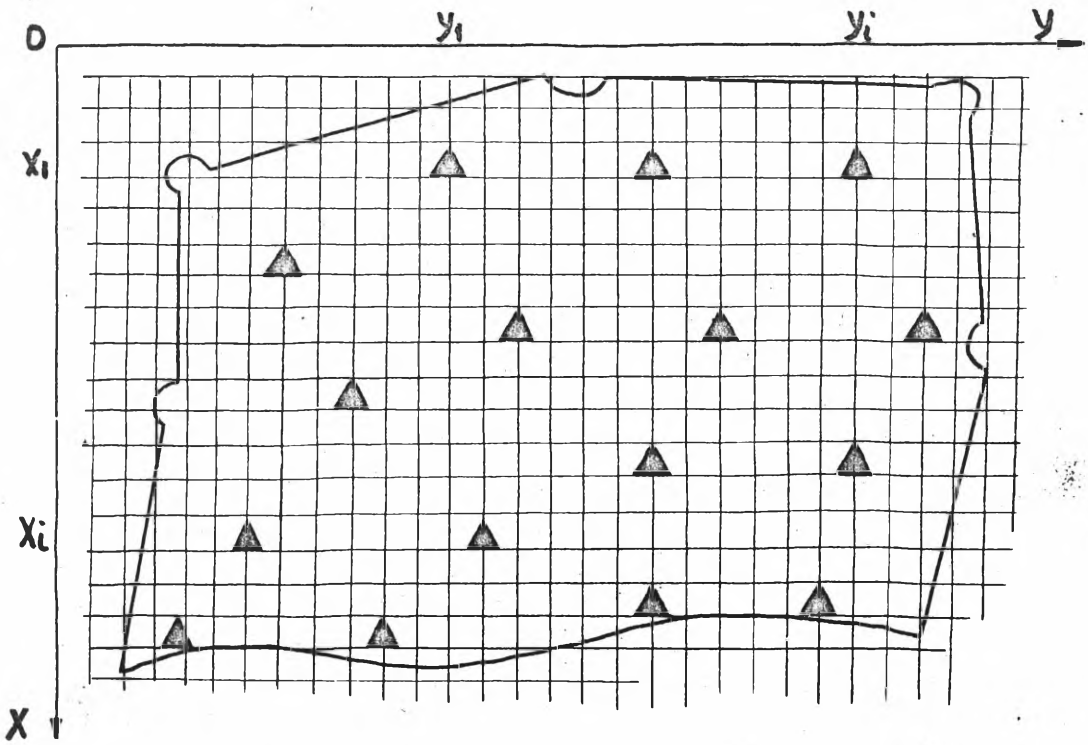
LEGENDA

Hc = 100 m.
Hc = 200 m.
Hc = 300 m.
Hc = 400 m.
Hc = 500 m.

Rys.83. Aproksymowane strefy wykrywania wysokościomierza PRW - 11 na małych wysokościach, w rodzaju pracy okrężna obserwacja "wykrywanie ".

wysokościach są nie przydatne.[x]/

Według podręcznika "Metodiczeskie materiały opieratiwno-takticzeskich razczotow, primieniaiemych w radiotechniczeskich wojskach POW strany", obecnie eksploatowane elektroniczne maszyny cyfrowe mogą modelować /programować/ pole radiolokacyjne w obszarze 300 x 300 km, obejmującym do 200 oddzielnie stojących środków radiolokacyjnych /pododdziałów radiotechnicznych/.



Rys.84. Przygotowanie mapy ugrupowania WRT do modelowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach.

x/ Jeżeli pole radiolokacyjne ma być modelowane z wykorzystaniem EMC, to nie wskazanym jest używać małych kwadratów /12x12 czy też 4x4 km/ wynikających z podziału siatki OP wzór 1961 r., ponieważ nie są one dokładnie równe między sobą i otrzymany wynik na wydruku /wg kształtu i rozmiaru/ nie pokrywał by się z mapą ugrupowania środków radiotechnicznych. Do tego celu najlepiej używać kwadratów pokrywających się z prostokątnymi współrzędnymi siatki topograficznej.

Podział badanego rejonu czy obszaru terenu na elementarne ogniwa /kwadraty/ oraz sposób dowiązania ich do prostokątnych współrzędnych siatki topograficznej ilustracje rys.84.

Analiza rzeźby terenu /objętego granicami modelowania/ polega na wyszukaniu w analizowanym elementarnym ogniwie /kwadracie/ punktu o najwyższym wypiętrzeniu nad poziom morza. Otrzymana w ten sposób wartość liczbowa wysokości, jest wysokością przypisaną dla całego analizowanego kwadratu. Jeżeli w analizowanym kwadracie występuje zwarte zadrzewienie lub jakakolwiek zabudowa, to należy do uprzednio przyjętej liczby dodać wysokość drzew lub zabudowy. Otrzymaną liczbę wysokości wpisuje się do elementarnego kwadratu /ogniwa/. Opisana w ten sposób siatka stanowi matrycę /podstawę/ do realizacji dalszych czynności procesu modelowania.

Drugim w kolejności elementem, w procesie modelowania pola radiolokacyjnego, jest określenie konkretnych bezwzględnych wysokości miejsc stania stacji radiolokacyjnych /posterunków radiolokacyjnych/ oraz opisanie tych miejsc na uprzednio sporządzonej matrycy.

W wypadku, kiedy powyższa matryca ma stanowić podstawę do wypracowania programu na EMC, wszystkie analizowane punkty /objęte granicami modelowania/ muszą być dodatkowo opisane współrzędnymi topograficznymi.

Trzecim elementem, który pochłania bardzo dużo czasu i wymaga dużego nakładu pracy, jest określenie kątów zakrycia pozycji RLS /RLP/ i kątów zakrycia anten RLS. Kąty zakrycia w strefach bliższych pozycji RLS /RLP/ określane są zazwyczaj z pomocą przyrządów pomiarowych, natomiast w strefach dalszych z wykorzystaniem wzorów matematycznych / patrz wzory : 2.88 i 2.93/.

Wysokość bezwzględna dolnej granicy strefy wykrywania RLS może być określona przy pomocy wzoru matematycznego. Występujące współzależności mogą być ujęte następującym równaniem :

$$H_{bdg} = h_{bRLS} + h_a + D_{hr} \cdot tg\alpha + \frac{D_{hr}^2}{2R_z} \qquad /2.96./$$

gdzie : h_{bRLS} - wysokość bezwzględna terenu w miejscu stania RLS w m ;

h_a - wysokość względna zawieszenia anteny RLS w m;

D_{hr} -zasięg horyzontu radiowego na rozpatrywanej wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego;

R_z - ekwiwalentny promień ziemi o wartości 8500km;

α - kąt zakrycia anteny RLS w kierunku na obiekt /cel/ powietrzny.

Posługując się współzależnymi wielkościami /parametrami/ zawartymi we wzorach : /2.94/, /2.95/, można określić zasięg wykrywania rozpatrywanej stacji radiolokacyjnej /przy uwzględnieniu kątów zakrycia/ w stosunku do obiektu /celu/ powietrznego lecącego ze stałym /bezpiecznym/ przewyższeniem nad rzeźbą terenu.

Do tego celu może być wykorzystane następujące równanie :

$$D_{wykr} = K_{whr}\left[-R_z \cdot tg\alpha + \sqrt{(R_z \cdot tg\alpha)^2 + 2R_z(H_{wc} + h_p - h_{bRLS} - h_a)}\right] \qquad /2.97/$$

gdzie : K_{whr} - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego dla konkretnie rozpatrywanej RLS.

Wykonując kolejne określone przekształcenia, powyższe równanie można sprowadzić do formy uproszczonej :

$$D_{wykr} = K_{whr}\left[-2{,}47\alpha + \sqrt{(-2{,}47\alpha)^2 + 17H_c'}\right] \qquad /2.98/$$

gdzie : H_c' - względna wysokość lotu obiektu /celu/ powietrznego, w odniesieniu do bezwzględnej wysokości zawieszenia anteny RLS /h_{ba}/.

Wzór /2.98/ jest słuszny tylko w odniesieniu do małych kątów zakrycia, kiedy $tg\alpha \approx \alpha$.

Zasięgi wykrywania RLS, wg. wzoru /2.98/, oblicza się na azymucie każdego badanego elementarnego kwadratu lub na kierunkach sektorów równych kątów zakrycia. Otrzymany wynik porównuje się ze zmierzoną odległością /d/, od punktu stania RLS do środka elementarnego kwadratu i jeżeli :

- $D_{wykr.} \geqslant d$; to obiekt /cel/ powietrzny w obszarze elementarnego kwadratu /na badanej wysokości i wyżej/ będzie wykrywany i śledzony przez rozpatrywaną RLS ;

- $D_{wykr.} < d$; to obiekt /cel/ powietrzny nie będzie wykryty i śledzony przez rozpatrywaną RLS.

Dolna granica strefy wykrywania RLS może być także określona przy zastosowaniu metody graficzno-analitycznej. Powyższą metodę reprezentuje algorytm Nr 2 /zał.16/ oraz wykresy - nomogramy /zał.13/.

Powyższa metoda upraszcza nieco postępowanie przy modelowaniu pola radiolokacyjnego. Jednak aby wykreślić nomogram należy odległości wykrywania RLS obliczać wg. wzoru /2.98/, który jest dość skomplikowany. W tym przypadku zasięg wykrywania RLS oblicza się przy /założonych/ różnych wartościach kąta zakrycia. Typ RLS oraz skuteczna powierzchnia odbicia obiektu /celu/ powietrznego, uwzględniane są poprzez wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego.

Z przedstawionej charakterystyki metody modelowania i jej elementów wynika, że jest ona pracochłonna oraz że posiada wiele cech przynależnych metodom : graficzno-matematycznej i graficzno-analitycznej.

Ponadto, z uwagi na to, że w procesie modelowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach występuje cały szereg wartości /wzajemnie z sobą powiązanych/ o charakterze zmiennym, proces ten jest trudny do ujęcia w ramy programu na EMC. W obecnym okresie i w tej dziedzinie zaznacza się pewien postęp, jednak jest on nie wystarczający, ponieważ nie rozwiązuje charakteryzowanych problemów w sposób integralny. Żaden z dotychczas opracowanych programów na EMC nie odzwierciedla realnych powiązań występujących pomiędzy prawem rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w zakresie UKF a krzywizną ziemi i rzeźbą jej powierzchni. Dlatego też, najszersze zastosowanie w procesie modelowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach znalazły różnego rodzaju metody grafo-analityczne i grafo-matematyczne bez wykorzystania EMC.

Podyktowane jest to tym, że metody te nie są skomplikowane /odpowiadają średniemu poziomowi wykształcenia/ i nie wymagają fachowego przygotowania z zakresu informatyki oraz są stosunkowo łatwe do opanowania. Nie mniej jednak są one pracochłonne. Wypracowanie modelu pola radiolokacyjnego, np : dla batalionu radiotechnicznego czy też brygady radiotechnicznej, wymaga określonego czasu trwania oraz zaangażowania określonej liczby ludzi.

Doświadczenia z zastosowania metod grafo-analitycznej i grafo-matematycznej do modelowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach, pozwoliły wypracować pewne uproszczenia i usprawnienia.

A oto jedna z propozycji w tym zakresie, która może mieć szersze zastosowanie - szczególnie na szczeblu pododdziałów radiotechnicznych przy modelowaniu stref wykrywania oddzielnie wziętych stacji radiolokacyjnych.

Dolne granice stref wykrywania poszczególnych RLS określa się przy pomocy takich samych wykresów - nomogramów, jakie ilustruje załącznik Nr 13. Natomiast proponowane uproszczenia i usprawnienia dotyczą wykonywanych obliczeń i budowy samego wykresu nomogramu.

Obliczenia wykonuje się na podstawie następującego wzoru :

$$D_{wykr} = k(\alpha) \cdot k_{whr} \cdot 4{,}12\left(\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c}\right) \qquad /2.99/$$

gdzie : - $4.12\left(\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c}\right)$ - zasięg horyzontu radiowego /wzór 2.24/ dla rozpatrywanej wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego ;

K_{whr} - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego, uwzględniający typ RLS oraz skuteczną powierzchnię odbicia obiektu /celu/ powietrznego - patrz tabela 15 ;

$K/\alpha/$ - współczynnik kątów zakrycia pozycji /anteny/ RLS.

Ze wzoru /2.99/ i jego części składowych wynika, że jest on mało skomplikowany i stosunkowo łatwy do zastosowania. Ponadto powyższe równanie uwzględnia realne powiązania występujące pomiędzy rozchodzeniem się fal elektromagnetycznych w zakresie UKF a krzywizną ziemi i rzeźbą jej powierzchni.

Wpływ kąta zakrycia pozycji /anteny/ RLS, na zasięg jej wykrywania, uwzględniany jest poprzez współczynnik kątów zakrycia.

Powyższy współczynnik określa się przy pomocy wzoru matematycznego /2.89/.

Dla praktycznego korzystania, wartości obliczonych współczynników kątów zakrycia /w zależności od wysokości lotu obiektów powietrznych/ zestawia się w tablicy.

Budowę wykresu - nomogramu rozpatrzymy na przykładzie, przy następujących danych wyjściowych :

- rozpatrywana stacja radiolokacyjna PRW - 13NL. pracująca w rodzaju pracy - "okrężna obserwacja" ;
- wysokość zawieszenia anteny RLS = 10 m ;
- kąty zakrycia anteny RLS $\pm$ 20′, odpowiednie wartości współczynników tych kątów - jak tabela 27 ;
- obiekt /cel/ powietrzny o σ_{sk} = 1 m^2, lecący na wysokościach : 50, 100, 200, 300, 400, i 500 m ;
- wartości liczbowe zasięgów horyzontu radiowego, jak tabela 14 ;
- wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego, jak tabela 15 ;
- wartości zasięgów równych wysokości, jak zestawienie w załączniku nr 17.

Na podstawie założonych danych wyjściowych, przy pomocy wzoru /2.99/ obliczono zasięgi wykrycia i zestawiono w tabeli 31.

Wykres - nomogram buduje się w następujący sposób /rys.86/.

Oś odciętych stanowi prosta widzialności optycznej anteny RLS, na której /w założonej skali/ odkłada się odcinki równych odległości w km. Za punkt zerowy prostej widzialności optycznej, przyjmuje się miejsce stania stacji radiolokacyjnej.

Na osi rzędnych, w założonej skali /1mm : 5m/, odkłada się i wrysowuje krzywe linie równych wysokości w m.

Obliczone odległości wykrywania dla RLS /wg wzoru 2.99/, na wysokościach lotu obiektów /celów/ powietrznych 50, 100, 200, 300, 400 i 500 m /przy założonym kącie zakrycia anteny RLS/, odkłada się kolejno na osi odciętych i przeprowadza się prostopadłe linie do odpowiednich krzywych linii równych wysokości. Powstałe w ten sposób punkty łączy się linią przerywaną, która wyznaczać będzie dolną granicę strefy wykrywania RLS, na poszczególnych wysokościach - przy założonym kącie zakrycia.

Obliczone zasięgi RLS, można także zestawić w tabeli /patrz tabela 28 /.

Powyższa metoda polega na graficzno-matematycznym modelowaniu przebiegu linii optycznej widzialności w terenie. Po trasie przebiegu linii, z mapy wybiera się przeszkody, które tworzą kąty zakrycia i obszary cienia radiolokacyjnego - w rozpatrywanym sektorze kierunku. Po określeniu kątów zakrycia i oznaczeniu granic radiocienia oraz określeniu zasięgów widzialności optycznej, można aproksymować strefę wykrywania dla rozpatrywanej stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach. Analizę terenu i wpływu jego rzeźby na zasięg wykrywania RLS, prowadzi się oddzielnie dla każdej z wymienionych wysokości.

Odległość do obiektu /celu/ powietrznego określa się nie po powierzchni ziemi lecz zgodnie z przebiegiem linii horyzontu. Prawdopodobne błędy jakie powstają w praktycznych obliczeniach nie są większe jak 1 - 2%.

Reasumując rozważania nad problemem modelowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach można stwierdzić :

Modelowanie pola radiolokacyjnego, jako zabieg natury organizacyjno-taktycznej, ma istotne znaczenie przy rozwiązywaniu problemów z zakresu wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko

lecących, ponieważ :

- umożliwia ustalić strukturę pola radiolokacyjnego na małych wysokościach, nad konkretnym terenem i jego rzeźbą ;
- umożliwia w miarę optymalnie ugrupować posiadane środki radiolokacyjne w planowanym ugrupowaniu oraz wprowadzać korekty w istniejące ugrupowania środków radiolokacyjnych w celu uzyskania możliwie jak najniższej dolnej ciągłej granicy pola radiolokacyjnego ;
- umożliwia w miarę racjonalnie wykorzystać możliwości posiadanych środków radiolokacyjnych w zakresie wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących.

Modelowanie pola radiolokacyjnego na małych wysokościach jest procesem złożonym i pracochłonnym oraz z uwagi na występowanie całego szeregu wartości /wzajemnie współzależnych/ o charakterze zmiennym, jest trudnym do ujęcia w ramy programów na EMC.

Dotychczas opracowane i eksploatowane programy na EMC w bardzo małym stopniu odzwierciedlają realne powiązania występujące pomiędzy prawem rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w zakresie UKF na małych wysokościach a krzywizną ziemi i rzeźbą jej powierzchni, tzn. nie rozwiązują problemów z zakresu modelowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach w sposób integralny. Szczególnie dotyczy to pomiaru kątów zakrycia oraz wpływu tych kątów na zasięg wykrywania poszczególnych stacji radiolokacyjnych.

Najszersze zastosowanie w procesie modelowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach znalazły różnego rodzaju metody grafo-analityczne i grafo-matematyczne bez wykorzystania EMC, ponieważ :

Tabela 31.

Zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnej PRW - 13 NL na małych wysokościach, z uwzględnieniem krzywizny ziemi i rzeźby jej powierzchni x/.

Hc /m/ \ α'	Zasięg wykrywania PRW - 13 NL / w km /								
	-20'	-15'	-10'	- 5'	0 00'	+5'	+ 10'	+ 15'	+ 20'
50	102	84	69	52	36	24	17	13	10
100	108	97	77	61	46	35	26	21	16,5
200	126	107	91	73	60	50	40	33	28
300	136	120	100	86	72	61	51	45	37
400	142	126	108	93	81	70	61	53	46
500	150	133	116	102	90	79	69	61	54

---

x/ Tabelę autor zestawił na podstawie danych uzyskanych z obliczeń wg wzoru /2.99/.

Do obliczeń przyjęto następujące dane wyjściowe :

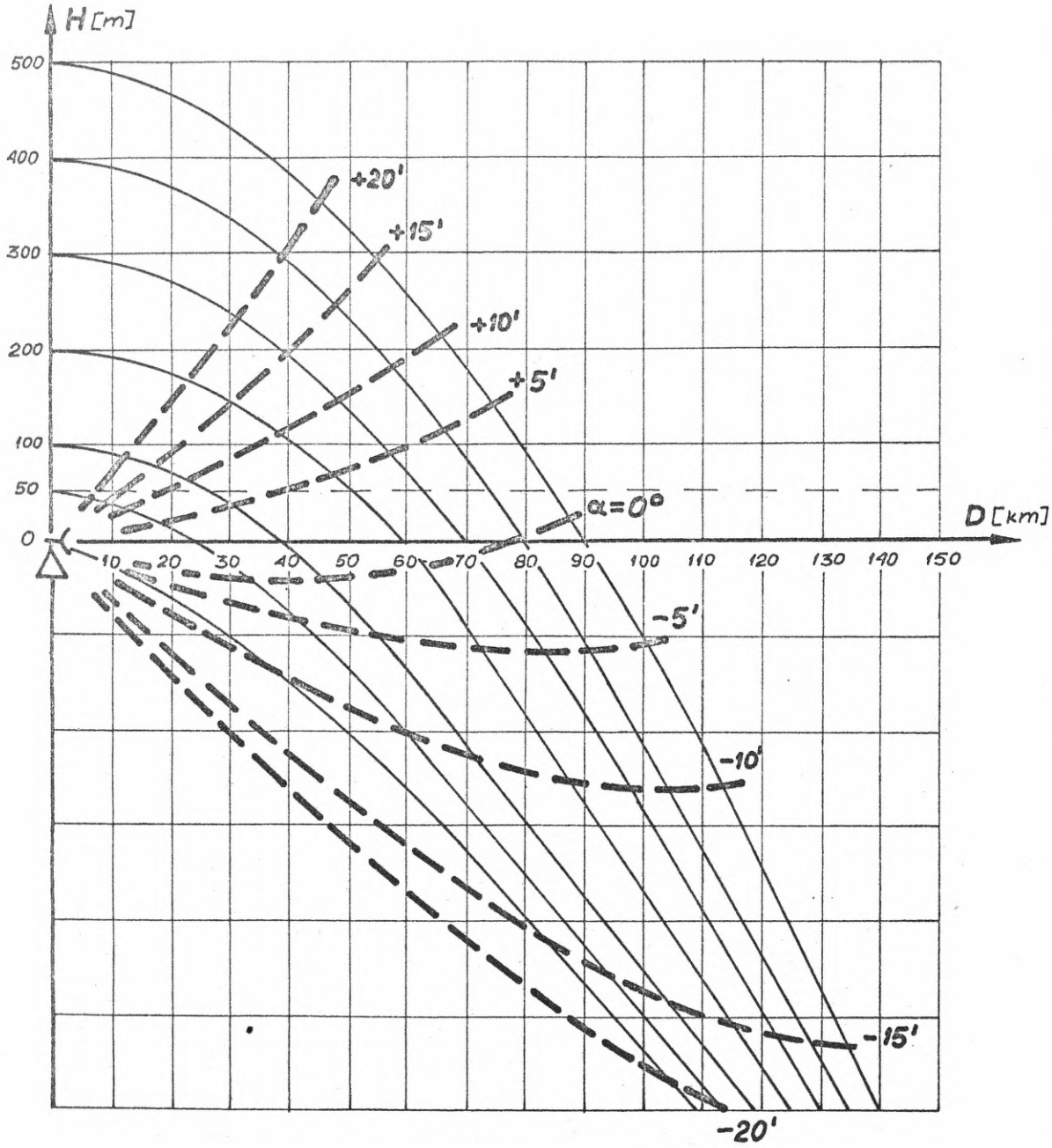
a/ ha = 10 m ;

b/ k_{whr} = 0,85 ;

c/ obiekt /cel/ powietrzny o σ_{sk} = 1 m^2 ;

d/ K /α/ - współczynnik kątów zakrycia odpowiednie wartości wg tabeli 27 ;

e/ 4.12 $/\sqrt{ha} + \sqrt{Hc}/$ - wartości zasięgów horyzontu radiowego wg tabeli 14.



Rys. 86. Wykres - nomogram do określania dolnej granicy wykrywania RLS PRW - 13 NL, w zależności od wartości kąta zakrycia anteny i wysokości lotu obiektu powietrznego.

- uwzględniają w mniejszym lub w większym stopniu realne powiązania występujące pomiędzy krzywizną ziemi, rzeźbą terenu a prawem rozchodzenia się fal elektromagnetycznych z zakresu UKF na małej wysokości oraz uwzględniają wpływ kątów zakrycia na zasięg wykrywania poszczególnych RLS ;
- nie wymagają fachowego przygotowania z zakresu informatyki i są stosunkowo łatwe do opanowania, nie mniej jednak wymagają dużego nakładu pracy i czasu.

Modelowanie pola radiolokacyjnego jako zabieg natury organizacyjno-taktycznej, pozwala ustalić możliwości WRT w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach tylko w sensie teoretycznym, które muszą być zweryfikowane przez praktyczny oblot.

2.3.4. Warianty i sposoby działań wojsk radiotechnicznych podczas wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

Skuteczność działania wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania, rozpoznawania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach zależy w dużej mierze od zastosowanych wariantów i sposobów działań oraz od niezawodnie działającego sprzętu technicznego, szczególnie środków radiolokacyjnych.

Każdy wariant działań wojsk radiotechnicznych na małych wysokościach musi być adekwatny lub zbliżony do wariantu działań nieprzyjaciela powietrznego na tych wysokościach. Ponadto musi on uwzględniać realne możliwości ugrupowania wojsk radiotechnicznych, możliwości poszczególnych stacji radiolokacyjnych i konkretne warunki terenowe.

Opracowanie rozwiązania działań wojsk radiotechnicznych, które by zabezpieczało wykrywanie,rozpoznanie i śledzenie środków napadu powietrznego nieprzyjaciela w dowolnym wariancie jego działań jest bardzo trudne, a w wielu wypadkach niemożliwe.

Teoria i praktyka w zakresie rozpatrywanych problemów wskazują, że warianty działań można prognozować z dużym prawdopodobieństwem tylko pod kątem sposobów wykorzystania posiadanego sprzętu radiolokacyjnego.

Z przedstawionej charakterystyki środków radiolokacyjnych w podrozdziale 2.1. wynika, że potencjalne możliwości pojedyńczych RLS, kompanii i batalionów radiotechnicznych oraz brygad radiotechnicznych, czy też wojsk radiotechnicznych w całości, w istotnej mierze są uzależnione od ustalonego sposobu /reżymu/ pracy. Dlatego też jednym z ważniejszych zadań, szczególnie dla dowódców kompanii i batalionów radiotechnicznych, jest wybranie w miarę optymalnego sposobu /reżymu/ pracy dla poszczególnych stacji radiolokacyjnych i ich grup w dostosowaniu do konkretnych warunków sytuacji bojowej.

Wybór sposobu /reżymu/ pracy dla poszczególnych systemów i urządzeń stacji radiolokacyjnych powinien być tak dobrany, aby zabezpieczał osiągnięcie maksymalnych zasięgów wykrywania tych stacji w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

Przy poszukiwaniu,wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, za optymalne sposoby /reżymy/ pracy uważa się :

a/ Podczas poszukiwania obiektów /celów/ nisko lecących

Stosowanie rodzaju pracy dla RLS "obserwacja okrężna", z minimalną prędkością obrotów ich systemów antenowych /2 - 4 obr/min/. Zabezpiecza to równomierną obserwację przestrzeni powietrznej na wszystkich azymutach, przy dostatecznie dużej

ilości wysyłanych przez urządzenie nadawcze RLS impulsów w echo sygnałach, co powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

Stosowanie zasilania dla anten piętrowych w fazie i przeciwfazie. Zmiana sposobu zasilania następuje po każdym dookrężnym obrocie anteny. Powyższy sposób zasilania anteny RLS gwarantuje wykrywanie obiektów /celów/ nisko lecących na maksymalnych zasięgach - w całym przedziale małych wysokości.

Ustawienie systemów antenowych /poszczególnych stacji radiolokacyjnych/ pod optymalnymi kątami położenia, które dla potrzeb wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących mieszczą się w granicach od 0° do -2°. Wartość optymalną kąta położenia systemu antenowego, dla oddzielnie wziętej RLS, ustala się na podstawie analizy wyników z topograficznego opracowania pozycji w strefach bliższej i dalszej. Przy ujemnych kątach położenia systemu antenowego zasięg wykrywania każdej RLS zwiększa się. Np : dla RLS PRW - 13, pracującej w rodzaju pracy "okrężna obserwacja", optymalny kąt położenia nie powinien przekraczać 15 minut nad kątami zakrycia pozycji.

b/ Podczas śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących

Stosowanie rodzaju pracy dla RLS "okrężna obserwacja" , z maksymalną prędkością liczby obrotów ich systemów antenowych /4 - 6 obr/min, a w niektórych RLS i więcej/. Ponadto, w celu uzyskania maksimum informacji o wybranych ważnych obiektach /celach/ powietrznych, stosuje się rodzaj pracy "obserwacja w sektorze" lub też, w stosunku do pojedyńczych wybranych obiektów /celów/ nisko lecących, stosuje się ciągłe śledzenie w azymucie - przy ręcznym kierowaniu obrotami systemu antenowego.

Stosowanie skokowego lub płynnego przemieszczenia systemów antenowych w kącie położenia. Po wykryciu obiektów /celów/

powietrznych, w początkowym okresie ich śledzenia, układ antenowy RLS powinien znajdować się w położeniu minusowym. W miarę zbliżania się śledzonych obiektów /celów/ powietrznych do miejsca stania RLS /szczególnie do granicy strefy zaświeceń od przedmiotów miejscowych/ układ antenowy RLS w kącie położenia powinien być sukcesywnie przemieszczany do 0°. Manipulacja układem antenowym w kącie położenia pozwala w określonym stopniu zredukować ujemny wpływ zaświeceń od przedmiotów miejscowych na jakość śledzenia obiektów /celów/ powietrznych oraz zabezpiecza maksymalne trasy śledzenia obiektów /celów/ powietrznych w strefach wykrywania pojedyńczych RLS. Przedstawione powyżej "tzw.optymalne" sposoby pracy stacji radiolokacyjnych noszą charakter uogólniony.

Każda stacja radiolokacyjna, w uzależnieniu od konkretnych warunków terenowych pozycji w strefach bliższej i dalszej, wymaga indywidualnego podejścia w zakresie zastosowania określonych przedsięwzięć organizacyjno-technicznych, np :

- dla RLS P-12 i 15 można stosować sposób pracy z dwóch anten /jednej etatowej i drugiej o podwyższonym maszcie typu "UNŻA"/. Podczas poszukiwania i wykrywania na dalszych odległościach należy wykorzystywać antenę o podwyższonym maszcie, natomiast podczas śledzenia kiedy obiekt /cel/ powietrzny zbliża się w stronę RLS - przechodzić na antenę etatową ;
- w stacjach radiolokacyjnych wielokanałowych /P-35 i P-37/ stosować manewr układem antenowym w kącie położenia w stronę ujemnych kątów, a w celu zmniejszenia zaświeceń od przedmiotów miejscowych wyłączać z pracy pierwszy kanał.

Bardzo ważnym elementem w procesie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących jest dokładna znajomość przez operatorów i techników RLS schematów odbić od przedmiotów miejscowych. Wielkość odbić i ich intensywność w dużej mierze uzależniona jest od warunków meteorologicznych, a nawet od pory doby. Dlatego też operator przed przystąpieniem do pracy musi dokładnie zapoznać się ze schematem odbić od przedmiotów miejscowych, przy tym sposobie /reżymie/, w którym RLS w ciągu jego dyżuru będzie pracować.

Z uwagi na to, że przy włączonych układach TES zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych zmniejsza się, dlatego też poszukiwanie, wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ powietrznych do granic zaświeceń od przedmiotów miejscowych należy prowadzić bez włączenia układów TES. Powyższe układy włączać tylko wtedy, kiedy jest pewność, że śledzony obiekt /cel/ powietrzny nie zostanie wytłumiony. W przeciwnych wypadkach należy korzystać z układów "ciemnej indykacji".

Ważne znaczenie w procesie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących /szczególnie przy opracowywaniu wariantu działań/ ma dobór skal w aparaturze wskaźnikowej. Istnieją sugestie, że skala wskaźnika w km nie powinna być większa jak oczekiwana odległość wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących. Ponadto należy uważać za wskazane zatrzymanie i blokowanie linii podstawy czasu w okresie przechodzenia impulsu przez strefę odbić od przedmiotów miejscowych.

W niektórych podręcznikach oraz w niektórych publikacjach można się spotkać z twierdzeniem, że najlepsze efekty w wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ nisko lecących osiąga się przy kompleksowym wykorzystaniu sprzętu radiolokacyjnego, w określonych zestawieniach; np : P-15 i PRW-13, Jawor i PRW-13, Narew i PRW-13 itp.

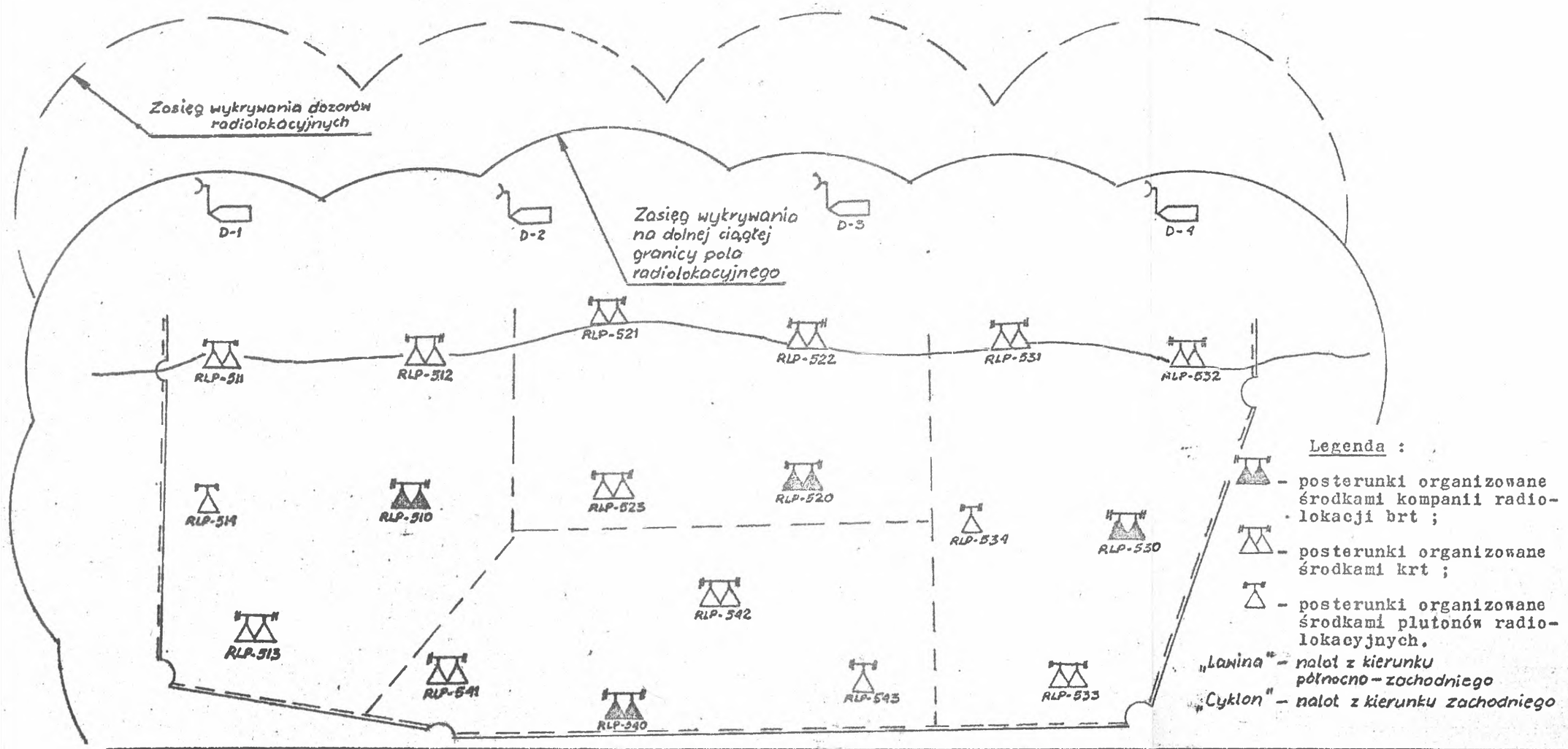
Stacje radiolokacyjne występujące w poszczególnych zestawieniach wzajemnie uzupełniają się i tworzą określoną całość. Ponadto należy mieć na uwadze i to, że stacje radiolokacyjne wyznaczone do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących, w tym samym czasie nie powinny być angażowane do wykonywania innych zadań - w tym szczególnie na innych wysokościach.

Z uwagi na to, że nie wszystkie stacje radiolokacyjne mają możliwość śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących w rodzaju pracy "obserwacja w sektorze", autor sugeruje, aby tym stacjom radiolokacyjnym przy rodzaju pracy "obserwacja okrężna" wyznaczyć sektory odpowiedzialności. Na rys.87 jest przedstawiona jedna z możliwych wersji takiego wariantu działań wojsk radiotechnicznych, w stosunku do dwóch zasadniczych kierunków nalotu SNP nieprzyjaciela z małych wysokości.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że opracowanie w miarę optymalnego wariantu działań wojsk radiotechnicznych do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących jest procesem trudnym i skomplikowanym - szczególnie dla całego systemu WRT.

W warunkach obszaru naszego kraju w miarę optymalne warianty działań WRT, odnośnie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących, można organizować tylko w ramach brygad radiotechnicznych, z uwagi na :

- odmienność warunków terenowych i klimatycznych w zajmowanym przez brygady rajonach ;
- zróżnicowany stopień zagrożenia nalotem SNP nieprzyjaciela z małych wysokości na rejony zajmowane przez brygady ;
- ilość i jakość sprzętu radiolokacyjnego występującego w ugrupowaniach poszczególnych brygad.



Numer pododdziału Numer RLP Typ RLS	Zadanie pododdziału	Przy nalocie z kierunku północno zachodniego i zachodniego				Przy nalocie z kierunku północnego			
		rodzaj obserwacji	sektor odpowiedzialności	skala wskaźnika w km	ilość obrotów anteny na minutę	rodzaj obserwacji	sektor odpowiedzialności	skala wskaźn. w km	ilość obrotów anteny na minutę.
11 krt JAWOR M-2 RLP-511 NAREW PRW-13	Wykrywać, rozpoz- i śledzić obiekty powietrzne od H=50 do H=2000m.	Okrężna	270^0 - 90^0	200	3	okrężna	-	200	3
		- " -	180^0 - 90^0	100	6	- " -	0^0 - 180^0	100	6
		- " -	270^0 - 90^0	100	6	- " -	180^0 - 360^0	100	6

Rys. 87. Wariant działań brygady wojsk radiotechnicznych na małych wysokościach /wzór/.

Głównym celem każdego wariantu działań WRT musi być osiągnięcie maksimum potencjalnych możliwości poszczególnych stacji radiolokacyjnych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

Sposoby /reżymy/ pracy stacji radiolokacyjnych w założonym wariancie działań muszą być adekwatne do właściwości pozycji na której zostały rozwinięte.

Podczas przygotowania wariantów działań należy kierować się zasadą jednoznaczności i unikać kompromisów odnośnie wykorzystania oddzielnie wziętych stacji radiolokacyjnych.

Najlepsze efekty w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących osiąga się przy kompleksowym wykorzystaniu stacji radiolokacyjnych, np : w zestawieniach P-15NL i PRW-13, Jawor i PRW-13 ; Narew i PRW-13 itp.

W N I O S K I K O Ń C O W E

Analiza położenia geograficznego Polski w Europie i charakterystyka ukształtowania powierzchni terenu na obszarze kraju oraz analiza możliwości lotno-technicznych współczesnych S N P i ich taktyka działania wskazują jednoznacznie, że obszar PRL jest zagrożony ze strony lotnictwa NATO z trzech głównych /zasadniczych/ kierunków nalotu, na których można wyodrębnić po kilka kierunków nalotu o charakterze operacyjno- taktycznym.

Z uwagi na zróżnicowane warunki terenowe w obszarze PRL, stopień zagrożenia nalotem z małych wysokości z poszczególnych kierunków na poszczególne rejony kraju będzie różny - szczególnie dotyczy to minimalnych wysokości nalotu.

Osobliwą cechą ukształtowania powierzchni obszaru PRL jest to, że składa się ona z szeregu pasów kolejno niższych i wyższych, biegnących na ogół z zachodu na wschód i rozszerzających się wachlarzowo ku wschodowi. Bezwzględne wysokości terenu w poszczególnych pasach są różne.

Charakterystycznym zarówno dla potrzeb radiolokacji /organizacji pola radiolokacyjnego na małych wysokościach/, jak i dla potrzeb wykonywania lotów na małych wysokościach nie jest bezwzględna wysokość terenu lecz występujące różnice wzniesień /wysokości względne/, tzw. deniwelacje. Deniwelacje terenu o wysokościach : 50, 100 i 200 m występują zarówno w pasach wyżyn jak i nizin. Z terenem urozmaiconym o deniwelacji zbliżonej do 100 - 200 m lub większych mamy do czynienia w pasach pojezierzy i wyżyn oraz w obszarze gór.

W wymienionych obszarach istnieją poważne ograniczenia w zakresie możliwości wytworzenia przez ugrupowanie WRT pola radiolokacyjnego od dolnej ciągłej granicy 50, 100, 200 a nawet 300 - 500 m. Szczególnie niekorzystne warunki dla wojsk radiotechnicznych występują w rejonach kotlin podkarpackich oraz na wyżynie i kotlinie śląskiej.

Charakterystyka środków radiolokacyjnych aktualnie znajdujących się w wyposażeniu wojsk radiotechnicznych oraz analiza ich możliwości wskazują na to, że wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących w dalszym ciągu będzie problemem bardzo trudnym, a przy lotach SNP nieprzyjaciela poniżej wysokości 50 m obecnie niemożliwym do rozwiązania.

Pomimo dynamicznego rozwoju środków radiolokacyjnych tak w sensie ilościowym jak i jakościowym /zwiększone zasięgi wykrywania na małych wysokościach/, trudności w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach mogą się nawet pogłębiać, z uwagi na wzrost możliwości działania SNP nieprzyjaciela na tych wysokościach.

Wyposażenie SNP w doskonalsze jeszcze środki zabezpieczenia lotu i wykonywania zadań na małych wysokościach pozwoli przeciwnikowi bardziej obniżyć wysokość działania i wykonywać loty pod osłoną ekranujących właściwości rzeźby terenu nawet w trudnych warunkach atmosferycznych.

Powszechne stosowanie intensywnych i różnorodnych zakłóceń radiolokacyjnych, w powiązaniu z różnymi formami manewru przeciwradiolokacyjnego, dodatkowo skomplikuje i utrudni wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

Z oceny możliwości lotno- taktycznych SNP nieprzyjaciela wynika także, że państwa NATO do wykonania zadań na małych wysokościach mogą użyć różne typy samolotów uderzeniowych i rakiet uskrzydlonych. Szczególna rola w tym zakresie przypada lotnictwu taktycznemu i pociskom typu "CRUISE".

Prędkości naddźwiękowe na małych wysokościach obecnie osiąga już wiele samolotów uderzeniowych i rozpoznawczych oraz rakiety uskrzydlone i niektóre pociski. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w warunkach stosowania broni

jądrowej /pojedyncze samoloty, niewielki ciężar przenoszonego ładunku/. W związku z tym czas przebywania obiektu /celu/ powietrznego w strefie wykrywania pojedynczego posterunku radiolokacyjnego jest niewielki. W miarę obniżania pułapu lotu SNP czas ten jeszcze bardziej się skraca. Wymaga to od wojsk radiotechnicznych utrzymywania środków radiolokacyjnych w wysokiej sprawności technicznej i w wysokim stopniu gotowości bojowej, sumiennego i świadomego pełnienia dyżurów bojowych przez obsługi RLS oraz automatyzacji zbioru przekazywania i zobrazowania informacji radiolokacyjnej o sytuacji powietrznej.

W wyniku analizy możliwości bojowych WRT w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych ustalono, że zasięg wykrywania jest podstawowym wskaźnikiem możliwości bojowych każdej stacji radiolokacyjnej z osobna i wojsk radiotechnicznych w całości. Szczególnego znaczenia nabiera powyższy wskaźnik przy wykonywaniu zadań przez WRT na małych wysokościach.

Zasięgi wykrywania poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych są uzależnione w dużym stopniu od wielu czynników, właściwości i warunków, w tym między innymi od :

- technicznych i energetycznych charakterystyk RLS ;
- mocy urządzenia nadawczego ;
- mocy urządzenia odbiorczego ;
- zysku kierunkowego anteny /konstrukcji urządzenia antenowego/;
- długości fali na jakiej pracuje stacja radiolokacyjna ;
- skutecznej powierzchni odbicia obiektu /celu/ powietrznego ;
- warunków i właściwości rozchodzenia się fal radiowych ;
- warunków terenowych i rzeźby terenu, gdzie rozwijane są stacje radiolokacyjne.

W wyniku analizy ustalono, że w/w czynniki, warunki i właściwości mają zróżnicowany wpływ na zasięgi wykrywania poszczególnych typów RLS, zarówno w sensie dodatnim jak i ujemnym.

Czynnikiem wybitnie niekorzystnie wpływającym na zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach są wszelkiego rodzaju zakłócenia radiolokacyjne, które oddziaływując na systemy odbiorcze stacji radiolokacyjnych powodują obniżenie ich czułości odbiorczych. Obniżenie, z jakiejkolwiek przyczyny czułości urządzenia odbiorczego prowadzi bezpośrednio do skrócenia zasięgu wykrywania RLS. Dlatego też, nie wolno dopuszczać do tego, aby w jakikolwiek sposób /poprzez nieprzemyślane działanie lub poprzez nieumiejętną eksploatację urządzeń, systemów czy podzespołów/ obniżać potencjalne możliwości poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

W wyniku analizy warunków i właściwości rozchodzenia się fal radiowych ustalono, że :

- zasięg wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach jest ograniczony zasięgiem horyzontu radiowego i jest od niego mniejszy ;
- podstawowym wskaźnikiem określającym przydatność stacji radio-lokacyjnej do wykonywania zadań na małych wysokościach, jest wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego dla rozpatrywanego typu RLS ;
- zasięg wykrywania /działania/ stacji radiolokacyjnych zakresu metrowego i decymetrowego na małych wysokościach jest uzależniony od rodzaju i jakości podłoża odbijającego ;

- stacje radiolokacyjne zakresu metrowego i decymetrowego osiągają największe zasięgi wykrywania, w odniesieniu do obiektów /celów/ nisko lecących, kiedy podłożem odbijającym są lustra obszarów wodnych lub wilgotna gleba ;
- zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych na małej wysokości są determinowane krzywizną powierzchni ziemi, od której zależy zarówno zasięg horyzontu jak i współczynnik jego wykorzystania ;
- zasięg horyzontu radiowego w znacznej mierze uzależniony jest również od rodzaju refrakcji, z tym że największy zasięg horyzontu radiowego jest przy występowaniu tzw. refrakcji normalnej ;
- wraz ze zwiększeniem wysokości zawieszenia /ustawienia/ układu antenowego stacji radiolokacyjnej, zwiększa się jej zasięg wykrywania w stosunku do obiektów /celów/ nisko lecących ;
- zasięg wykrywania każdej RLS na małych wysokościach jest uzależniony od kąta położenia ich układów antenowych oraz kąta położenia elementów promieniujących tych anten ;
- największy wzrost zasięgów wykrywania na małych wysokościach, przez podwyższenie wysokości zawieszenia /ustawienia/ anteny, osiągają RLS zakresu decymetrowego ;
- zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach są determinowane w największym stopniu przez warunki terenowe w miejscach ich rozwijania, a szczególnie przez kąty zakrycia tworzone przez różnego rodzaju przedmioty terenowe ;
- pozycje dla stacji radiolokacyjnych, przeznaczonych do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, muszą być równe i posiadać zerowe lub ujemne kąty zakrycia ;

- wraz ze wzrostem wysokości zawieszenia anteny, zwiększają się wymagania w stosunku do pozycji RLS /RLP/.

Powyższe ustalenia dają podstawę do zastosowania w wojskach radiotechnicznych OPK szeregu przedsięwzięć /zabiegów/ zarówno o charakterze organizacyjno- technicznym jak i organizacyjno- taktycznym.

Celem zastosowania przedsięwzięć /zabiegów/ o charakterze organizacyjno- technicznym jest zwiększenie zasięgów wykrywania RLS na małych wysokościach, do nich należałoby zaliczyć:

- wybór i doskonalenie pozycji RLS ;
- rozmieszczenie stacji radiolokacyjnych /szczególnie zakresu centymetrowego/ na panujących wzgórzach, nasypach, wieżach i estakadach ;
- zawieszenie anten /RLS zakresu metrowego i decymetrowego/ na specjalnych wieżach i masztach ;
- wybór optymalnych reżymów /sposobów/ pracy dla poszczególnych RLS podczas wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących ;
- ustawienie elementów promieniujących anten pod optymalnymi kątami ;
- zwiększenie intensywności promieniowania energii pod małymi kątami położenia, poprzez odpowiedni rozdział mocy między piętrami anteny ;
- wybór i ustawienie najbardziej optymalnego kąta nachylenia systemów antenowych RLS ;
- wybór i celowe ustawienie zasilania anten wielopiętrowych

Natomiast celem zastosowania przedsięwzięć /zabiegów/ o charakterze organizacyjno- taktycznym jest zabezpieczyć i zachować potencjalne możliwości RLS w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących, w konkretnie występujących warunkach terenowych oraz przy uwzględnieniu

zastosowanych zabiegów o charakterze organizacyjno-technicznych.

Do zabiegów organizacyjno - taktycznych można zaliczyć :

- ugrupowanie i doskonalenie ugrupowania środków radiolokacyjnych pod kątem potrzeb wytworzenia pola radiolokacyjnego wielofunkcyjnego na małych wysokościach ;
- modelowanie pola radiolokacyjnego na małych wysokościach ;
- warianty i sposoby działań WRT OPK podczas wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

Mając na uwadze ustalenia wynikłe z analizy problemów i rozważań zarówno pierwszego jak i drugiego rozdziału można stwierdzić, że najlepsze /najbardziej odpowiednie/ warunki w obszarze PRL dla wytworzenia ciągłego pola radiolokacyjnego od wysokości dolnej granicy 50 m istnieją wzdłuż wybrzeża morskiego.

Jednak należy także stwierdzić, że morze stanowi otwartą granicę kraju i stwarza dla naszych potencjalnych przeciwników dogodne warunki do prowadzenia operacji powietrznych, ponieważ :

- umożliwia wykonanie nalotu na nasz kraj z małych wysokości i daje możliwość uzyskania przeciwnikowi zaskoczenia ;
- SNP nieprzyjaciela mogą wykonywać loty na minimalnych wysokościach rzędu 20 - 50 m ;
- w celu maskowania nalotu przeciwnik może stosować zakłócenia radiolokacyjne zarówno z samolotów jak i okrętów nawodnych i podwodnych ;
- zabezpiecza skrytość wysadzenia desantów morskich i grup dywersyjnych na obszar północnej Polski.

Wyłączając wybrzeże morskie, nad pozostałym obszarem kraju w uzależnieniu od występujących warunków terenowych, pole radiolokacyjne na małych wysokościach może kształtować się różnie. Jego dolna ciągła granica w pasach nizin może realnie osiągać wysokość 100 - 200 m, natomiast w pasach pojezierzy i wyżyn 200 - 300 m.

Struktura pola i jego zasięg zależeć będzie od :

- występujących względnych przewyższeń terenu /deniwelacji/, w strefach bliższych i dalszych pozycji posterunków radiolokacyjnych ;
- występowania w rozpatrywanym rejonie przedmiotów miejscowych i kątów zakrycia ;
- przyjętego wariantu ugrupowania i użytego sprzętu radiolokacyjnego.

Z uwagi na to, że ugrupowanie sił i środków WRT stanowi materialną podstawę do wytworzenia pola radiolokacyjnego z żądaną ciągłą dolną granicą, musi być ono w sposób ciągły doskonalone.

Doskonalenie ugrupowania sił i środków WRT wiąże się ściśle z wyborem i doskonaleniem pozycji dla posterunków radiolokacyjnych oraz z modelowaniem pola radiolokacyjnego.

Tylko i wyłącznie na podstawie w/w zabiegów organizacyjno-taktycznych można przystąpić do opracowania w miarę optymalnych wariantów działań dla brygad i batalionów radiotechnicznych na małych wysokościach.

Autor zdaje sobie sprawę z niedoskonałości niektórych proponowanych rozwiązań, ponieważ każde przedsięwzięcie zarówno natury organizacyjno - technicznej jak i organizacyjno-taktycznej wymaga indywidualnego podejścia. Niemniej jednak i w tym zakresie można wprowadzić niektóre uogólnienia, że :

- problemów związanych z wykrywaniem i śledzeniem obiektów /celów/ nisko lecących nie można rozwiązywać w sposób jednorazowy /akcyjny/ lecz poprzez żmudne długofalowe zabiegi doskonalące o charakterze organizacyjnym, technicznym i taktycznym ;
- wojskom radiotechnicznym na obecnym etapie potrzebny jest niezbędnie manewrowy pododdział radiotechniczny, co najmniej w sile plutonu radiolokacyjnego ;
- pozycje o dodatnich kątach zakrycia nie mogą być przydatne dla RLP biorących udział w tworzeniu pola radiolokacyjnego na małych wysokościach ;
- ciągłe pole radiolokacyjne od H = 50m w obszarze PRL może być wytworzone tylko wyłącznie wzdłuż wybrzeża morskiego, przy wykorzystaniu RLS : 15 NL, NAREW i PRW-13 ;
- tylko na podstawie modelowania można opracować w miarę optymalny wariant działań dla WRT na małej wysokości ;
- w warunkach obszaru Polski w miarę optymalne warianty działań WRT na małych wysokościach mogą być przygotowane tylko w ramach brygad radiotechnicznych, z uwagi na odmienność warunków terenowych i zróżnicowany stopień zagrożenia nalotem SNP nieprzyjaciela z małych wysokości ;
- wydłużenie zasięgu pola radiolokacyjnego na małych wysokościach, na kierunkach północnym i północno-zachodnim, jest możliwe tylko poprzez wprowadzenie wysuniętych pływających dozorów radiolokacyjnych ;
- modelowanie pola radiolokacyjnego na małych wysokościach powinno w sposób integralny uwzględniać realne powiązania występujące pomiędzy prawem rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w zakresie UKF a krzywizną ziemi i rzeźbą jej powierzchni ;

- tylko poprzez modelowanie można w miarę optymalnie ugrupować środki WRT i wytworzyć pole radiolokacyjne od minimalnej dolnej ciągłej granicy ;
- tylko wprowadzenie zasady stałej /codziennej/ kontroli w zakresie odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących przez poszczególne RLS /patrz - załącznik 18/, może dać realną podstawę do dalszego doskonalenia radiolokacyjnego systemu wykrywania i śledzenia na małych wysokościach.

Z A K O Ń C Z E N I E

Niniejsza praca stanowi próbę naukowego spojrzenia na zasadnicze kwestie związane z problematyką wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach przez wojska radiotechniczne w warunkach PRL.

W pracy skoncetrowałem swoją uwagę na tych zagadnieniach, które z uwagi na zakres mojej wiedzy, jak również i na zastosowane metody badań stwarzały możliwości wyciągania wniosków natury teoretycznej i praktycznej.

Ze względu na to, że nie miałem warunków do weryfikacji swoich poglądów drogą eksperymentów, starałem się je konfrontować z materiałami dotyczącymi wykorzystania wojsk radiotechnicznych, szczególnie w Wietnamie i na Bliskim Wschodzie.

Jestem przekonany, że decydującą rolę w możliwościach wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, odgrywają techniczne i taktyczne możliwości poszczególnych stacji radiolokacyjnych i warunki, w jakich są one eksploatowane.

W miarę swych możliwości usiłowałem naświetlić te przedsięwzięcia i zabiegi natury organizacyjno-technicznej i taktycznej, które mogą wpłynąć na zwiększenie możliwości WRT w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach lub je zachować.

Do osobistego wkładu w rozwiązanie tej problematyki zaliczam :

- zestawienie wymagań w stosunku do pozycji stacji radiolokacyjnych, dla potrzeb wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących /tabela 29/ ;

- opracowanie wymagań warunkujących budowę optymalnych nasypów pod stacje radiolokacyjne, które są w stanie niwelować kąty zakrycia powstałe od przedmiotów terenowych /tabela 30 oraz rys. 73 i 74/ ;
- opracowanie wymagań w stosunku do ugrupowania środków WRT : gdzie i w jakich warunkach, przy użyciu jakich środków, od jakiej dolnej ciągłej granicy można stworzyć pole radiolokacyjne w obszarze PRL /zagadnienie 2.3.2/ ;
- opracowanie wariantów struktury organizacyjnej kompanii radiotechnicznych /radiolokacji/ i plutonów radiolokacyjnych /załącznik 14/ ;
- opracowanie wariantu modelowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach z uwzględnieniem krzywizny ziemi i rzeźby jej powierzchni /zagadnienie 2.3.3, wzór 2.99 tabela 31 i rys.86/ ;
- opracowanie wzoru wariantu działań dla brygady radiotechnicznej, podczas wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących /rys.87/ ;
- opracowanie wzoru formularza sprawozdawczego zasięgu wykrywania RLS na małych wysokościach /załącznik 18/ ;
- opracowanie danych zawartych w tabelach 28, dla RLS: P-18, P-15NL, JAWOR-M2, NAREW, PRW-13NL i 5N87 oraz opracowanie wykresów dla tych RLS do określania ich dolnej granicy wykrywania w stosunku do obiektów /celów/ nisko lecących /załącznik 13/ ;

Ponadto wykonałem wiele rysunków oraz zestawiłem szereg tabel potrzebnych do ilustracji rozpatrywanych zagadnień.

W sumie w pełni wystarczającą dla mnie satysfakcją będzie ewentualne uznanie użyteczności mojej pracy, jako zbiorczego materiału teoretycznego z zakresu poruszanych problemów.

Oczywiście poruszana problematyka w niniejszej rozprawie jest dość skomplikowana i nie mogłem się ustrzec pewnych niedopracowań przy rozwiązywaniu i naświetlaniu poszczególnych zagadnień - za co z góry przepraszam.

Niektóre problemy sygnalizowane w mojej pracy, zostały już częściowo rozwiązane w rozprawie doktorskiej mjr mgr inż. Stefana ANTCZAKA, w rozpracowywanym temacie : "Zastosowanie niektórych metod badań operacyjnych do oceny pola radiolokacyjnego dla wykrywania obiektów powietrznych na małych wysokościach w brygadzie radiotechnicznej korpusu OPK".

W zakończeniu chciałbym podziękować promotorowi Ob. płk rez. doc. dr Antoniemu PRZENICZNEMU za kierowanie moją pracą oraz wszystkim kolegom, którzy służyli mi radą i udzielali cennych wskazówek.

Z A Ł A C Z N I K I :

Nr 1. Dane taktyczno-techniczne podstawowych typów samolotów i rakiet uskrzydlonych państw zachodnich.

Nr 2. Charakterystyka pocisków "CRUISE" i ich układu kierującego.

Nr 3. Charakterystyka niektórych pokładowych stacji radiolokacyjnych i urządzeń nawigacyjnych montowanych na samolotach państw zachodnich do kontroli lotu samolotów na małych wysokościach.

Nr 4. Charakterystyka aparatury rozpoznania radioelektronicznego montowanej na pokładach samolotów państw zachodnich.

Nr 5. Charakterystyka pokładowych nadajników zakłóceń radiolokacyjnych montowanych na samolotach państw zachodnich.

Nr 6. Charakterystyka pokładowych urządzeń montowanych na samolotach państw zachodnich do stosowania pasywnych zakłóceń radiolokacyjnych.

Nr 7. Możliwe wyposażenie samolotów państw zachodnich w środki rozpoznania radioelektronicznego, zakłóceń radiolokacyjnych oraz w środki aktywnego zwalczania naziemnych stacji radiolokacyjnych.

Nr 8. Charakterystyka promieniowania urządzenia zakłócającego ALQ - 102.

Nr 9. Charakterystyki wykrywania oraz zakresy pracy w kącie położenia poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych.

Nr10. Wyposażenie poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych w podstawową aparaturę przeciwzakłóceniową.

Nr 11. Metoda graficzna do określania odległości wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

Nr 12. Schematy odbić od przedmiotów miejscowych dla różnych typów stacji radiolokacyjnych, rozwiniętych w różnych rejonach obszaru kraju.

Nr 13. Wykresy do określania dolnej granicy stref wykrywania stacji radiolokacyjnych, przy uwzględnieniu kątów zakrycia pozycji, wysokości zawieszenia anteny oraz wysokości lotu obiektów /celów/ powietrznych.

Nr 14. Warianty struktury organizacyjnej pododdziałów radiotechnicznych.

Nr 15. Określenie współrzędnych celu powietrznego stosującego zakłócenia, z wykorzystaniem SZD w małych trójkach.

Nr 16. Metoda algorytmiczna do określania realnych stref wykrywania RLS na małych wysokościach.

Nr 17. Zestawienie wartości równych wysokości.

Nr 18. Wzór formularza sprawozdawczego zasięgów wykrywania RLS na małych wysokościach.

B I B L I O G R A F I A

"Algorytmy określania stref widzialności RLS na małych wysokościach z uwzględnieniem profilu terenu i przedmiotów terenowych" - instrukcja. MON DW OPK, Warszawa 1973 r.

ADAMCZYK A. mjr dyp. - "Wpływ ustawiania elementu promieniującego anteny stacji radiolokacyjnej na zasięg wykrywania nisko lecących obiektów powietrznych" - artykuł. Przegląd WL i WOPK Nr 10 1975 r.

AKUŁOW W J. - "Organizacja bojewoj raboty w radiotechniczieskoj brigadie, woorużonnoj komplieksom "Wozduch" - 1P" - konspekt lekcji COK /ZSRR/,WŁADIMIR 1968 r.

AKUŁOW W J. - "Mietodika takticzeskoj podgotowki oficerow KP /RIC/ po zadaczam - lietuczkam" - konspekt lekcji COK /ZSRR/, WŁADIMIR 1968 r.

"Bojowe wykorzystanie wojsk radiotechnicznych na podstawie doświadczeń z działań bojowych wietnamskiej armii ludowej" - podręcznik. MON DW OPK, WARSZAWA 1969 r.

BUROW N J. - "Małowysotnaja radiołokacja" - podręcznik. Wojennoje izdatelstwo MO ZSRR MOSKWA 1977 r.

BANAŚ J. kpt - "Wykorzystanie środków radiolokacyjnych i posterunków obserwacji wzrokowej innych rodzajów wojsk i sił zbrojnych do zwiększenia możliwości WRT OPK w zakresie wykrywania celów nisko lecących" - praca dyplomowa. ASG 1976 r.

BYCZIENKOW G. ppłk "Z pomoszcziju nomogramy" - artykuł. Awiacja i Kosmonawtika, miesięcznik wojenno-wozdusznych sił /ZSRR/ Nr 7 1976 r.

BOGOMOŁOW A.F. "Osnowy radiołokacji" - podręcznik. Sowietskoje Radio Moskwa - 1964 r.

"Charakterystyka środków napadu powietrznego państw NATO" - podręcznik. MON DW OPK 1967 r.

"Charakterystyka pokładowych środków radioelektronicznych montowanych na samolotach państw zachodnich" - podręcznik. MON DW OPK Oddział II 1974 r.

DANIEL J. "Anteny i rozchodzenie się fal radiowych" - wydanie naukowe-techniczne. Warszawa - 1973 r.

DOŁUCHANOW M.P. - "Rozchodzenie się fal radiowych". PWN WARSZAWA 1965 r.

"Doświadczenia lotnictwa amerykańskiego w wojnie wietnamskiej". MON Sztab.Gen. Zarząd II, WARSZAWA 1971 r.

DEMIDOW W.P. "Radioelektronika w wojennom diele" - podręcznik. Wydanie DOSAAF, MOSKWA 1975 r.

DIERJABIN J. ppłk inż. BOJCZENKO K. ppłk inż. "Diestwija awiacji pri prieodolienii PWO" - artykuł. Wiestnik PWO Nr 5 1973 r.

GRIGORIANC W.G. "Tiechniczeskije pokazatieli radiołokacjonnych stancji" - podręcznik. MOSKWA 1964 r.

GRZESZEK E. ppłk dypl., ADAMCZYK A. mjr dypl. "Metoda określenia realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach z uwzględnieniem profilu terenu i przedmiotów terenowych" - skrypt. ASG 1974 r.

IMAS E.J. ppłk mgr inż. "Wożmożnosti RLS RTW po obnarużeniju i soprowożdieniju niskoletiaszczich celej" - skrypt. Akademia OP /ZSRR/, Kalinin - 1961 r.

Instrukcja WRT OPK /brygada, pułk, batalion/. MON DW OPK, WARSZAWA 1970 r.

IMAS E.J. płk doc. dr "Ocenka bojewych wozmożnostiej i wybor /racjonalnych/ reżymów raboty kompleksa RLS podrazdielenia RTW" - konspekt lekcji. Akademia OP /ZSRR/, katedra taktyki i techniki RTW, Kalinin - 1975 r.

JAŁOCHA Z. kpt. - "Wykrywanie i prowadzenie celów powietrznych na małych wysokościach przez wojska radiotechniczne OPK na kierunku nadmorskim" - praca dyplomowa. ASG 1975 r.

KROPIOWSKI T. płk dypl. - "Podstawowe problemy wykorzystania bojowego artylerii rakietowej OPK do zwalczania środków napadu powietrznego działających na małych wysokościach" - praca doktorska. ASG 1974 r.

Katalog sprzętu lotniczego państw kapitalistycznych. Część I i II. MON Sztab. Gen. Zarząd II, WARSZAWA 1969, 1970 r.

Lotnictwo taktyczne NATO - podręcznik. MON Sztab.Gen. Zarząd II, WARSZAWA 1971 r.

Lotnictwo sił lądowych NATO - podręcznik Cz.I. MON Sztab.Gen. Zarząd II, WARSZAWA 1972 r.

LENCEWICZ S. Geografia fizyczna Polski. PWN, WARSZAWA.

LATINSKIJ S.M. "Tieoria i praktika eksppłuatacji radiołokacjonnych sistiem. Sowietskoje Radio - 1970 r.

"Mietodiczeskije materiały opieratywno-takticzeskich razczio-tow priminiajemych w radiotechniczeskich wojskach POW strany" - podręcznik. Akademia OP /ZSRR/, KALININ 1976 r.

"Mietodiczeskije posobie po obuczeniju radiotechniczeskich wojsk PWO strany bojewoj rabotie po niskoletjaszczim i wysotnym celiam" - podręcznik. Akademia OP /ZSRR/, KALININ 1973 r.

"Metodyka szkolenia Wojsk Radiotechnicznych OPK w pracy bojowej w warunkach nalotu celów na małych i dużych wysokościach" - podręcznik. MON DW OPK, WARSZAWA 1966 r.

"Podstawy analizy sytuacji powietrznej na stanowiskach dowodzenia wojsk radiotechnicznych OPK" - podręcznik. MON DW OPK, WARSZAWA 1971 r.

"Przygotowanie wojsk radiotechnicznych do prowadzenia działań bojowych w warunkach stosowania zakłóceń radioelektronicznych" - podręcznik. MON DW OPK, WARSZAWA 1973 r.

PIĄTKOWSKI E. ppłk dypl. GRZESZEK E. ppłk dypl.
"Podstawy taktyki wojsk radiotechnicznych OPK" - skrypt. ASG 1970 r.

PERESADA, FILIPOW, DEMIDOW - "Borba z niskolietjaszczymi sredstwami wozdusznowo napadienija"- podręcznik. WIMO ZSRR MOSKWA 1971 r.

"Rozwój działań wojennych na półwyspie indochińskim w latach 1968 - 1974" - podręcznik. MON Sztab Gen. Zarząd II, WARSZAWA 1974 r.

"Rozwój działań wojennych w Wietnamie /część V/ - siły powietrzne" - podręcznik. MON Sztab.Gen.Zarząd II, WARSZAWA 1968

"Rozpoznanie radioelektroniczne prowadzone przez samoloty i okręty rozpoznawcze państw NATO" - podręcznik. MON.Sztab.Gen. Zarząd II, WARSZAWA 1970 r.

"Rozwój działań wojennych w Wietnamie /cz.VIII/." - podręcznik. MON Sztab.Gen. Zarząd II, WARSZAWA 1968 r.

"Siły i środki oraz taktyka stosowania zakłóceń radioelektronicznych przez państwa NATO" - skrypt wykładu. MON DW OPK Oddział II 1975 r.

SOBIESKI S. płk "Reklamowe i rzeczywiste osiągi samolotów bojowych USA" - artykuł. Przegląd WL i WOPK nr 12 1974 r.

SIWICKI J. ppłk mgr - "Wybrane zagadnienia techniczno-inżynieryjnego zabezpieczenia wojsk radiotechnicznych OPK" - skrypt. ASG WARSZAWA 1972 r.

SIWICKI J. ppłk mgr - "Normatywy taktyczno-techniczne i zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych WRT OPK" - skrypt. ASG WARSZAWA 1975 r.

SZELIECHOW M.W. " Z małych wysot" - artykuł. Wiestnik PWO Nr 5 1966 r.

SZIELIECHOW M.W. "Taktika awiacji w wojnie w Jugo - Wostocznoj Azji i Bliżniem Wostokie" - artykuł. Wiestnik PWO nr 6 1974 r.

"Taktika radiotechniczieskich wojsk PWO strany" - podręcznik. Akademia OP /ZSRR/ KALININ 1972 r.

"Taktyka wojsk radiotechnicznych OPK" - podręcznik. MON DW OPK, WARSZAWA 1973 r.

"Taktyka wojsk radiotechnicznych wojsk obrony powietrznej kraju" - podręcznik. MON DW OPK, WARSZAWA 1977 r.

TROFIMOW K.N. "Radiołokacja" - podręcznik. WIMO /ZSRR/, MOSKWA 1957 r.

"Technika radiolokacji" - podręcznik /praca zbiorowa/. MON DW OPK, WARSZAWA 1972 r.

UTKIS M.G. ppłk inż. "Z pomoszcziju grafika" - artykuł. Wiestnik PWO Nr 5 1966 r.

UTKIS M.G. "Izmierienie formy diagramy naprawliennosti RLS" - artykuł. Wiestnik PWO Nr 8 1966 r.

WISZIN G.M. "Mnogoczastotnaja radiołokacja" - podręcznik. WIMO ZSRR MOSKWA 1973 r.

" Zasady i możliwości działania środków napadu powietrznego przeciwnika na małych wysokościach ". MON Sztab.Gen. Zarząd II, WARSZAWA 1968 r.

" Zasady bojowego wykorzystania lotnictwa taktycznego Stanów Zjednoczonych " - podręcznik. MON DW OPK Oddział II, WARSZAWA 1975 r.

" Zasady wykorzystania systemu radiolokacyjnego oraz prowadzenia pracy bojowej na stanowiskach dowodzenia WRT OPK " - podręcznik. MON DW OPK, WARSZAWA 1970 r.

Wydrukowano w 15 egz.
Egz.nr 1-15 Libl.Nauk OZS
Wyk.ppłk E.Grzeszek
Druk D.S.dn.15.5.79 r.
Druk ASG WP nr 01437/WW

Załącznik nr 1

Niektóre dane taktyczno-techniczne podstawowych typów samolotów i rakiet uskrzydlonych państw zachodnich *)

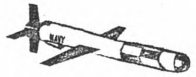
Nazwa i oznaczenie samolotu	Załoga	Ilość silników / ciąg	Prędkość [km/h] Na małych wysokościach	Prędkość [km/h] Na dużych wysokościach	Wysokość lotu [m] Pułap praktyczny	Wysokość lotu [m] Minimalna wysokość lotu	Zasięg działania [km] Na dużych wysokościach	Zasięg działania [km] Na małych wysokościach	Promień działania [km] Na dużych wysokościach	Promień działania [km] Na małych wysokościach	Promień działania [km] Przy zmiennym profilu lotu
B-52 G,H	6	8 / 7700	780	1050	17000	150 – 450	18000	5000	7200	2300	4000
FB-111	2	2 / 8000	1300 – 1450	2700	24000	150	10000	3200	4000	1500	2500
B-1	4	4 / 13600	0,9 M	3000	30000	150 – 300	16000	7000	6400	2300	4000
VULCAN B-2	5	4 / 7700	700 – 900	1200	19000	90-150	12000	4000	4800	1800	2800
MIRAGE IV	2	2 / 7500	~1200	2100	22000	300	4000	1500	1600	750	1200 – 1300
CANBERRA	2	—	700	930	16700	60-150	5800	3500	2300	770	1400
BUCCANEER MK-2	2	—	~1200	1450	12000	30-150	3500	2100	1400	900	1200
F-100 D	1	1 dop / 7700	780 – 1150	1480	16500	30-300	2400 – 3500	1370	1000 – 1200	600	1200
F-104 C,G	1	1 dop / 7100	1300 – 1400	2300	18000	50-150	3200	1800	1300	570	1200
F-105 D	1	1 dop / 11330	1500 – 1350	2200	15000	150	3200 – 4000	2400	1300 – 1500	1000	1300
F-4 C,D,E,F	2	2 / 7700-8400	720 – 1450	2500	21000	50-300	4800	1600	1900	800	1400
F-5 A	1	2 dop / 1900	980 – 1150	1500	15000	150 – 300	3000	700 – 900	1200	300 – 650	900 – 1000
F-106 B	1	—	1300	2500	18300	300	4500	—	1300	—	—
F-111 A	2	2 dop / 13600	720 – 1450	2700	18000 – 24000	30-150	5600	4000	2200	800 – 1400	1700
MIRAGE III C	1	1 / 6400	1100 – 1400	2300	20000	60-150	2500	1200	1000	650	800 – 900
MIRAGE-5	1	—	1400	2600	17000	60-150	4100	1200	1100 – 1500	550	900
MIRAGE-SUPER	2	2 dop / 8500	1400	2400	18000	—	—	—	—	—	—
JAGUAR	1	2 / 3100	1100	1500	15000	150-300	4500	2100	1400 – 1600	700	~1000
HARRIER	1	1 / 8700	900 – 1000	1160	12000	30-150	1100	650	560	320	~500
F-15	1	2 / 11300	1500	3000	18000	150-300	5600	2600	1700 – 2200	800	~1400
F-14	2	2 / 9500	1500	2400	18000	50-150	4500	2300	1500 – 1800	800	~1300
F-16	1	1 dop / 11340	1400	2400	18000	50-150	4000	2000	1200 – 1600	700	~1000
DRAKEN J-37	1	1 dop / 6900	1100 – 1300	1900	18000	150-300	1400	700	600	300	~500
A-4B	1	1 / 3540	600	1100	12000	30-150	4000	850	1600	450	~1200
A-5A	2	—	~1100	2200	21000	150	3700	1200	1500	600 – 800	—
A-6A	2	2 / 4300	600 – 900	1160	13000	30-150	5100	2800	2000	900 – 1000	1500
A-7A,D	1	1 / 6500	800 – 900	1040	14000	30-150	6600	1150	2500	570	1200
BUCCANEER MK-1	2	—	1000 – 1300	~1450	12000	30-150	3700	2100	~1600	900	1200
RA-5C	1	2 / 7700	1100 – 1300	2200	21000	50-150	4500	~1800	~2000	800	1200
RC-135	6	4 / 6200	650	1000	15000	50-300	10000	5000	4000	2000	3500
RB-57	—	—	—	960	21300	—	3200	—	~1500	—	—
CANBERRA PR.MK-9	2	—	—	930	16700	150	7000	—	~2800	—	—
ATLANTIC	12	2 / 5800	500 – 600	625	10000	150-300	9200	—	~3700	—	—
WUNTER PR. MK-10		—	~800	1150	17000	50-150	~300	—	~1200	—	—
RF-4E PHANTOM II	2	2 / 8400	720 – 1450	2500	21000	50-150	4800	—	~2000	—	—
MIRAGE III R	1	1 / 6400	1000 – 1100	1900	20000	60-150	2400	—	960	—	—
EB-66 B,C,D,E	—	—	750	1050	13700	50-300	5000	2100	2000	850	—
EC-121	—	—	600	600	7500	300	9200	—	—	—	—
EB-6A,B	—	—	600 – 900	1160	13000	150	~5000	2500	2000	1000	—
NIMROD	—	4 / 5480	880	930	10000	—	9200	—	~3700	—	—
ORION P-3	—	4 / 4580	600	750	8200	—	10000	—	4000	—	—

Nazwa pocisku rakiety	Zasięg [km]	Prędkość [km/h]	Wysokość [m] zastosowania maks.	Wysokość [m] zastosowania minim.	Ciężar pocisku [kg]	Rodzaj ładunku	Moc ładunku	System kierowania	Dokładność trafienia	Uwagi /nosiciel/
HOUND DOG	1300 /600/	2016 /1300/	15000	4500	4500	Jądrowy	1x350 lub 1100 KT	Bezwładnościowy	0,1 – 0,15%	B-52 G,H
BLUE STEEL	500 /160/	2400 /1150/	12000	300	6800	—	1,1 MT	—	—	VULCAN
SRAM	300	Zmienna średnia 4000	Jak samolot nosiciel		1016	—	200 KT	Bezwładnościowy z programem lotu	90 – 500m	B-52 G,H FB-111 B-1
ALCM AGM-86	3000	1000	13000	50	1000	—	20 KT	Kombinowany bezwładnościowy R/lokacyjny	30 m	—
SHRIKE	50 – 75	3600	Jak samolot nosiciel		180	Konwencjonalny 22000 odłamków	—	Naprowadzanie bierne na źródło promieniowania R/lokacyjnego	~9 m	A-4, F-4 A-6, F-105
STANDART ARM	80 – 100	3600	Do pułapu	8000	600	Konwencjonalny	200 kg	—	—	—
MARTEL AS-37	100	3600	15000	150 – 300	500	—	—	—	3 – 6 m	MIRAGE, JAGUAR F-4, ATLANTIC BUCCANEER
MARTEL A7-138	100	3600	15000	300	500	—	—	Bezwładnościowy telewizyjny	—	BUCCANEER F-4
MAVERICK	22 – 50	3000	15000	—	230	—	—	Telewizyjny	2,5 – 5 m	F-4, F-111 A-7, A-10, F-5
CONDOR	100	1100	11000	—	960	Jądrowy, konwencjonalny	0,1 – 100 KT	Bezwładnościowy telewizyjny	—	F-4, A-6, A-7 F-14, F-111 F-15, F-16, B-52
JUMBO	40	3000	15000	—	150	Konwencjonalny kasetowy	—	—	—	F-4
BULLUP AGM-120	16	1200	5000	400 – 500	800	Konwencjonalny	—	Radiowy przy śledzeniu wzrokowym	9 m	F-4, F-100, F-5 F-105, F-104 A-4, A-6, A-7
BULLUP AGM-12 D	16	1800	5000	400 – 500	350	Jądrowy konwencjonalny	—	—	—	F-4 A-6, A-7
EXOCET	70	1100	10000	—	700	Konwencjonalny	—	Bezwładnościowy R/lokacyjny	—	JAGUAR ATLANTIC NIMROD, P-3
HAROON	110	1100	1000	100	520	—	—	—	—	B-52, A-6 A-7, P-3, S-3
KORMORAN	40	1100	10000	5000	600	—	—	—	—	F-104, F-4
AS-30	15	2400	12000	5000	520	—	—	Radiowy przy śledzeniu wzrokowym	—	BUCCANEER MIRAGE, F-104

* Przy maksymalnym obciążeniu samolotu uzbrojeniem – dane w zakresi osiągonych parametrów ulegają zmniejszeniu.

Załącznik nr 2

OPRACOWANIA I KONCEPCJE POCISKÓW „CRUISE"

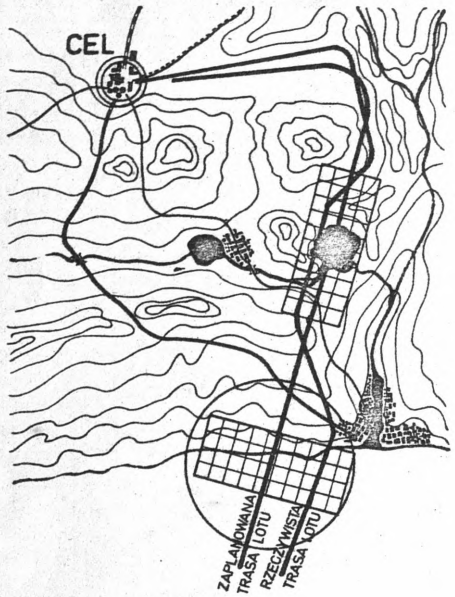
OZNACZEN.	MOŻLIWE ODMIANY	PRZEZNACZENIE	NOSICIEL	SYLWETKA	UKŁAD NAPROWADZANIA	RODZAJ I TYP GŁOWICY	NAPĘD	DANE TAKTYCZNO-TECHNICZNE: DŁUGOŚĆ / ROZPIĘTOŚĆ (m)	MASA STARTOWA / ŁADUNKU BOJOWEGO (kg)	PRĘDKOŚĆ km/h (LICZBA Ma)	WYSOKOŚĆ LOTU NA TRASIE (m)	WYSOKOŚĆ LOTU OPTYMAL. / MAKSYMAL. (m)	ZASIĘG (km)	AKTUALNY STAN ZAAWANSOWANIA PRAC
AGM-86 „ALCM"	AGM-86A „ALCM-A"	STRATEGICZNE	SAMOLOTY STRATEGICZNE -B-52G/H -FB-111A* -CMC / CRUISE MISSILE CARRIER/**		BEZWŁADNOŚCIOWY, PROGRAMOWANY UKŁAD NAPROWADZANIA Z URZĄDZENIEM „TERCOM"	GŁOWICA JĄDROWA TYPU W69 (POCISKU SRAM) O MOCY - 200kt -W PRZYSZŁOŚCI NOWA GŁOWICA W80 O TEJ SAMEJ MOCY	SILNIK TURBOODRZUT. PODWÓJNEGO PRZEPŁYWU TYPU F-107 WR100 O SIŁE CIĄGU 2,7 KN	4,27 / 3,48	900 / 106	660-860 / 0,55-0,7	60-200	1500-3000 / 13 700	1200	PRÓBY PROTOTYPÓW (od 1977 r.)
	AGM-86B „ALCM-B"							5,8 / 3,65	1200 / 109				2400	PROJEKT TECHNICZNY
BGM-109 „TOMAHAWK"	BGM-109... (TALCM)							5,49 / 2,54	1000 / 109		30-200	1500-3000 / 12 200	2400	PRÓBY PROTOTYPÓW
	BGM-109... (SLCM)		OKRĘTY PODWODNE RÓŻNYCH KLAS											
	BGM-109... (GLCM)		SAMOBIEŻNE WYRZUTNIE NAZIEMNE					6,40 / 2,54	1225 / 109	860 / 0,7				PROJEKT WSTĘPNY
	BGM-109... „ANTI SHIP"	TAKTYCZNO-OPERACYJNE	OKRĘTY NAWODNE I PODWODNE RÓŻNYCH KLAS		PROGRAMOWANY BEZWŁADN. UKŁ. NAP. BEZ KOREKCJI Z TERENEM ORAZ CZYNNY RADIOLOKACYJNY UKŁAD SAMONAPROWADZ.	KONWENCJONAL. GŁOWICA BURZĄCA NIE WYKLUCZONE STOSOWANIE GŁOWIC JĄDROWYCH 1-10 KT	SILNIK TURBOODRZUTOWY TYPU WR-19-A7-1 O SIŁE CIĄGU 2 KN (200 kg)		1225 / 453		30-200	1500-3000 / 12 000	560	PROJEKT WSTĘPNY
	BGM-109... (GLCM)		SAMOBIEŻNE WYRZUTNIE NAZIEMNE											
	BGM-109...		SAMOLOTY TAKTYCZNE		PROGRAMOWANY Z UKŁADEM KORELACJI „TERCOM"			5,49 / 2,54	1000 / 453					
PROJEKT ASALM		STRATEGICZNY	SAMOLOTY STRATEGICZNE		ZBLIŻONY DO UKŁADU TERCOM PRZYSTOSOWANY DO DUŻYCH V	JĄDROWA	SILNIK STRUMIENIOWY	-	-	4-5 Ma	100-200	-	do 3000	PROJEKT KONCEPCYJNY ETAP PRÓB 1985 r.

* PROPONOWANA MODERNIZACJA ISTNIEJĄCYCH SAMOLOTÓW FB-111A O ZWIĘKSZONYM ZASIĘGU I UDŹWIGU

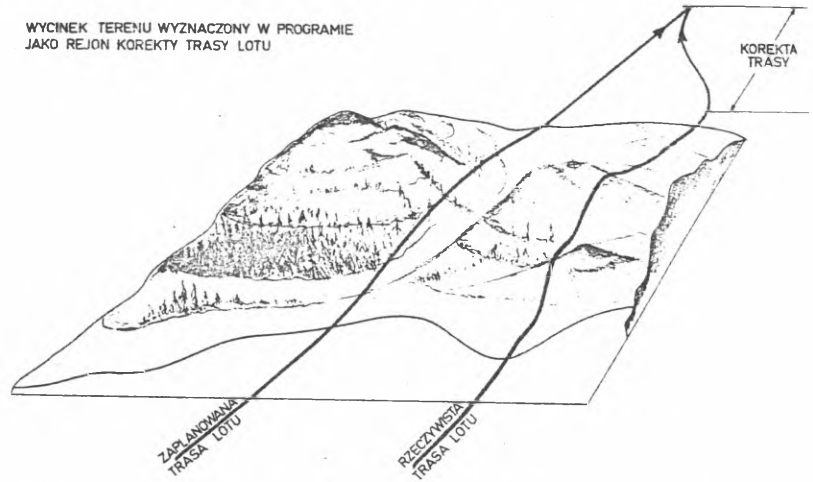
** PROJEKTOWANY SAMOLOT-NOSICIEL POCISKÓW CRUISE- SPECJALNIE PRZYSTOSOWANY SAMOLOT TRANSPORTOWY TYPU „BOEING 747" JUMBO JET"

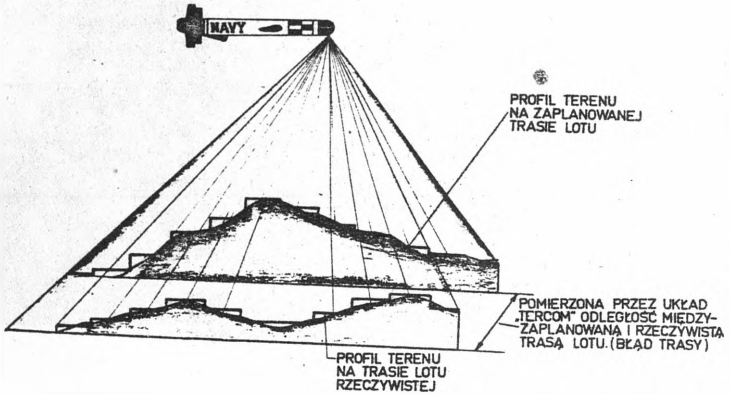
ZASADA PRACY UKŁADU „TERCOM"

WYCINEK MAPY Z ZAPLANOWANĄ TRASĄ LOTU
I WYZNACZONYMI REJONAMI KOREKTY TRASY

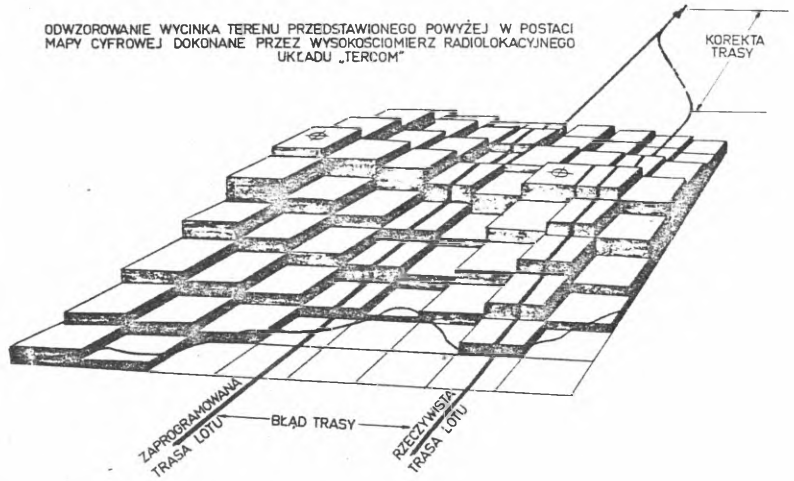


WYCINEK TERENU WYZNACZONY W PROGRAMIE
JAKO REJON KOREKTY TRASY LOTU

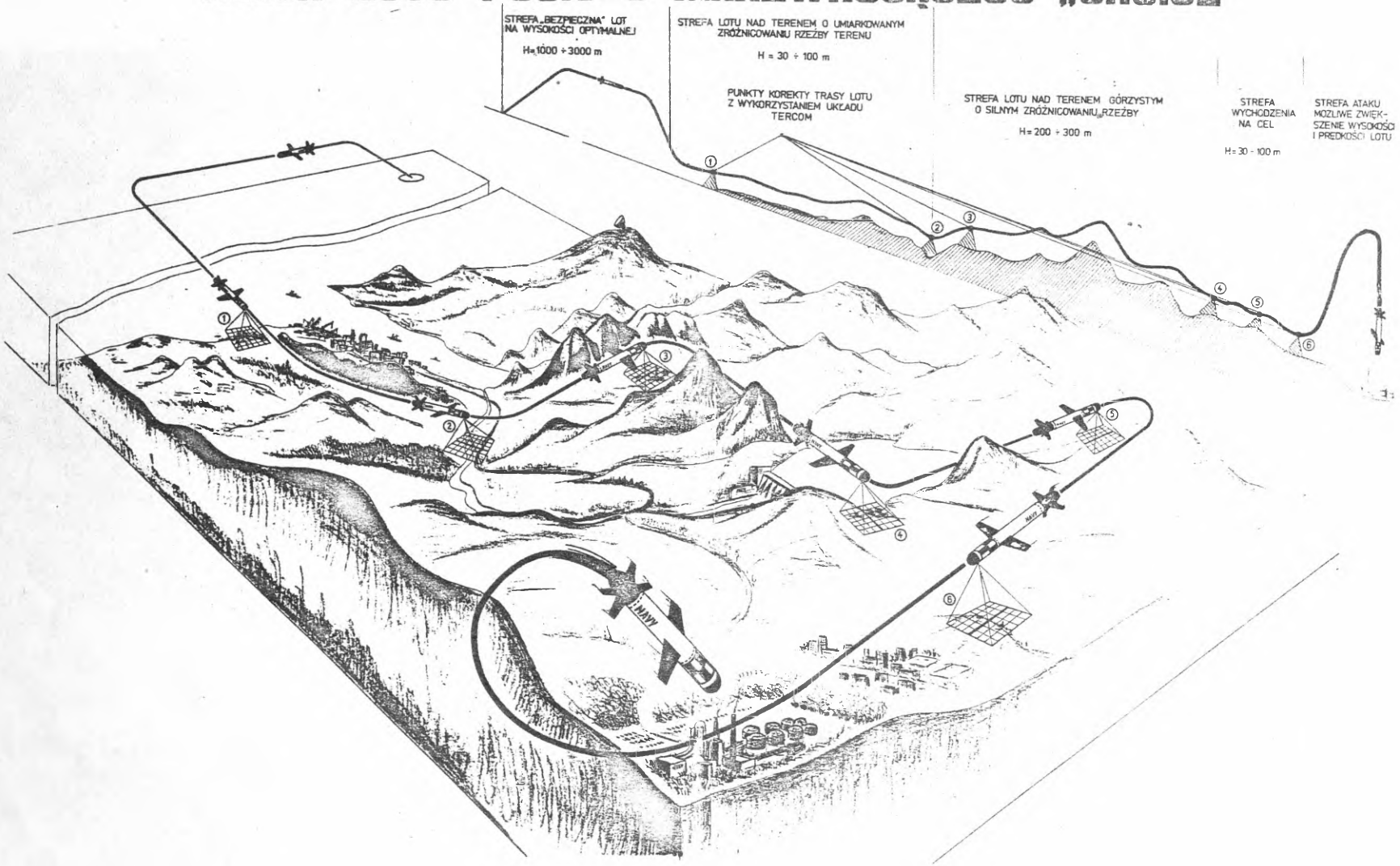




ODWZOROWANIE WYCINKA TERENU PRZEDSTAWIONEGO POWYŻEJ W POSTACI
MAPY CYFROWEJ DOKONANE PRZEZ WYSOKOŚCIOMIERZ RADIOLOKACYJNEGO
UKŁADU „TERCOM"



TRASA LOTU POCISKU MANEWRUJĄCEGO „CRUISE"



Załącznik nr 3

Charakterystyka niektórych pokładowych stacji radiolokacyjnych i urządzeń nawigacyjnych montowanych na samolotach państw zachodnich do kontroli lotu samolotów na małych wysokościach *)

Nazwa i oznaczenie urządzeń	Zasięg działania [km]	Zakres częstotliwości [MHz]	Moc [kW]	Przeznaczenie	Nazwa i oznaczenie samolotu
AN/APQ-92	~ 150	15350 – –17250	170	Uniwersalna wielozadaniowa RLS. Zabezpiecza wykonanie lotu w/g wskaźnika, który wskazuje naziemne przeszkody na trasie lotu samolotu.	A6-A RF-4C
AN/APQ-113 119	do 300	15300 – –17200	—	Uniwersalna wielozadaniowa RLS. Zabezpiecza mierzenie odległości i otrzymanie na ekranie obrazu terenu.	F-111A
AN/APQ-110	28	12500	100	Specjalna RLS zabezpieczająca lot samolotu na małej wysokości rzędu 30-60 m.	F-111
AN/APQ-23	160 – –300	9375 + +40	—	Uniwersalna wielozadaniowa, panoramiczna RLS. Zabezpiecza pomiar odległości i otrzymanie obrazu terenu.	B-52
AN/APQ-128	—	16700 – –17000	100	— " — " —	FB-111
AN/APQ-109	80	—	—	Specjalna RLS zabezpieczająca lot samolotu na małej wysokości/skala pomiaru wysokości 15 – 1500 m/.	F-4C,D
AN/ASG-14 „NASAR"	—	—	220 250	— " — " —	F-104G
AN/APN-170	—	1,74-1,95	—	Specjalna RLS zabezpieczająca lot samolotu na małej wysokości.	F-4E
AN/APQ-71	—	9450 – –9750	—	— " — " —	EA6-A
XR-57	—	15500 + +10	170	— " — " —	A-7A,D
APN-12	—	4225 – –9159	—	— " — " —	RA-5C
DR-AC-7B	—	9335 + +285	200	— " — " —	MIRAGE IIIE
AN/APQ-112	—	10000	—	— " — " —	A-6A
AN/APQ-81	—	—	—	Uniwersalna, wielozadaniowa RLS wykorzystywana do nawigacji na małych wysokościach.	F-8
R-14A R-14	24-27 148	10000	—	— " — " —	A-4D,F-4C RF-4C,F-105
R-21A	150	9375 + +127	220	— " — " —	F-104G RF-4C
LABS R-45	—	—	—	— " — " —	F-5A
AN/APQ-65	—	—	—	— " — " —	ATLANTIC
CPW-2A/4A	—	—	—	System kierowania lotem samolotu.	SR-71
AN/MASQ-1	—	—	—	Uniwersalna wielozadaniowa RLS.	RB-57 D-2
AN/APQ-116	—	15300 – –17200	—	— " — " —	A-7A,D
AN/RSQ-61	—	—	—	— " — " —	EA-6A
„ANTYLOPA"	—	15350 – –17250	—	— " — " —	MIRAGE IVA
AN/APQ-120	—	8800 – –9500	200	— " — " —	F-4E
AN/APQ-44	—	—	—	— " — " —	FB-111 B-1
APN-15/29- –150	—	4300 + +50	0,25	Radiowysokościomierz	B-52G HA-6A BC-121
APN-176	—	—	—	— " — " —	FB-111
AN/APN-176	—	4300 + +10	25-100	Radiowysokościomierz / skala pomiaru wysokości 15 – 1500 m/.	F-111A
APN-1411	—	4300	—	— " — " —	A-7A DA-4D
APN-203	—	—	—	— " — " —	B-1
APN-159	—	1600 – – 1660	—	— " — " —	RF-4C
APS-45	—	—	—	Radiowysokościomierz	EC-121
APN-133A	—	—	—	— " — " —	RC-135
AN/ART-5851	—	—	—	— " — " —	CANBERRA

*Zastosowanie uniwersalnych, wielozadaniowych RLS.

a. Obserwacja przedniej półstrefy w rodzaju pracy powietrze – powietrze, a w tym poszukiwanie, wykrywanie, śledzenie i przechwytywanie celów powietrznych.

b. Obserwacja powierzchni ziemi w rodzaju pracy powietrze – ziemia, a w tym uzyskiwanie obrazu powierzchni Ziemi, zabezpieczenie lotu na małych wysokościach w/g wskaźnika wskazującego przewyższenia terenu i naziemne przeszkody terenowe. Określanie odległości do celów naziemnych oraz kierowanie uzbrojeniem przy oddziaływaniu na cele naziemne.

Specjalne RLS – Mogą być wykorzystywane do wykonywania tych samych zadań co i uniwersalne RLS. Jednak przede wszystkim są one przeznaczone i wykorzystywane do zabezpieczenia lotu samolotu / nawigacji / na małych wysokościach.

Załącznik nr 4

Charakterystyka aparatury rozpoznania radioelektronicznego montowanej na pokładach samolotów państw zachodnich *)

Nazwa i oznaczenie aparatury	Zakres rozpoznania: Częstotliwość [MHz]	Zakres rozpoznania: Długość fali [cm]	Zasięg rozpoznania [km]	Nazwa i oznaczenie samolotu	Przeznaczenie	Rozpoznawanie RLS
AN/APR-25/26	8200 – 12400 5850 – 8200 2600 – 3100 700-1500	2,5-40	1,25 do 3 zasięgu rozpoznanej RLS 1,25 na mH 3 na dH***	B-52, F-104 F-100, RA-5C EB-66C, F-4D RF-4C, A6-A F-4A, B EC-121	Wczesne wykrywanie i ostrzeganie załogi samolotu o promieniowaniu przez naziemną RLS. Możliwy pomiar azymutu i odległości do pracującej naziemnej RLS. Urządzenie radioodbiorcze.	„JAWOR" P-35 Wysokościomierze typu PRW i „BOGOTA" SNR RP-21
AN/APR-36/37	3000 – 7000 7000 – 11000	4,3-10 2,7-43	—"—	F-4E A7-A,D	Uprzedza załogi o wystrzeleniu rakiet przeciwlotniczych.	część zakresu
AN/APR-23/24/27	2700 – 9600 8200 – 12000 1600 – 2300	3,1-11 2,5-3,6 1,3-18	—"—	A4-D F-8 A6-A	Urządzenie radioodbiorcze. rozpoznanie częstotliwości, pomiar azymutu i odległości oraz ostrzeganie.	Zakres cm i dcm
AN/APR-13	50-100	30-600	—"—	EB-66C EA-3B	Urządzenie radioodbiorcze do rozpoznania radiotechnicznego.	P-12, P-14 P-15
AN/APR-14	30-4125	7,3-750	—"—	B-52 G,H RB-57 EB-66C EC-121	——"——"——	P-12, P-14 P-15, P-35 P-40 PRW-11
AN/APR-17	40 – 10750	2,8-30	—"—	B-52G,H RC-135	——"——"——	Cały zakres pracujących RLS.
AN/APR-4	4000 – 10000	2,8-30	—"—	EC-121	——"——"——	——
AN/APR-9B,E	1000 – 10750	2,8-30	—"—	RB-57, D-2 EB-66C EC-121 EA-3-B	——"——"——	Zakres cm i dcm
AN/APR-29/30	——	——	—"—	F-8	——"——"——	——
AN/ALQ-28	50 – 10650	2,8-600		EC-121	Urządzenie do rozpoznania radioelektronicznego.	Zakresy cm, dcm, m
AN/APS-109/107	1200 – 11000	2,7-25	—"—	B-52 G,H FB-111 F-104G, 111A F-5A, F4CE	Urządzenie odbiorcze wczesnego wykrywania i ostrzegania	Cały zakres cm Część zakresu dcm
AN/APS-54	2600 – 11000	2,7-11,5	—"—	RA-3-B EC-121 B-52G	——"——"——	Zakres cm
ARI-18015 ARI-5800 ARI-5890 ARI-18147	2500 – 12000 2600 – 11000 9245	——	—"—	VULCAN B-2 VICTOR CANBERRA	Urządzenie wczesnego wykrywania, pomiaru częstotliwości, azymutu i odległości. Ostrzeganie o promieniowaniu.	Cały zakres cm SNR RP-21
AN/ALR-18	8500 – 10500	2,8-3,5	—"—	A-6-A	Rozpoznanie radiotechniczne	SNR RP-21
AN/ALR-15	2500 – 11000	2,7-12	—"—	B-52 G,H A-6-A	——"——"——	Zakres cm
AN/ALR-20	30-11000 30-300 300-3000 225-390 390-1550 1550 – 5200 3900 – 6200 5200 – 10900	2,7-1000	—"—	EB-66B, C, D, E B-52 G, H Mogą być montowane na innych samolotach tego typu	Wykrywanie RLS przeciwnika, włączenie środków zakłóceń, naprowadzanie częstotliwości oraz kontrola pracy zespołu urządzeń. Określa: częstotliwość nośną, charakterystykę modulacji i częstotliwości powtarzania odbieranych sygnałów. Jest odporna na zakłócenia szumowe. W skład stacji wchodzi siedem przestrojanych odbiorników bezpośredniego wzmocnienia.	CNR P-12, P-14 P-15 P-35 P-40 „JAWOR" „BOGOTA" PRW-9, 10, 11, 13, 16 RP-21
AN/ASQ-96	1000 – 18000	1,6-30	—"—	EB-66 B, C, D, E EA-6A, B F-14 A, B	Urządzenie do przeprowadzania analizy widma elektromagnetycznego promieniowania. Szybkie rozpoznanie nieznanych sygnałów.	Zakres cm i część zakresu dcm.
AN/USD-7	5200 – 17250	1,1-5,7	—"—	RC-135 B	Ogólne radiotechniczne rozpoznanie. Określa położenie i parametry RLS.	——
AN/APQ-23	2700 – 3400 4850 – 6150 8600 – 9600	9-11,1 4,8-6,1 3-3,4	—"—	Prawdopodobnie B-1, A7-A F-111A A6-A FB-111	Ostrzeganie pilota o wystrzeleniu pocisku rakietowego, opromieniowanie przez naziemną czy samolotową RLS, automatyczny pomiar i naprowadzenie na pracującą RLS. Te same zadania wykonują urządzenia: AN/APR-25, 26, 27, 28, 29, 30, 36, 37 i AN/ASQ-96.	Zakres cm
AN/ALA-6	30 – 10750	2,9-1000	—"—	——	Przystawka do namierzania RLS.	Wszystkie zakresy
AN/APA-69A	140 – 12000	2,5-214	—"—	——	——"——"——	Zakres cm, dcm i część m.
AN/APD-4	2000 – 11000	2,7-15			Namiernik na pracującą RLS.	Zakres cm
AN/ARD-8	200 – 1750	17-150	—"—	——	——"——"——	Zakres dcm i część m
AN/ALD-2	1000 – 10000	3-30	—"—	——	——"——"——	Zakres cm i część dcm
AN/APA-700 -69 -74	1000 – 10750 140 – 12000 30-10750	2,9-30 2,5-214 2,9-1000	—"—	EC-121 RC-135 EB-66B, C, D RB-57	Urządzenie naprowadzające na pracującą RWS/pelengacja/. Określenie parametrów.	Wszystkie zakresy
AN/ALA-5	——	——	——	EC-121 EB-66B, C, D, E	Analizator umożliwiający pomiar impulsów o czasie trwania od 0,1 do 100 msek i częstotliwości powtarzania od 45 do 2000 Hz, pasmo przepuszczania 5 MHz.	——
AN/APA-75	——	——	——	EC-121 EB-66B, C, D, E	Analizator sygnałów wykorzystywany w komplecie z urządzeniami typu AN/APR-9, 13. Umożliwia pomiar impulsów w zakresie od 0,2 do 30 msek i częstotliwości powtarzania od 20 do 2000 Hz.	——
ALAS	30 – 10750	2,9-1000	—"—	EB-66	Analizator częstotliwości /impulsów/.	Wszystkie zakresy

* Tabelę zestawiono na podstawie:
1. „Rozpoznanie radioelektroniczne prowadzone przez okręty i samoloty rozpoznawcze państw NATO".
   — Podręcznik wyd. Sztab Gen. Zarząd II – 1970r.
2. „Charakterystyka pokładowych środków radioelektronicznych montowanych na samolotach państw zachodnich".
   — Podręcznik wyd. DWOPK – Oddz. II – 1974 r.

** mH – mała wysokość.
*** dH – duża wysokość.

Załącznik nr 5

Charakterystyka pokładowych nadajników zakłóceń radiolokacyjnych.*)

Nazwa i oznaczenie nadajnika zakłóceń	Rodzaj zakłóceń i przeznaczenie	Zakres częstotliwości [MHz]	Długość fali [cm]	Moc [W]	Gęstość mocy zakłóceń [W/MHz]	Szerokość widma/pasma/ zakłóceń [MHz]		Zakres przestrajania [MHz]	Nazwa i oznaczenie zakłócanej RLS
						skierowanych	zaporowych		
AN/ALT-6A, B	Wąskopasmowe, szumowe, skierowane, maskujące. Modulowane amplitudo-częstotliwościowo szumami.	80 – 10750	2,9 – 375	150 – 300	10/40	6 ÷ 80	—	100 – 500	SNR, PRW RP-21 P-35, P-15 P-40, JAWOR BOGOTA
AN/ALT-8	— " —	2350 – 3600	8,3 – 12,3	150 – 300	—	4 ÷ 6	—	600	P-35, P-40 PRW-11
AN/ALT-13	Szumowe aktywne	2500 – 3500	8,5-12	150 – 350	—	20 ÷ 40	500	—	— " —
AN/ALT-15	Szumowe aktywne, zaporowe, szerokopasmowe	30-350	90 – 600	120 – 330	10/45	—	10 – 20	—	P-12, P-14
AN/ANT-7	Szumowe aktywne, wąskopasmowe, skierowane.	24-350	90 – 1250	70 – 150	—	4 ÷ 6	—	—	— " —
AN/ALT-16	Szumowe aktywne, szerokopasmowe, zaporowe.	500 – 1000	30-60	200 – 250	15/60	—	50	—	P-15
AN/ALT-22	Szumowe aktywne szerokopasmowe, zaporowe.	250 – 1500	20 – 120	300 – 600	20/90	—	20	500	P-15 JAWOR BOGOTA
AN/QRC-160	Szumowe aktywne wąskopasmowe, szerokopasmowe, przestrajane.	2500 – 3300	9-12	300	10/40	6 ÷ 40	100 – 150	—	P-35, PRW-11
AN/QRC-218 AN/QRC-279A	Aparatura pomocnicza do wytwarzania zakłóceń aktywnych – szumowych.	2500 – 3300 2500 – 3300	9-12 9-12	300	10/40	4	300	—	— " —
AN/QRC-311, 312, 316, 326, 328	Szumowe – aktywne	30-250 2500 – 3300	120 – 1000 9-12	—	—	—	—	—	P-12, P-14 P-35, PRW-11
AN/QRC-160A	Szumowe aktywne, szerokopasmowe-zaporowe, wąskopasmowe – skierowane	2600 – 3100	9,6 – 11,5	150 – 300	—	6	500	—	P-35 PRW-11
AN/QRC-160B	— " —	5200 – 10900	2,7-5,7	—	—	—	—	—	SON SNR RP-21
AN/ALQ-71	Szumowe – aktywne szerokopasmowe – zaporowe. Wąskopasmowe – skierowane. Trzy zakresy częstotliwości. Urządzenie rozmieszczone w zasobniku podwieszone na zamkach do bomb.	590 – 6200 1. 390 – 1550 2. 1550 – 5200 3. 5000 – 6200	 19-78 5,7-19 6 – 4,8	3 x 100 100 100 100	5/20	6	500	—	SNR, P-35 PRW. P-40 JAWOR BOGOTA P-15
AN/ALQ-87	Szumowe – aktywne szerokopasmowe	390 – 6200	4,8-78	120	6/24	—	500	—	P-15, P-35, P-40 PRW, JAWOR, BOGOTA
AN/ALQ-72	Szumowe – aktywne Nadajnik włącza się automatycznie po opromieniowaniu samolotu. Szerokopasmowe.	5200 – 11000	2,7-5,7	150	5/20	—	~ 500	—	PRW, SNR RP-21
AN/ALQ-59	Szumowe – aktywne	30-300	100 – 1000	150	10/45	—	—	—	P-12, P-14
AN/ALQ-94	Szumowe – aktywne, szerokopasmowe.	1550 – 1900	16-19	150	5/20	—	—	—	—
AN/ALQ-101	Szumowe – aktywne. Automatyczne zakłócenie wykrytych RLS.	1550 – 11000	2,7-19	150	5/20	—	—	—	SNR, PRW P-35, P-40
AN/ALQ-16-15	Odzewowe-mylące	4500 – 6000 2500 – 3500	5 – 8,4 8,5-12	20-50 20-30	—	—	—	—	PRW P-35
AN/ALQ-100	Impulsowe, odzewowe mylące, przerywanie śledzenia.	1550 – 5200	5,7-19	150	—	—	—	—	PRW, P-35 P-40
ARI-18076	Szumowe – aktywne.	390 – 5200	5,7-78	—	—	—	—	—	PRW, P-35, P-40, P-15, JAWOR, BOGOTA
AN/ALQ-31, 35 AN/ALQ-51, 53,55,76	Wielokrotne, synchroniczne zakłócenia imitujące /odzewowe – mylące/, dla stacji naprowadzania.	około 2700 – 3100	3-5 około 9,7-11	—	—	—	—	—	SNR, PRW P-35

* Tabelę zestawiono na podstawie podręczników:

1. „Przygotowanie NRT do prowadzenia działań bojowych w warunkach stosowania zakłóceń r/elektr." – DNOPK – 1973.
2. „Charakterystyka pokładowych środków radioelektronicznych montowanych na samolotach państw NATO" – DNOPK – 1974.
3. „Siły i środki oraz taktyka stosowania zakłóceń radioelektronicznych przez państwa NATO" – DNOPK oddz. II – 1975.

Na nowszych modyfikacjach samolotów, mogą w miejsce nadajników ALT-13, 15, 16 występować nadajniki ALT-71, 72.

Załącznik nr 6

Charakterystyka pokładowych urządzeń montowanych na samolotach państw zachodnich do stosowania pasywnych zakłóceń radiolokacyjnych

Typ urządzenia	Typ odbijacza	Jakość paczek	Zakres częstotliwości [MHz]	Długość fali [cm]	Możliwa gęstość zakłóceń	Typ zakłócanej RLS	Uwagi
Automaty do zrzucania: AN/ALE-1, 2, 24, 28, 29A i 32. Rozmieszczone są, one w kadłubach lub skrzydłach samolotów. Mogą być również podwieszone w zasobnikach. Różnica między automatami polega na ich pojemności ładowania, ciężarze, rozmiarach i sposobie montowania.	RR-70	Ilość paczek zależy od rozmiaru odbijaczy. Średnio jedno załadowanie automatu może zawierać od 200 do 1200 paczek.	20-3400	8,8-1500	0,02 ÷ 0,3 paczki na 100 m drogi na całej trasie lotu oraz 5 ÷ 10 paczek na 100 m drogi na odcinkach nie przekraczających 50 ÷ 100 km	P-35, P-14 P-15, PRW JAWOR BOGOTA	Jedna paczka standartowa daje odbicie równoważne od 25 do 75 m². Samoloty lotnictwa strategicznego i specjalne mogą zabierać od 800 do 1200 paczek, natomiast samoloty lotnictwa taktycznego od 450 paczek. ORC-353 zasobnik do zakłóceń pasywnych.
	RR-72		2600 – 11000	2,7 - 11,5		P-35, PRW SNR, RP-21	
	RR-56		2600 – 10800	3 - 11		—— " ——	
	RR-54		10 - 3400	8,8 – 3000		cm, dcm, m	
	RR-39		2600 – 11000	2,7 - 11,5			
	RR-44		3400 – 10400	2,9 - 9			
	QUAIL	Pocisk – pułapka, wyposażony jest w nadajniki zakłóceń szumowych i impulsowych oraz dipole odbijające jednorazowego użytku, zasięg działania 1000 – 1600 km.					

Załącznik nr 7

Możliwe wyposażenie samolotów państw zachodnich w środki rozpoznania radioelektronicznego, zakłóceń radiolokacyjnych oraz w środki aktywnego zwalczania naziemnych RLS.*)

Nazwa i oznaczenie samolotu	Środki do prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego.										Środki aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych.										Środki pasywnych zakłóceń radiolokacyjnych.												Środki aktywnego zwalczania RLS.					
	AN/APR-25/26,24,27,29,30,36,37	AN/APQ-23	AN/ALR-20	typu ARI	AN/APR-13,14-4-9 B,E	AN/APR-17, AN/ALQ-28	AN/APS-109/107-94	AN/APA-70,69-74-75	AN/ALA-6,5 „ALAS"	AN/APO-4, ARD-8, ALD-2	AN/ALT-6A, B-8-13	AN/ALT-15, ANT-7	AN/ALT-16, 22	AN/QRC-160A-160B	AN/QRC-218-279A	AN/QRC-311,312,316,326,328	AN/QLQ-71	AN/QLQ-87	AN/QLQ-72	AN/QLQ-101	AN/QLQ-59	AN/QLQ-16,15,100	typu ARI	AN/QLQ-3/35,51,53,55,76	AN/ALE-1	AN/ALE-2	AN/ABE-24	AN/ALE-28	AN/ALE-29A, 32	QRC-352-114	QUAIL/ADM-20B	RCU-1B	RCU-2B	SHRIKE	STANDART ARM	MARTEL AS-37	EXOCET	HARPOON	KORMORAN
B-52G,H	1	1	1		1	1	1		1	1	2-4		2				1	1	1		1	1-2		1	1	1	2				4	16	24					2-4	
FB-111		1	1				1		1	1		1	1				1	1	1	1		1		1				1											
B-1		1	1			1	1		1	1		1	1				1	1	1	1		1		1							4	16	24						
VULCAN B-2				2																			4		1	2													
MIRAGE IV																																							
F-100D	1										1		1	2											1				1	1-2					2-4			
F-104G,C	1						1						1	2			1		1						1				1	1-2								2
F-105	1	1					1						1	1-2			1	1		1		1			1				1	1-2			4	2				
F-4C,D	1	1					1						1	1-2			1					1		1	1				2	1-2			4					2
F-5A	1	1					1						1	2											1													
F-111A		1	1				1						1			1	1	1	1	1		1		1				1					6					
MIRAGE III C																									1										2			
JAGUAR				1-2																			1-2		1										2	2		
HARRIER				1-2																			1-2		1										2			
BUCCANEER MK-2				1-2																			2-3												2			
A-4B,D	1						1										1		1			1		1					1	1-2			4	2		2	
A-6A,B	1		1				1							1			1		1			1		1					2	1-2			4	2		2	
A-7A,D	1		1				1							1			1		1	1		1		1					1	1-2			2			2	
BUCCANEER MK-1				1																			2-3	1											2			
EB-66 B,C,D,E	1	1	1		3	1	1	2	1	1	2	2	2		5	2	1	1	1		2			3	2	1	2					16	24						
EC-121	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	2		3	2	1	1	1		2			3	1	2						16	24						
RB-57	1		1		1	1	1	1	1	1	1	2	1		2	2	1				2			1	1	2						16	24						
SR-71	1		1		1	1	1	1	1	1														1	1														
RC-135	1		1		1	1		1	1	1	2	2	2		3	2	1							1	2	2													
ATLANTIC	RLS typu DRAA-2B i DHAX-1A																																		2	2		
RA-5C	1		1		1		1		1	1							1	1	1			1		1	1					1-2									
EA-6A	1	1	1		1		1		1				1				1	1	1			1		1					2	1-2			4	2					
EA-6B	1	1	1		1		1		1				1				1	1	1			1		1					2	1-2			4	2					
RF-104G	1		1		1		1		1				1				1	1	1			1		1	1					1-2									2
RF-4C	1	1	1		1		1		1				1				1	1	1			1		1	1					1-2			4						
CANBERRA				3-4																			3-4			2													
NIMROD	1		1		1	1			1		1		2		2	2	1	1	1					1												2		
ORION P-3	1		1		1	1			1		1		2		2	2	1	1	1					1												2	2	
AQM-34H	Samolot bezpilotowy. Posiada nadajnik zakłóceń jednorazowego użytku i autom. do wyrzucania dipolowych odbijaczy																																						

* Powyższa tabela została zestawiona na podstawie oficjalnych publikacji, podręczników, instrukcji i skryptów. Dane zawarte w tabeli ilustrują możliwe wyposażenie samolotów w poszczególne urządzenia. Należy mieć na uwadze, że zwiększenie ilości aparatury rozpoznawania i przeciwdziałania na pokładzie samolotu, pociąga za sobą zmniejszenie udźwigu bojowego /uzbrojenia/. Uwaga dotyczy szczególnie samolotów lotnictwa taktycznego i pokładowego, gdzie aparaturę rozpoznania i przeciwdziałania podwiesza się na zamkach zewnętrznych w pojemnikach.

Załącznik nr 8

Charakterystyka promieniowania urządzenia zakłócającego ALQ-102 *)

/zakłócania aktywna-szumowe/

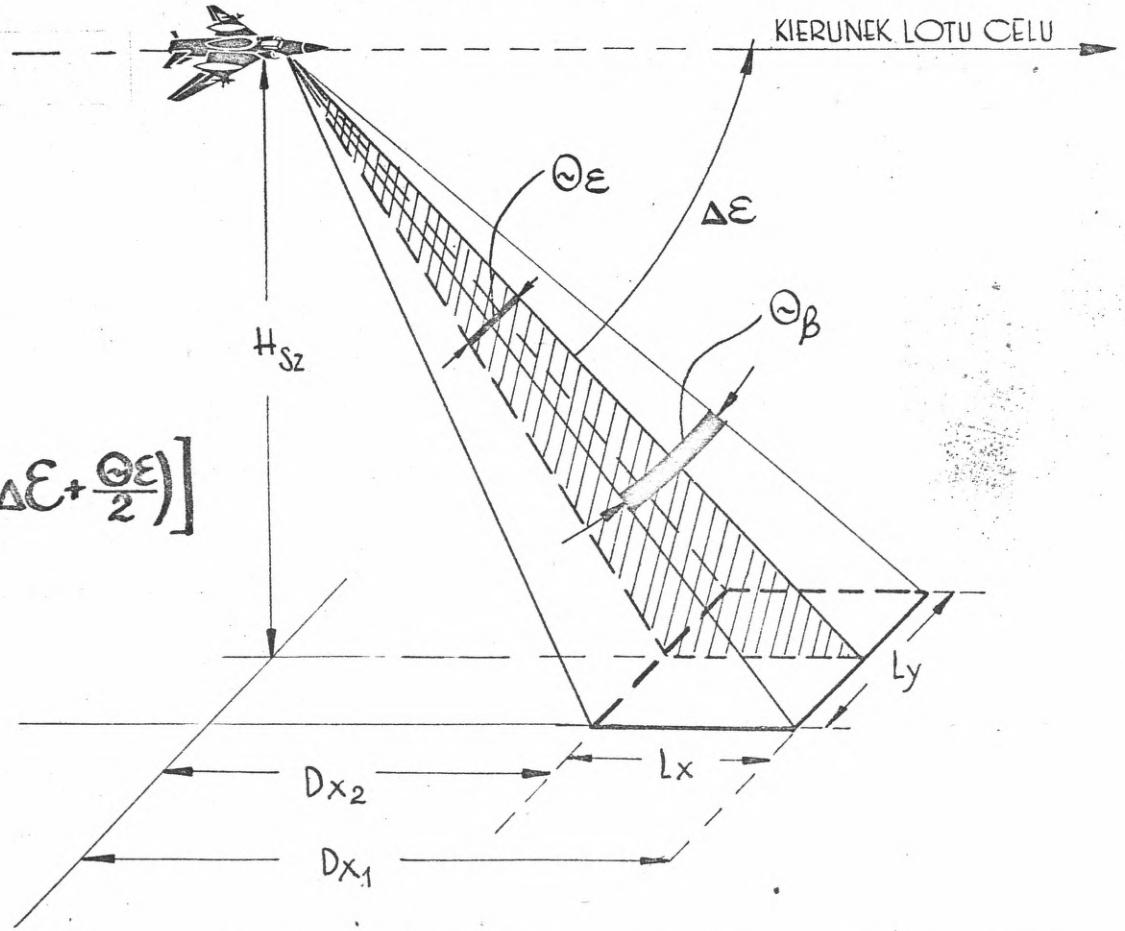
$$L_y = 2\,tg\,\frac{\Theta_\beta}{2}\sqrt{H_c^2 + D_{x_1}^2}$$

GDZIE:

$$D_{x_1} = \frac{H_c}{tg\left(\Delta\varepsilon - \frac{\Theta_\varepsilon}{2}\right)}$$

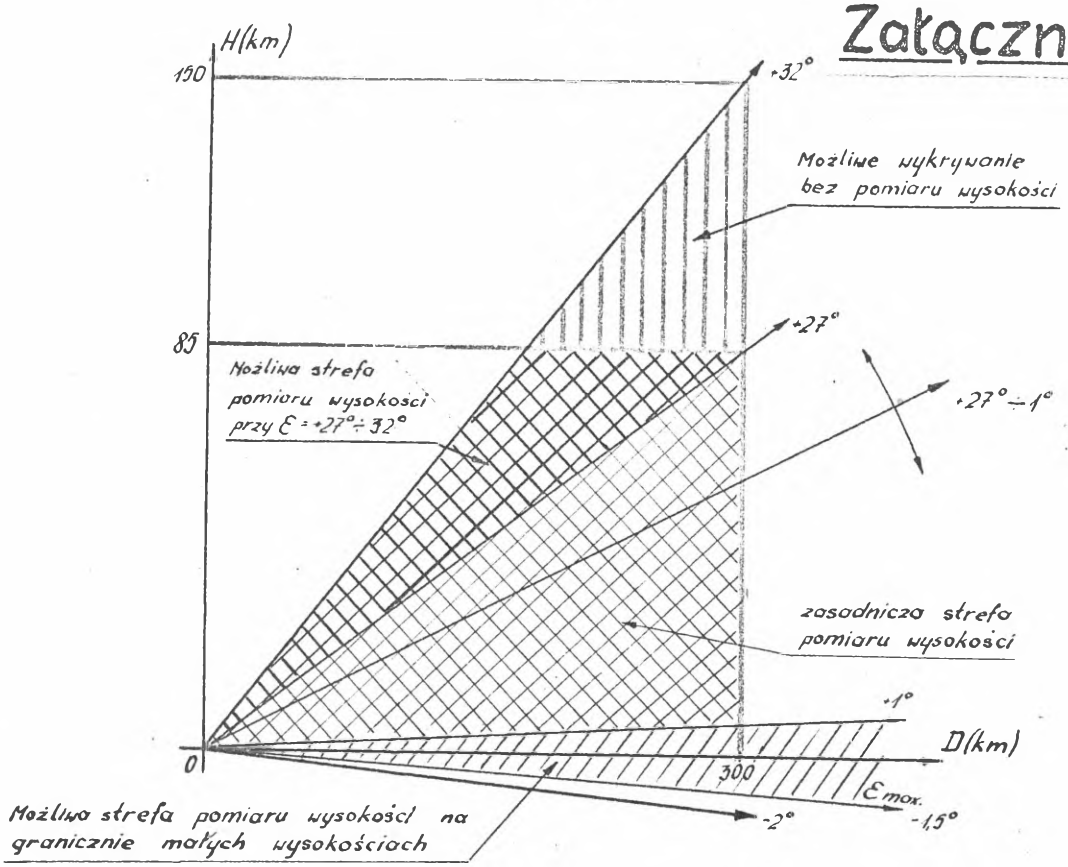
$$L_x = H_c\left[ctg\left(\Delta\varepsilon - \frac{\Theta_\varepsilon}{2}\right) - ctg\left(\Delta\varepsilon + \frac{\Theta_\varepsilon}{2}\right)\right]$$

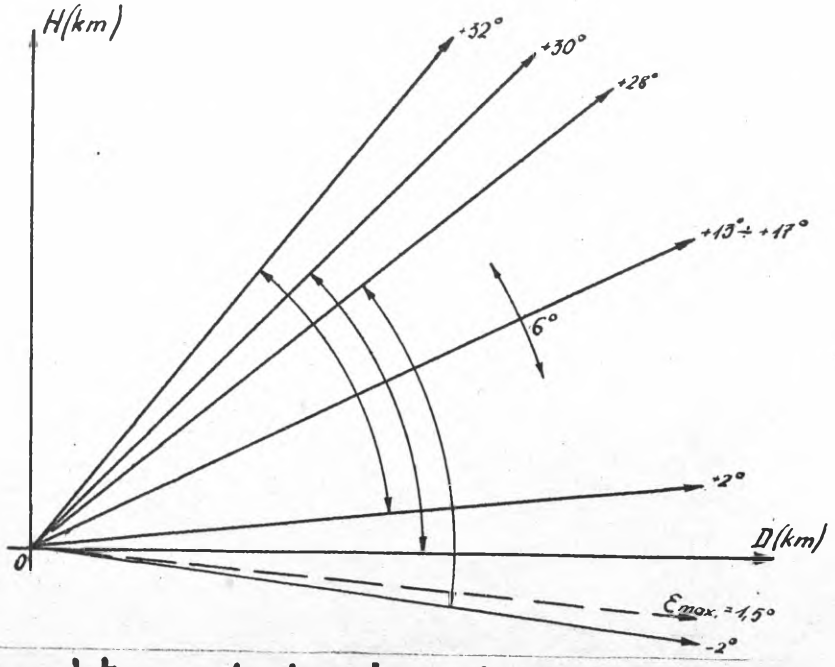
$$D_{x_2} = D_{x_1} - L_x$$



* Jeżeli $H_{Sz} = 5000\,m$ to urządzenie zakłócające może intensywnie zakłócić pracę tylko jednemu RLP.

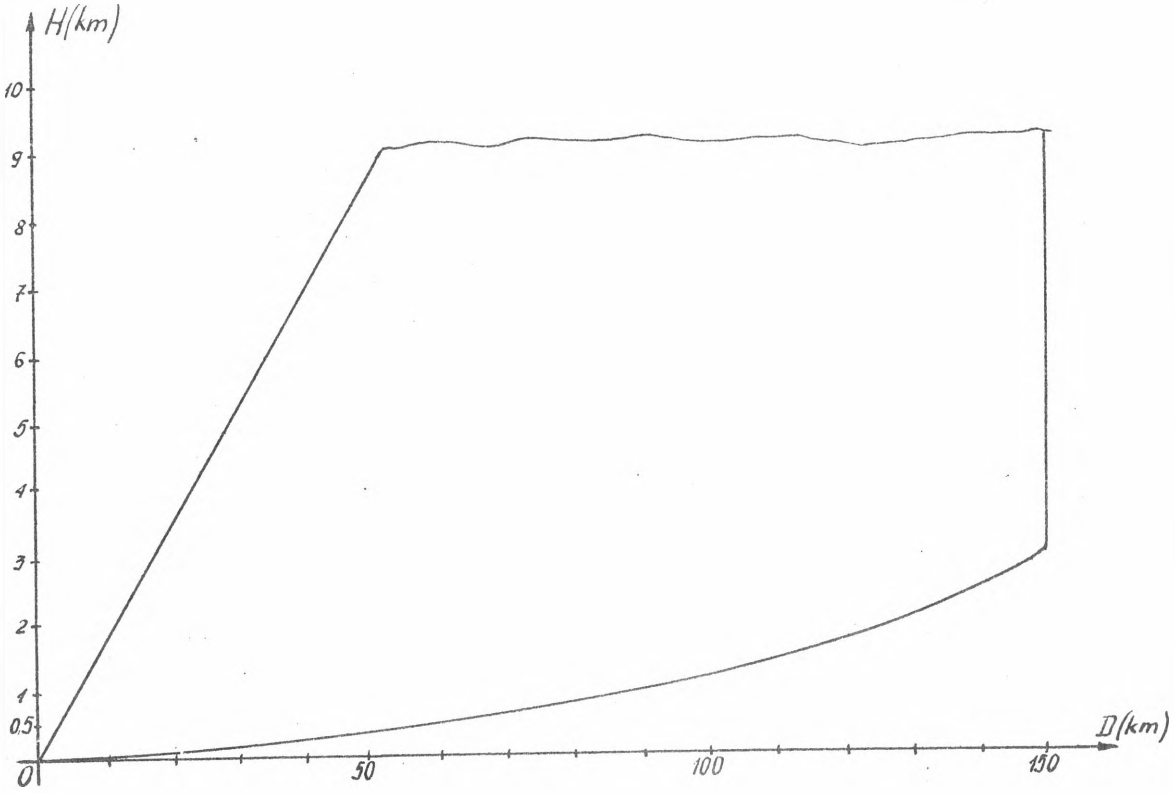
Załącznik nr 9

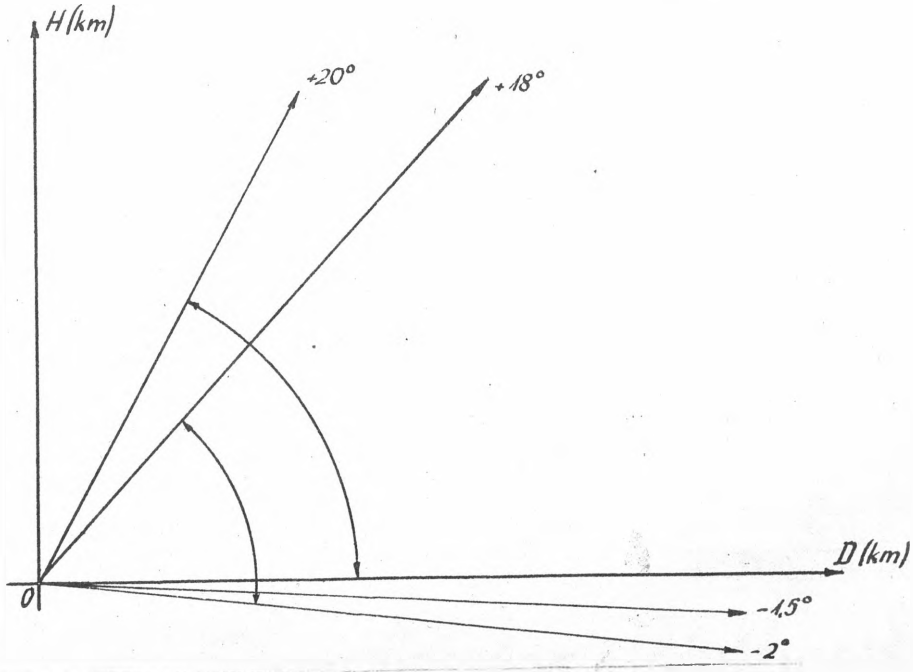




Charakterystyka i zakresy pracy radiowysokościomierza PRW-13

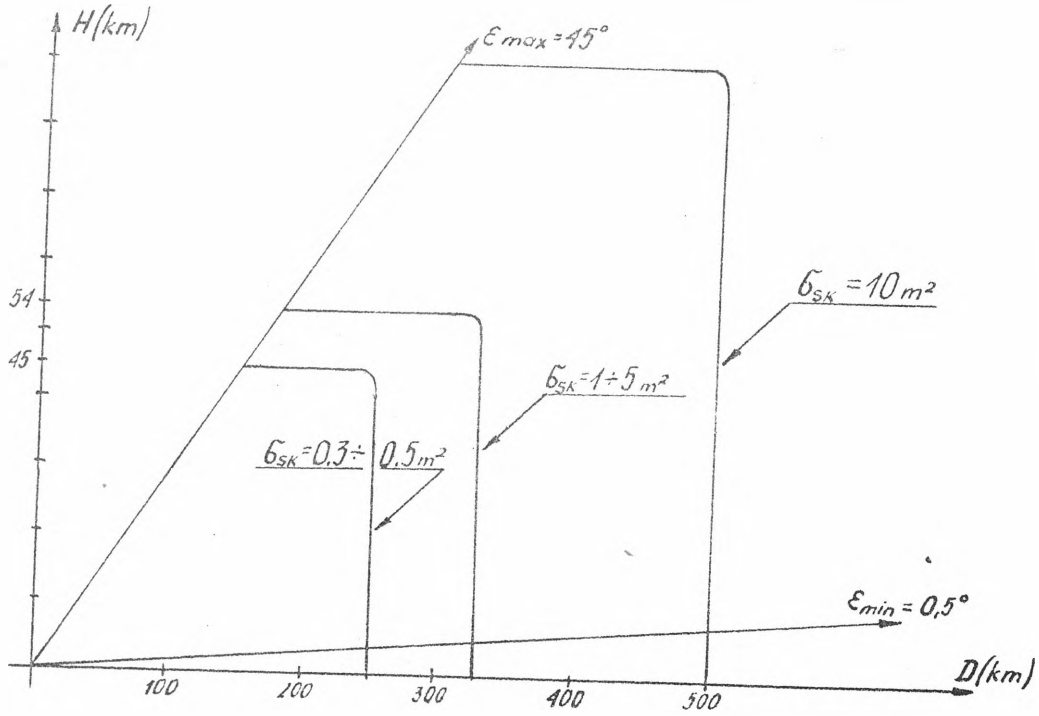
Rysunki wykonano na podstawie danych uzyskanych na kursie doskonalącym w ZSRR - Kalinin 1976 r.

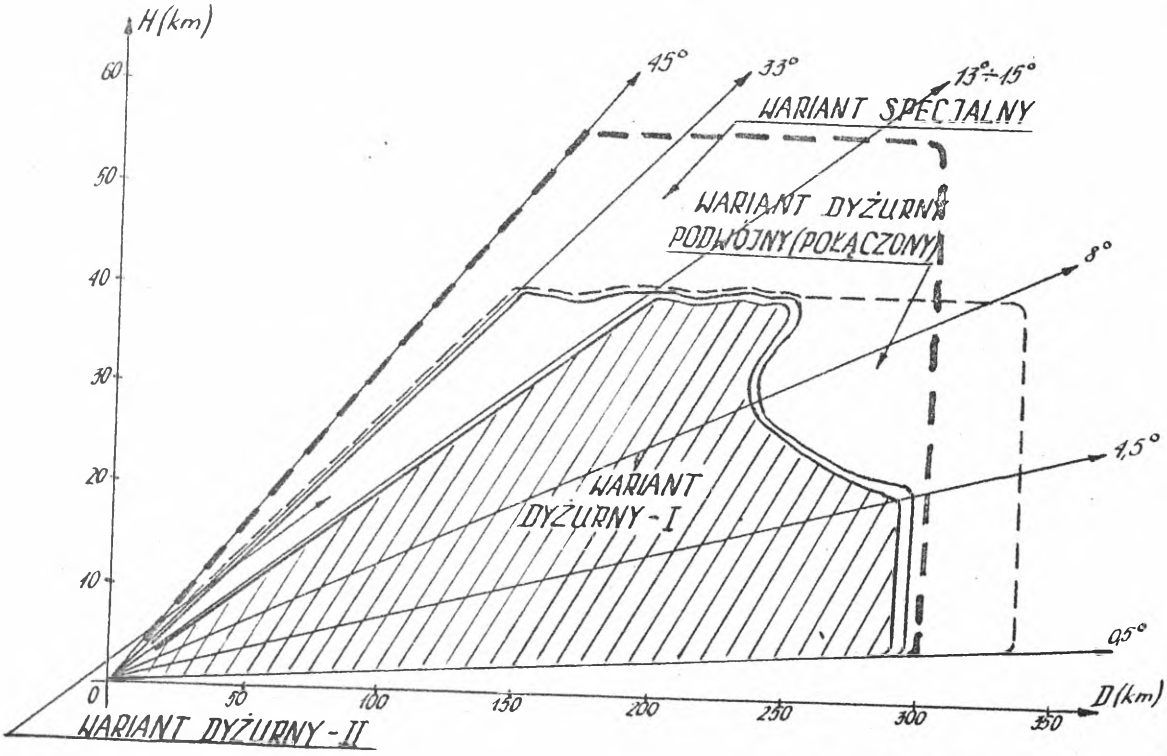




Charakterystyka i zakresy pracy radiowysokościomierza PRW-16

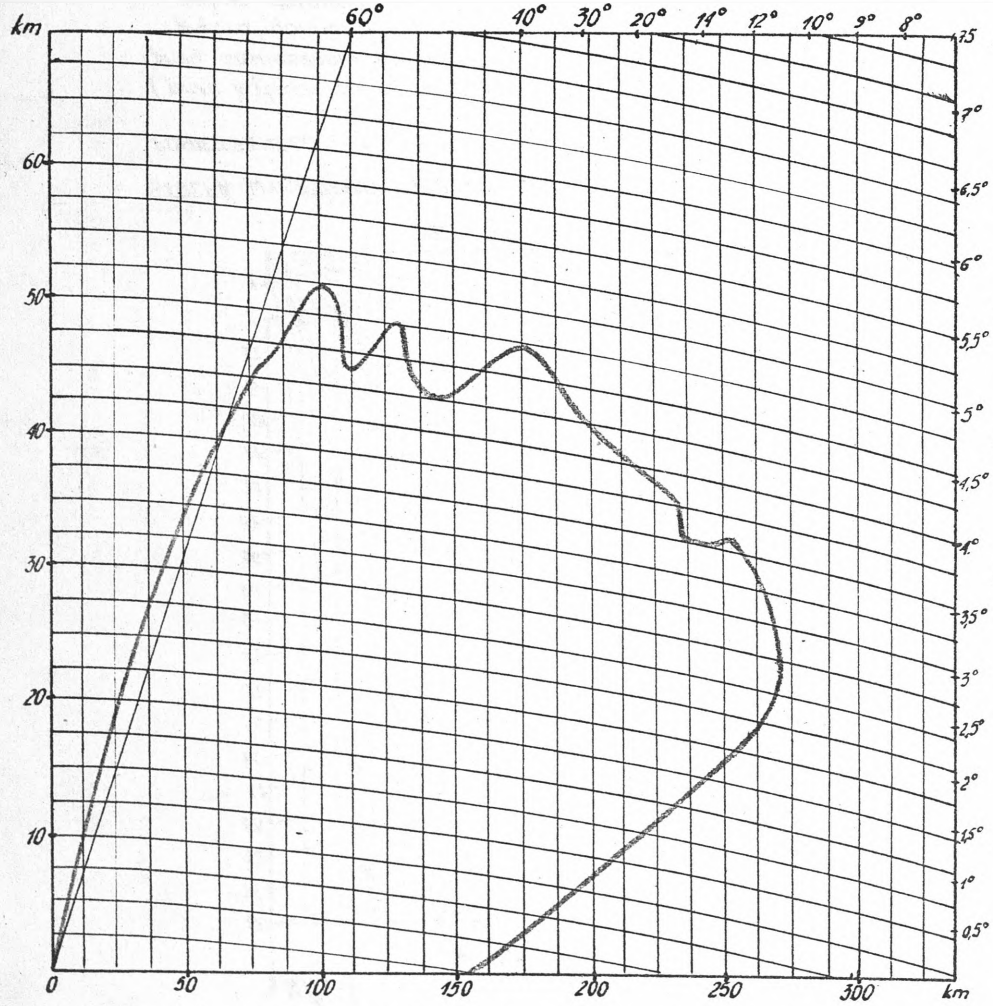
Rysunki wykonano na podstawie danych uzyskanych na kursie doskonalącym w ZSRR - Kalinin 1976r.



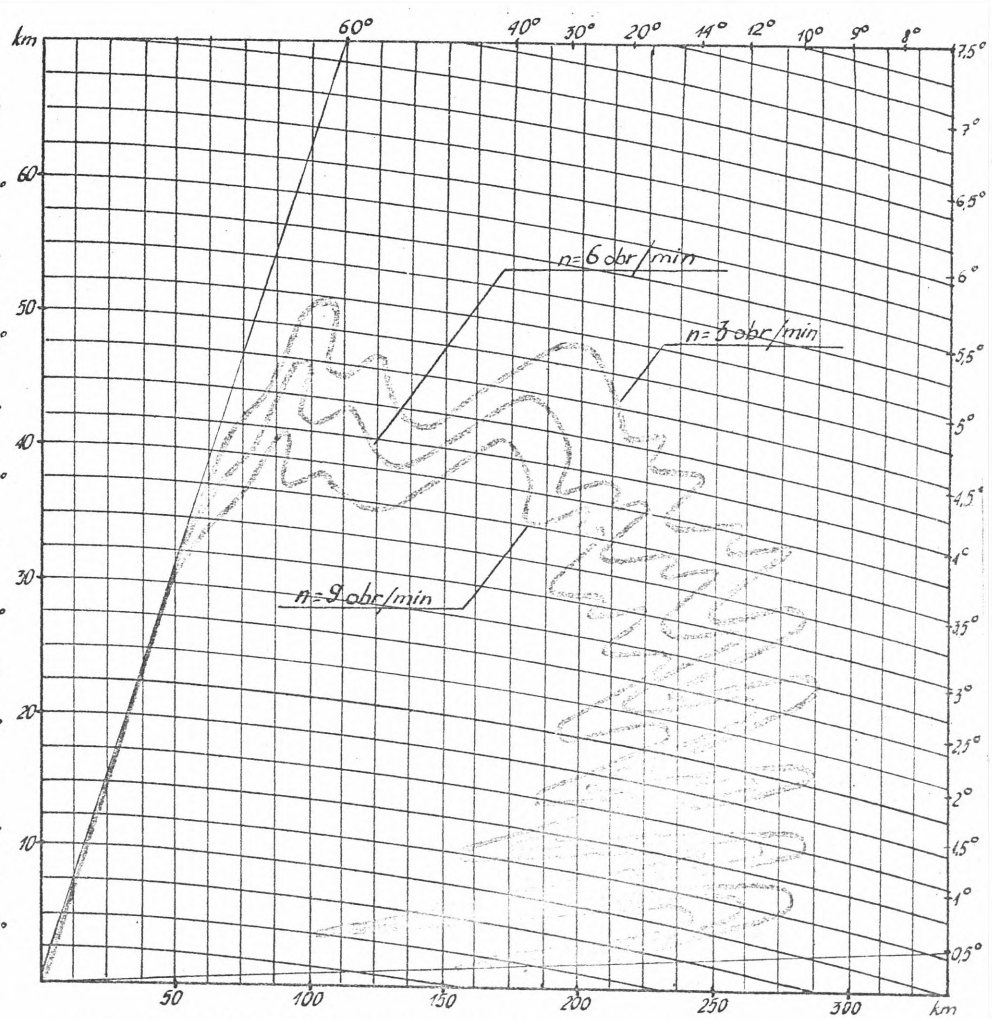


Charakterystyka i zakresy pracy radiolokacyjnego kompleksu RLK - 5N87

Rysunki wykonano na podstawie danych uzyskanych na kursie doskonalącym w ZSRR - Kalinin 1976r.



WOLNORZESTRZENNY WYKRES POKRYCIA STACJI JAWOR M DLA NOMINALNEGO KĄTA POCHYLENIA $\delta = 5{,}25°$ $u = 3$ obr/min.



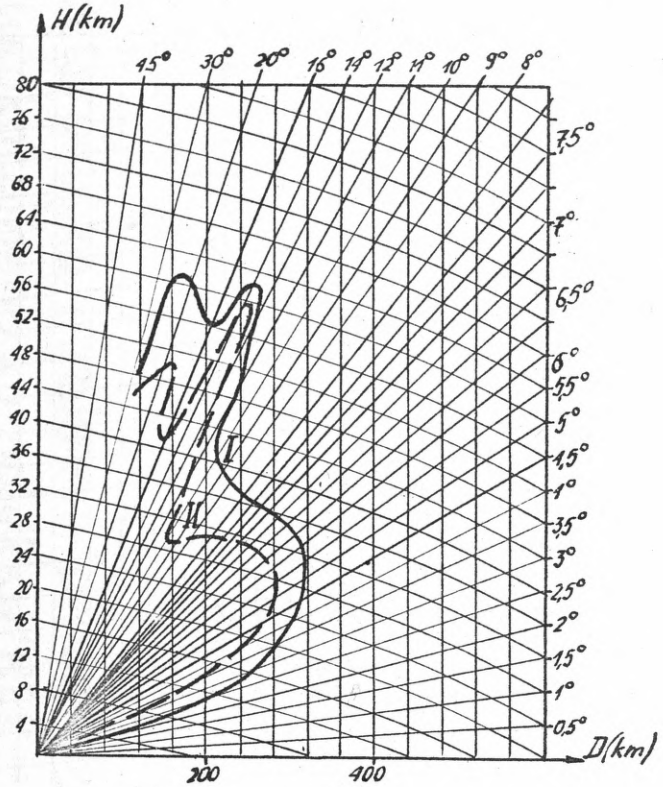
WOLNOPRZESTRZENNY WYKRES POKRYCIA STACJI JAWOR M DLA NOMINALNEGO KĄTA POCHYLENIA ANTENY $\delta = 5{,}25°$, W ZALEŻNOŚCI OD WIELKOŚCI OBROTÓW ANTENY.

LEGENDA

I —— dla częstotliwości podstawowej

II — — dla częstotliwości roboczej

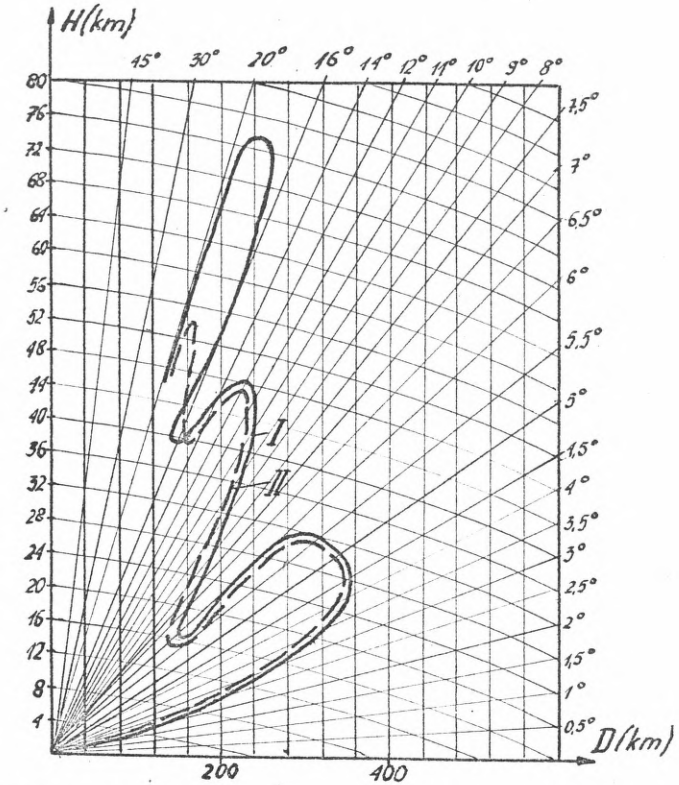
Manewr układem antenowym jest możliwy w granicach od −5° do +15° z tym że: manewr w granicach ± 2° stosuje się przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów nisko lecących a manewr w granicach od +12° do +15° stosuje się przy wypełnianiu stożka martwego RLS P-14



STREFA WYKRYWANIA RLS P-18 DLA OBIEKTU (CELU) POWIETRZNEGO o $\sigma_{SK} = 1 \div 5\ m^2$

(przy kątach zakrycia pozycji nie większych jak 15' oraz przy zawieszeniu anteny:
- piętra górnego $h_g = 6{,}35\ m$
- piętra dolnego $h_d = 3{,}9\ m$)

Wariant typowo wysokościowy do zapełnienia stożka martwego RLS P-14

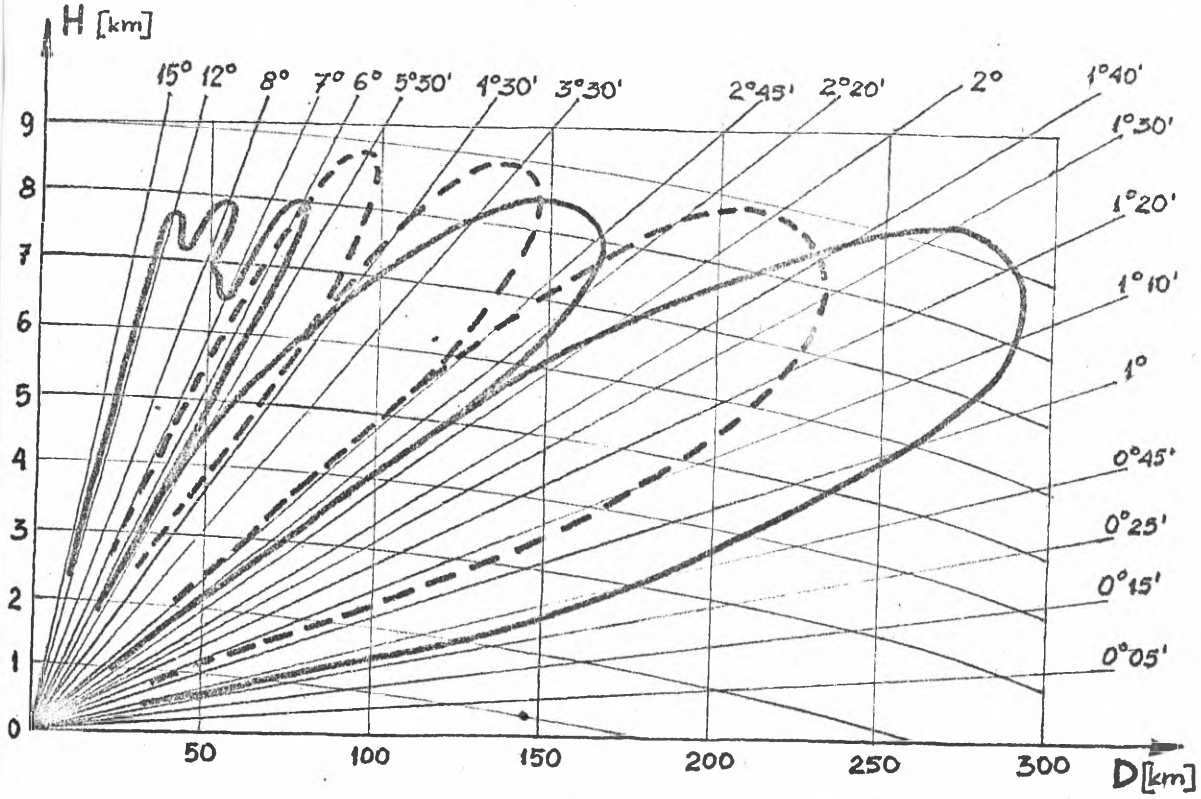


STREFA WYKRYWANIA RLS P-18 DLA OBIEKTU (CELU) POWIETRZNEGO o σ_{SK} $1 \div 5\ m^2$.

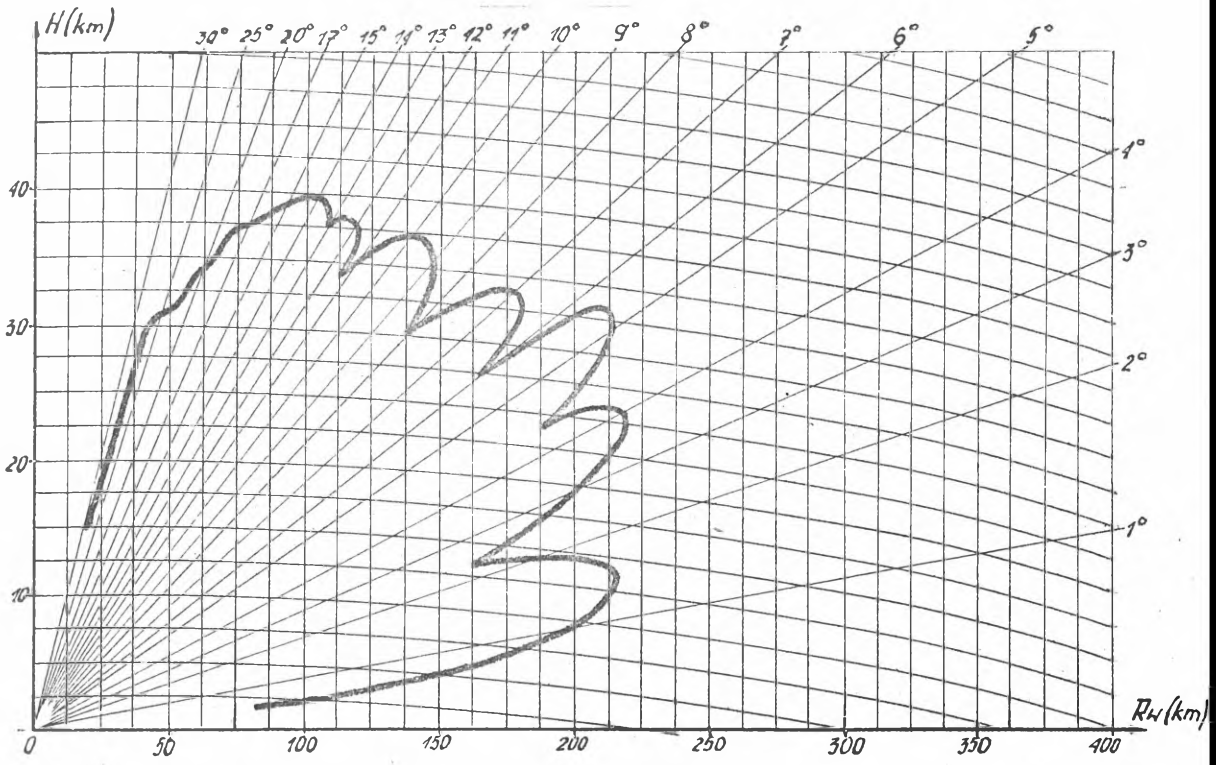
(przy kątach zakrycia pozycji nie większych jak 15' oraz przy zawieszeniu anteny:
- piętra górnego $h_g = 10{,}35\ m$
- piętra dolnego $h_d = 2{,}9\ m$)

Wariant do wykrywania obiektów (celów) niskolecących.

RLS P-15 *)



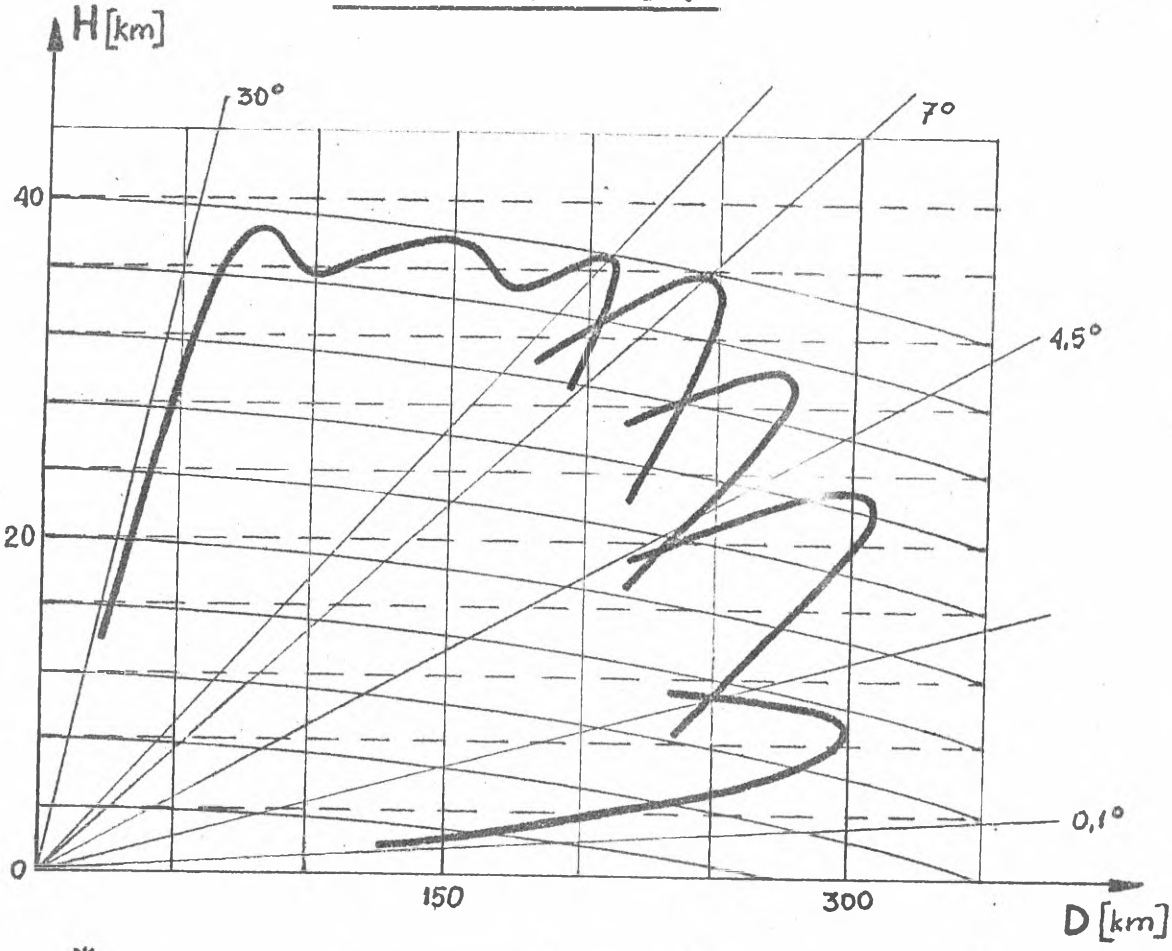
* Zmiana przedziału obserwacji RLS w kącie położenia następuje w wyniku zawieszania anteny na podwyższonych masztach. Do tego celu wykorzystuje się 15, 20, 30 i 45 m maszty typu „UNZA".



P-35

RLS posiada możliwość pochylenia układu antenowego/elektrycznej osi anteny/ w granicach ± 4,5°.
Z doświadczeń eksploatacji wynika, że pochylenie układu antenowego więcej jak o −2° nie jest celowe.

RLS P-37 *)



* 1. Przedział obserwacji RLS w kącie położenia mieści się w granicach od 0,5° do 28° przy ustawieniu centrum elektrycznego:
- dolnej anteny +3,5°
- górnej anteny +10,5°

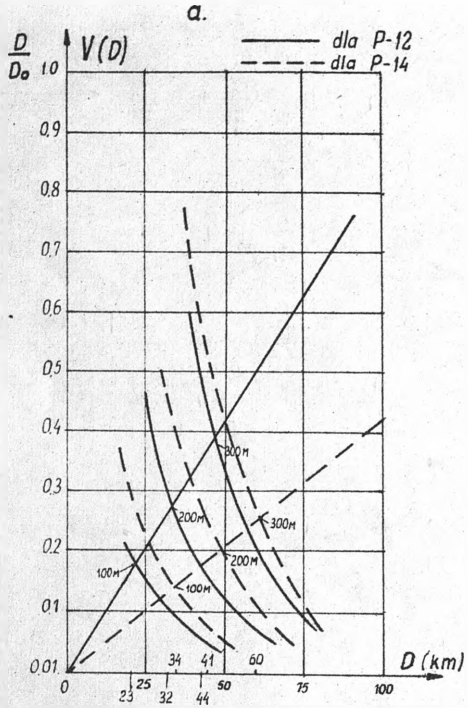
2. Możliwy manewr układem antenowym mieści się w granicach:
- dolnej anteny ±4,5°
- górnej anteny: w górę o +4,5°
  w dół o −7,5°

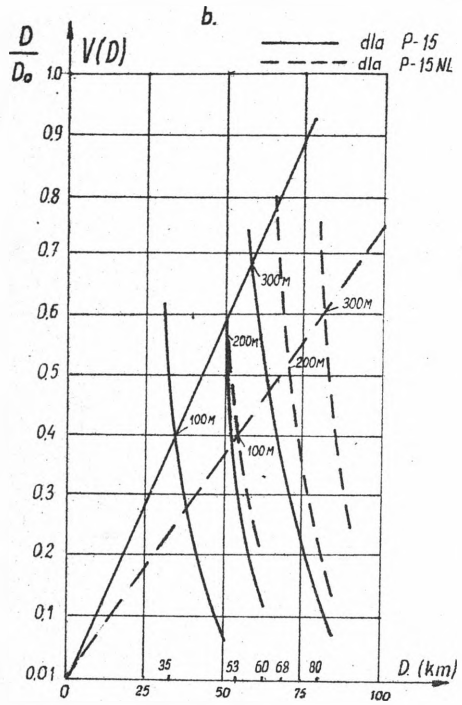
Załącznik nr 10

Wyposażenie poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych w podstawową aparaturę przeciwzakłóceniową

LP	Typ RLS	Rodzaj aparatury przeciwzakłóceniowej	Dopuszczalna gęstość mocy zakłóceń aktywnych i gęstość zakłóceń pasywnych
	P-35M	- przystawka typu „FILTR" ZA; - układy negatywnej /ciemnej/ indykacji; - układy: NARW, ZARW, różniczkujące;	0,5 W/MHz
	P-37	- układy różniczkujące; - układy: SZARW, NARW, ZARW, TES /w każdym kanale/; - przystawka P-1; - zabezpieczenie przed pociskami samonaprowadzającymi;	1,1 W/MHz 0,6-2 paczki na 100 m drogi
	P-40	- diwersity częstotliwości; - układy przestrajania częstotliwości; - układy: TES, SZARW; - układy eliminacji zakłóceń niesynchronicznych; - układy zabezpieczające przed zakłóceniami pełzającymi - układ określania źródła zakłóceń;	———
	JAWOR M	- układy przestrajania 4 zapasowych częstotliwości; - zmienne częstotliwości powtarzania; - układy: SZARW, NARW, ZARW, TES, różniczkujące;	0,5 W/MHz
	JAWOR M-2	- układy: TES, SzOW, ZARW, NARW; - układ przestrajania 4 zapasowych częstotliwości; - zmienne częstotliwości powtarzania; - układ kompensacji listków bocznych; - diwersity częstotliwości;	———
	P-15 M	- układy przestrajania 9 ustalonych częstotliwości; - układy: TES, różniczkujący; - zabezpieczenie przed pociskami samonaprowadzającymi;	1-1,5 paczki na 100 m drogi
	P-12NP	- układy: zabezpieczające przed niesynchronicznymi zakłóceniami impulsowymi; TES; - układy przestrajania na 4 różne częstotliwości;	1,2 paczki na 100 m drogi
	P-14	- układy przestrajania na 4 różne częstotliwości; - zmienne częstotliwości powtarzania; - układy: TES, różniczkujące; - układy zabezpieczające przed niesynchronicznymi zakłóceniami impulsowymi; - zabezpieczenie przed pociskami samonaprowadzającymi;	1,3-2 W/MHz 1-2 paczki na 100m drogi
	P-18	- możliwość przestrajania na 4 różne częstotliwości; - układy: TES, SZARW; - układ eliminacji zakłóceń impulsowych niesynchronicznych; - zabezpieczenie przed pociskami samonaprowadzającymi;	2 W/MHz 1,5 paczki na 100 m drogi
	NAREW	- układy: TES, SzOW, SZARW;	———
	5N87 (K-66)	- układy obrony przed zakłóceniami zaporowymi; - układ SZARW; - autokompensor do eliminacji zakłóceń szumowych od listków bocznych; - układ eliminacji zakłóceń odzewowych; - układ zabezpieczenia przed fałszywymi celami; - układ zabezpieczający przed zakłóceniami niesynchronicznymi;	10-100 W/MHz 1,5-3 paczki na 100m drogi
	PRW-9	- układy przestrajania częstotliwości: -- sterowanie ręczne z ustawieniem częstotliwości na dowolną wielkość w zakresie przestrajania; -przestrajanie ciągłe od impulsu do impulsu; --przestrajanie automatyczne skokowe; - filtr zakłóceń niesynchronicznych; - układy: TES, NARW, ZARW, różniczkujące;	2,1-2,4 paczki na 100 m drogi
	PRW-11	- układy przestrajania na 5 zapasowych częstotliwości; - zmienna częstotliwość powtarzania; - układy: TES, ZARW, różniczkujący;	2,2 W/MHz 2,1 paczki na 100 m drogi
	PRW-13	- możliwość przejścia na nadajnik rezerwowy; - układy: TES, kompensacji listków bocznych; - aparatura tłumienia zakłóceń odzewowych i niesynchronicznych; - układ określania namiaru źródła zakłóceń w kącie położenia i w azymucie; - zabezpieczenie przed pociskami samonaprowadzającymi;	2-10 W/MHz 2,4 paczki na 100 m drogi
	PRW-16	- układ przestrajania częstotliwości; - praca w warunkach wzmocnionego odbioru; - układy: TES, ZARW, NARW, różniczkujące; - filtr zakłóceń niesynchronicznych; - aparatura kompensacyjna do zwalczania zakłóceń niesynchronicznych; - możliwość określania źródła zakłóceń w kącie położenia; - zabezpieczenie przed pociskami samonaprowadzającymi;	2,1-2,4 paczki na 100m drogi
	NIDA	- możliwość przestrajania; - układy: SzOW, SZARW, NARW, TES, różniczkujące; - diwersity częstotliwości; - układy kompensacji listków bocznych;	———
	BOGOTA	- układy: SZARW, NARW, ZARW, TES, różniczkujące;	1-1,3 paczki na 100 m drogi

Załącznik nr 11

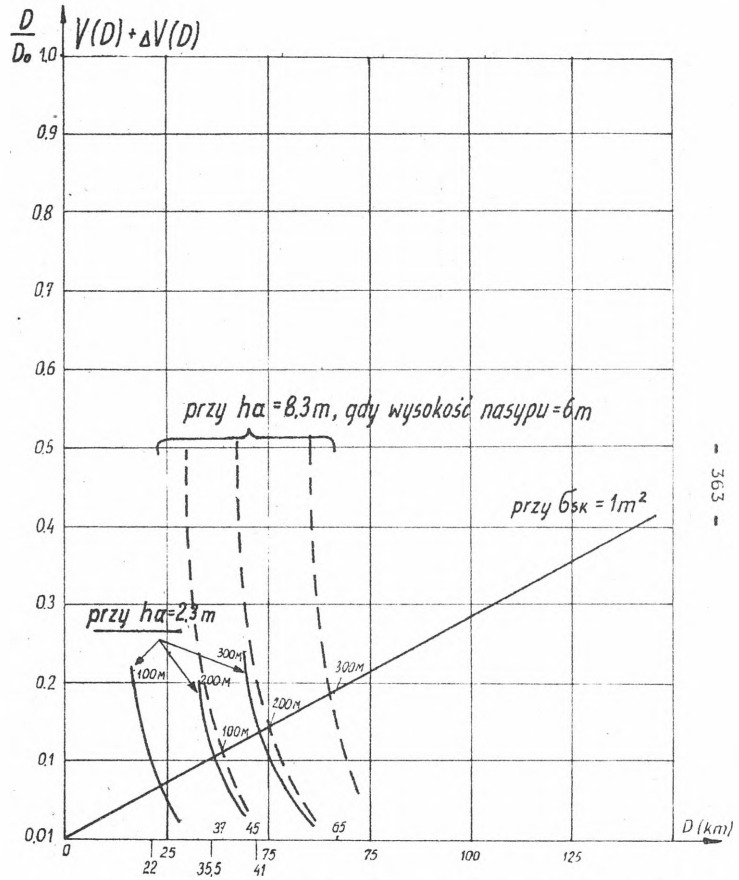




GRAFICZNE OKREŚLENIE ODLEGŁOŚCI WYKRYWANIA NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH.

a. dla RLS P-12 i P-14 b. dla RLS P-15 i P-15 NL

Uwaga: Odległości wykrycia obiektu (celu) nisko lecącego określa się jako punkt przecięcia się prostej [odległości wykrywania RLS w swobodnej przestrzeni D przy założonej skutecznej powierzchni odbicia (σ_0) obiektu (celu)] z krzywymi mnożnika osłabienia V(D) dla różnych wysokości lotu obiektu (celu) nisko lecącego.
Dla danego przykładu przyjęto: $\sigma_{sk} = 1 m^2$, $H_c = 100, 200$ i 300 m.

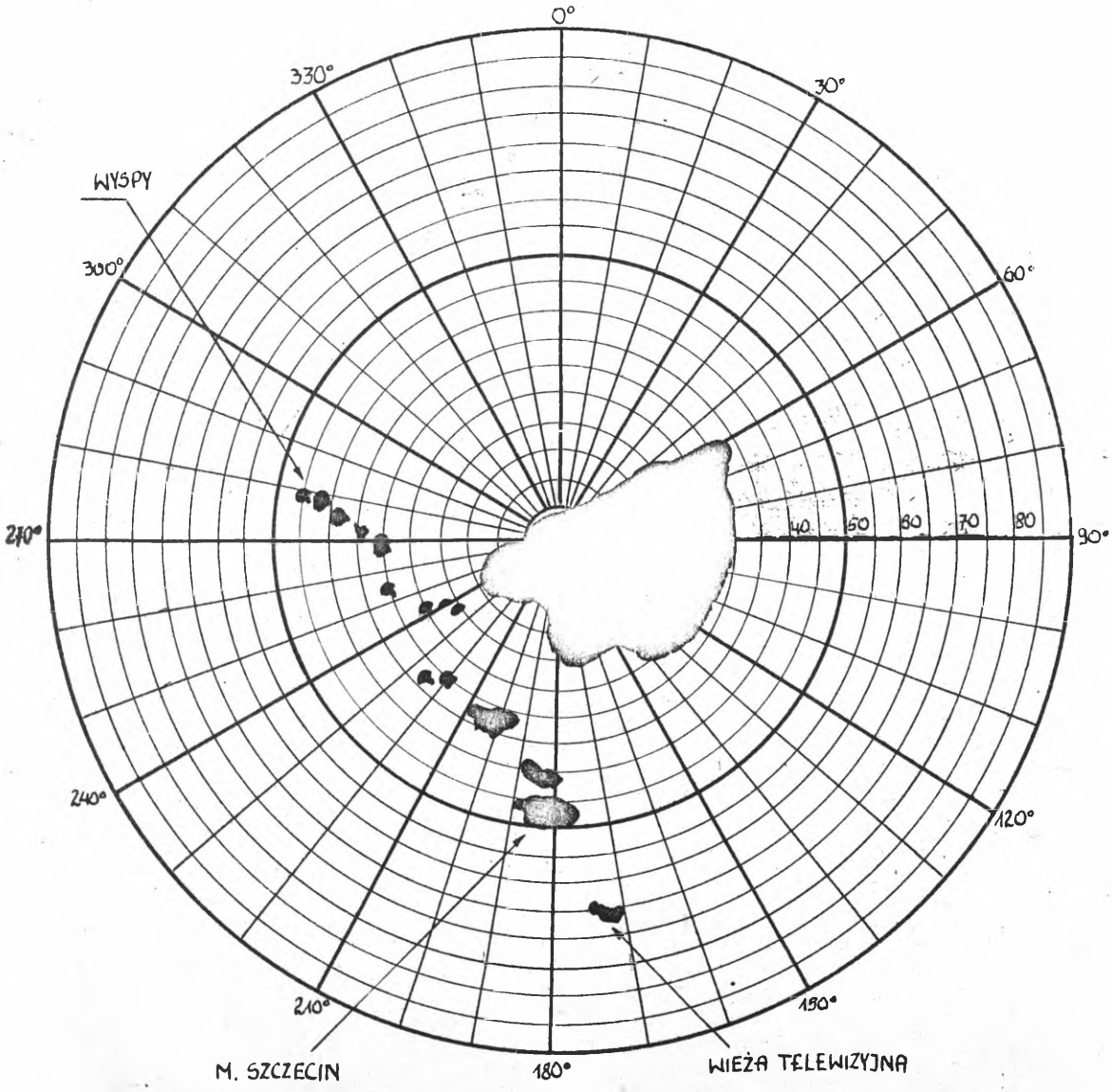


GRAFICZNE OKREŚLENIE ODLEGŁOŚCI WYKRYWANIA RLS P-35 NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH.

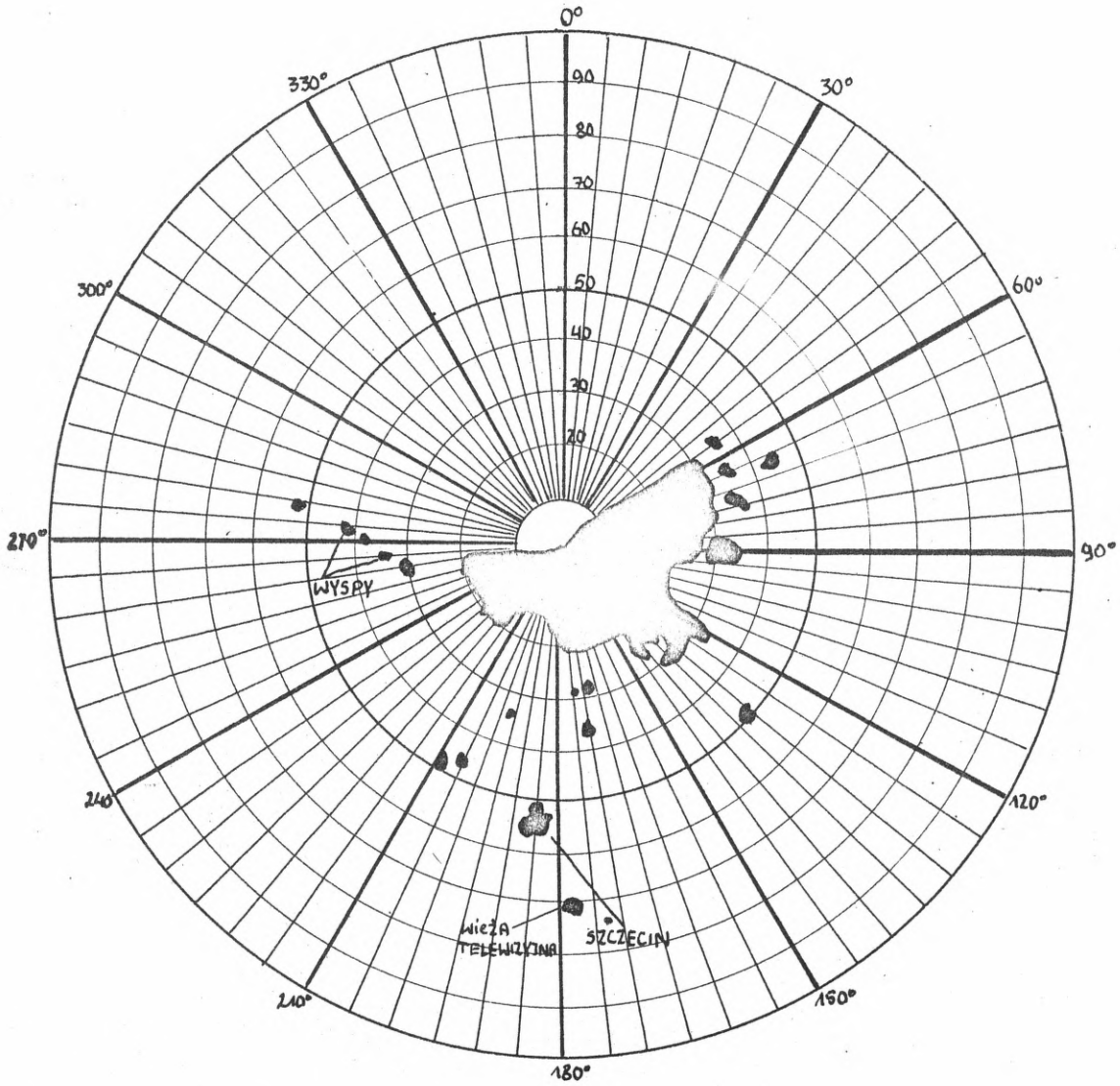
Uwaga: Kabina O-N P-35 umieszczona na nasypie o wysokości 6 m. Stację rozwinięto w terenie o średniokwadratowej wartości wysokości $\Delta h = 25$ m.

Załącznik Nr 12.

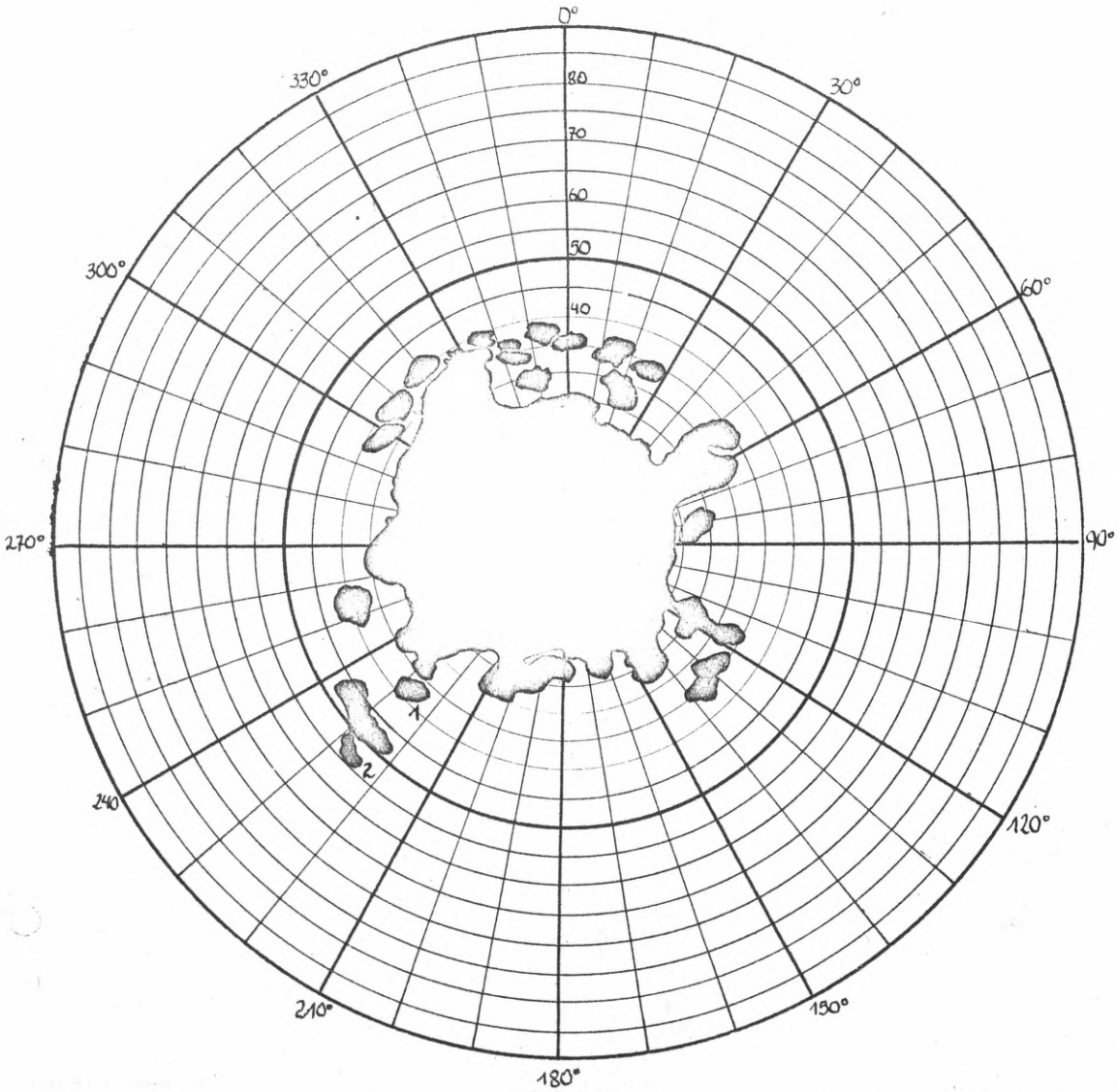
Schematy odbić od przedmiotów miejscowych /terenowych/ widoczne na wskaźnikach stacji radiolokacyjnych rozwiniętych w różnych rejonach kraju oraz w różnych warunkach terenowych.



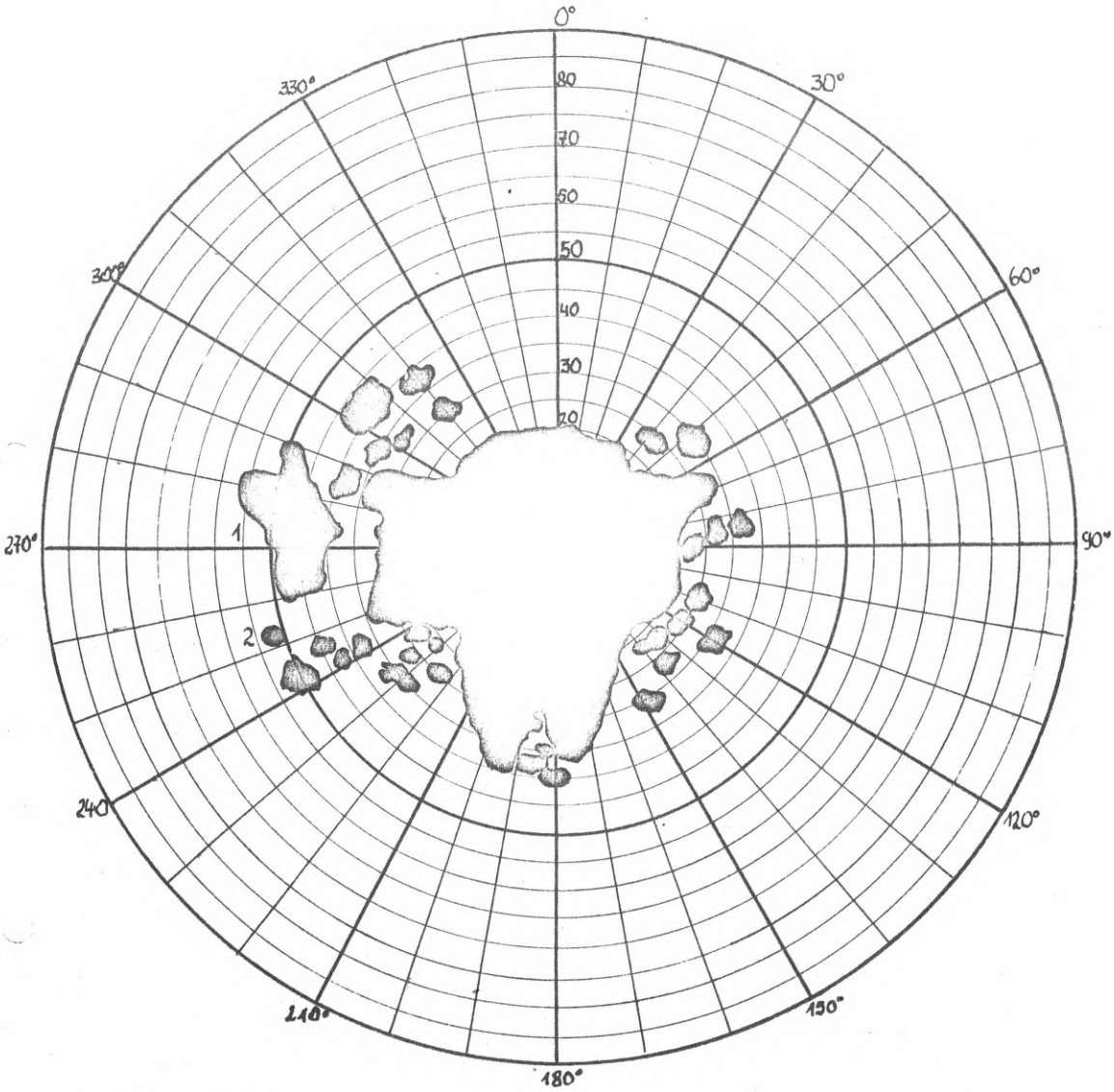
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS P-15 rozwiniętej na wyspie WOLIN.



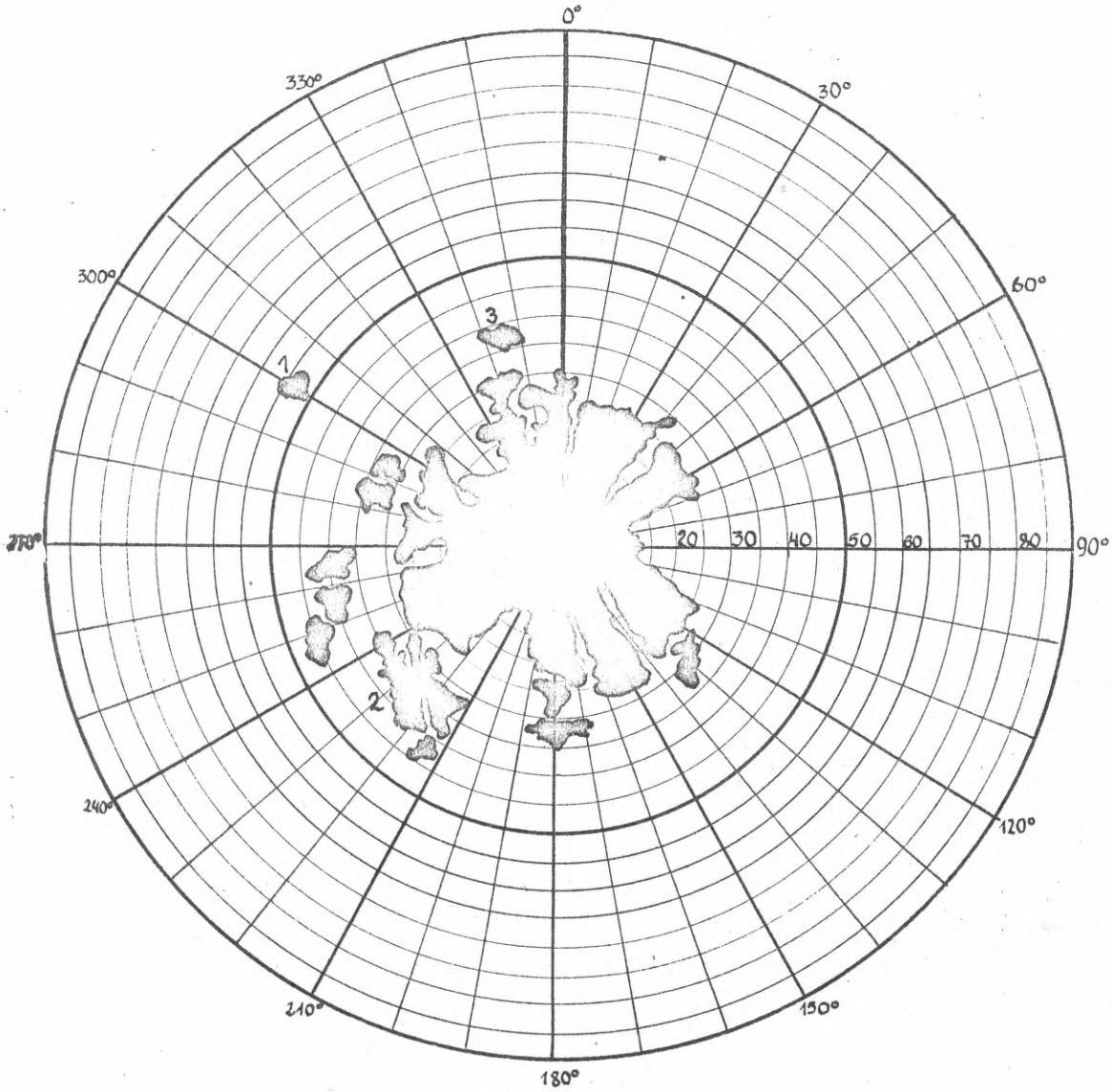
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS P-35 rozwiniętej na wyspie WOLIN.



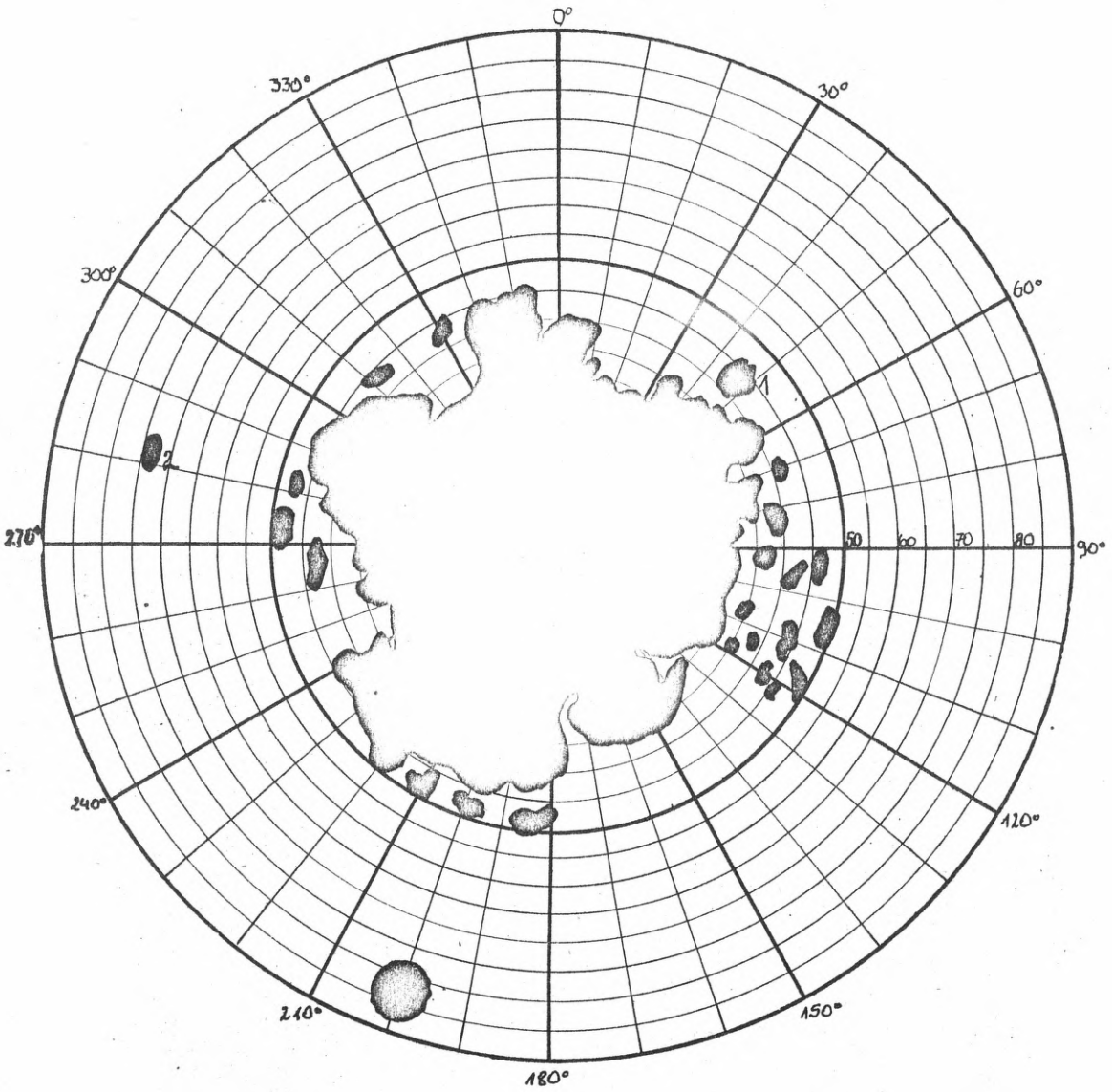
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS "JAWOR M" rozwiniętej na Pojezierzu Mazurskim.



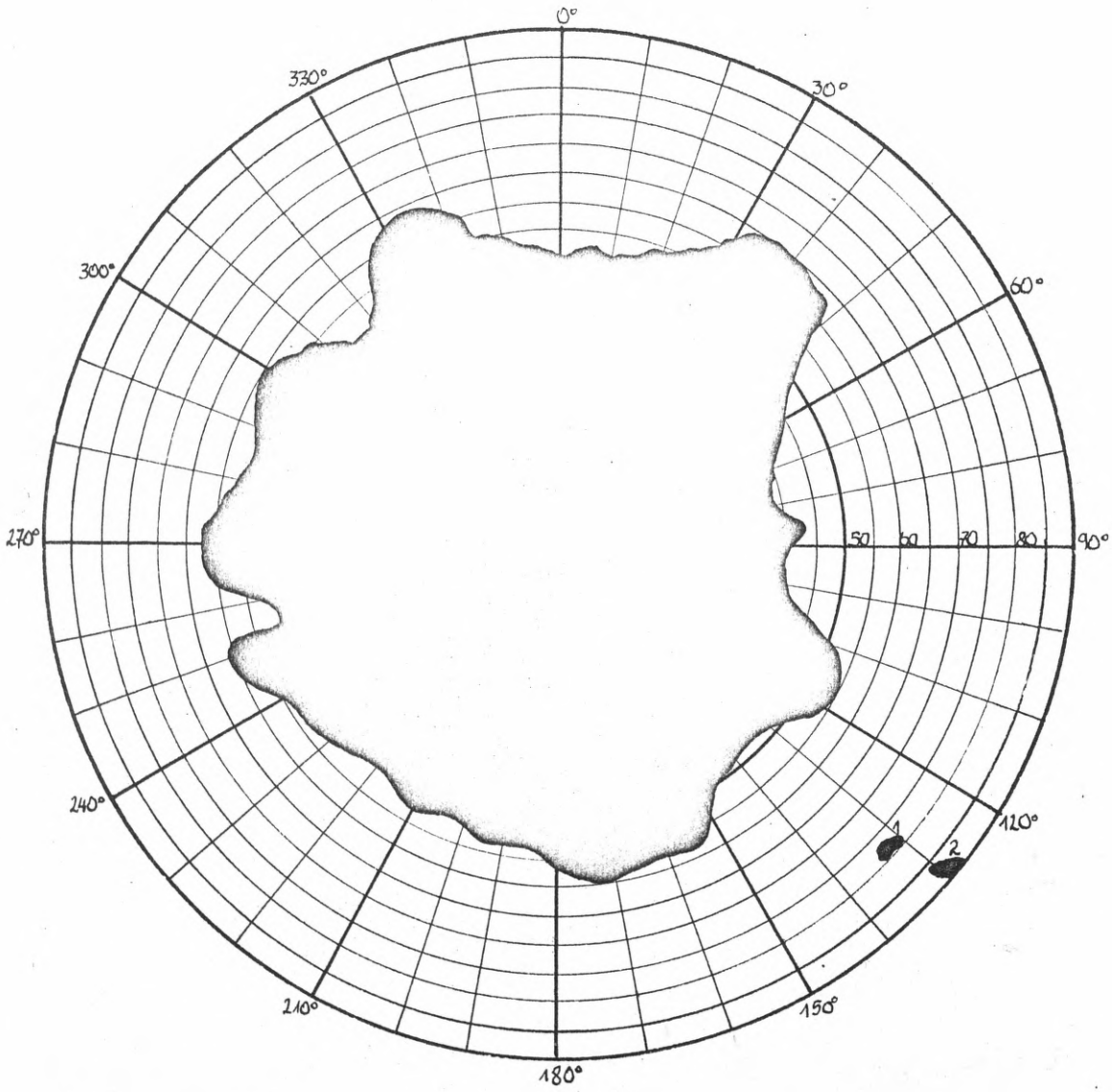
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS P-35 rozwiniętej na obszarze Niziny Mazowieckiej.



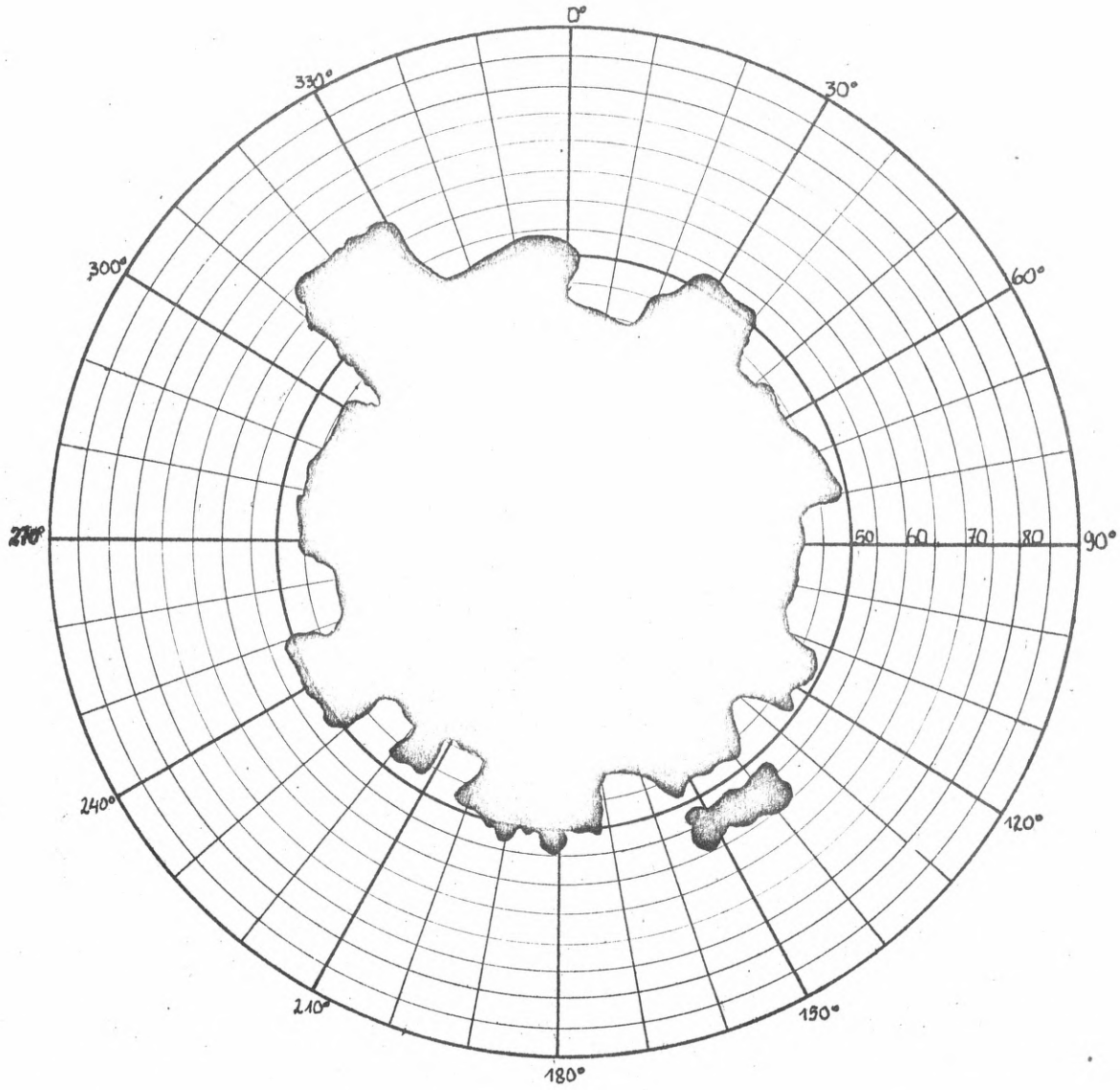
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS "JAWOR M" rozwiniętej na obszarze Niziny Mazowieckiej.



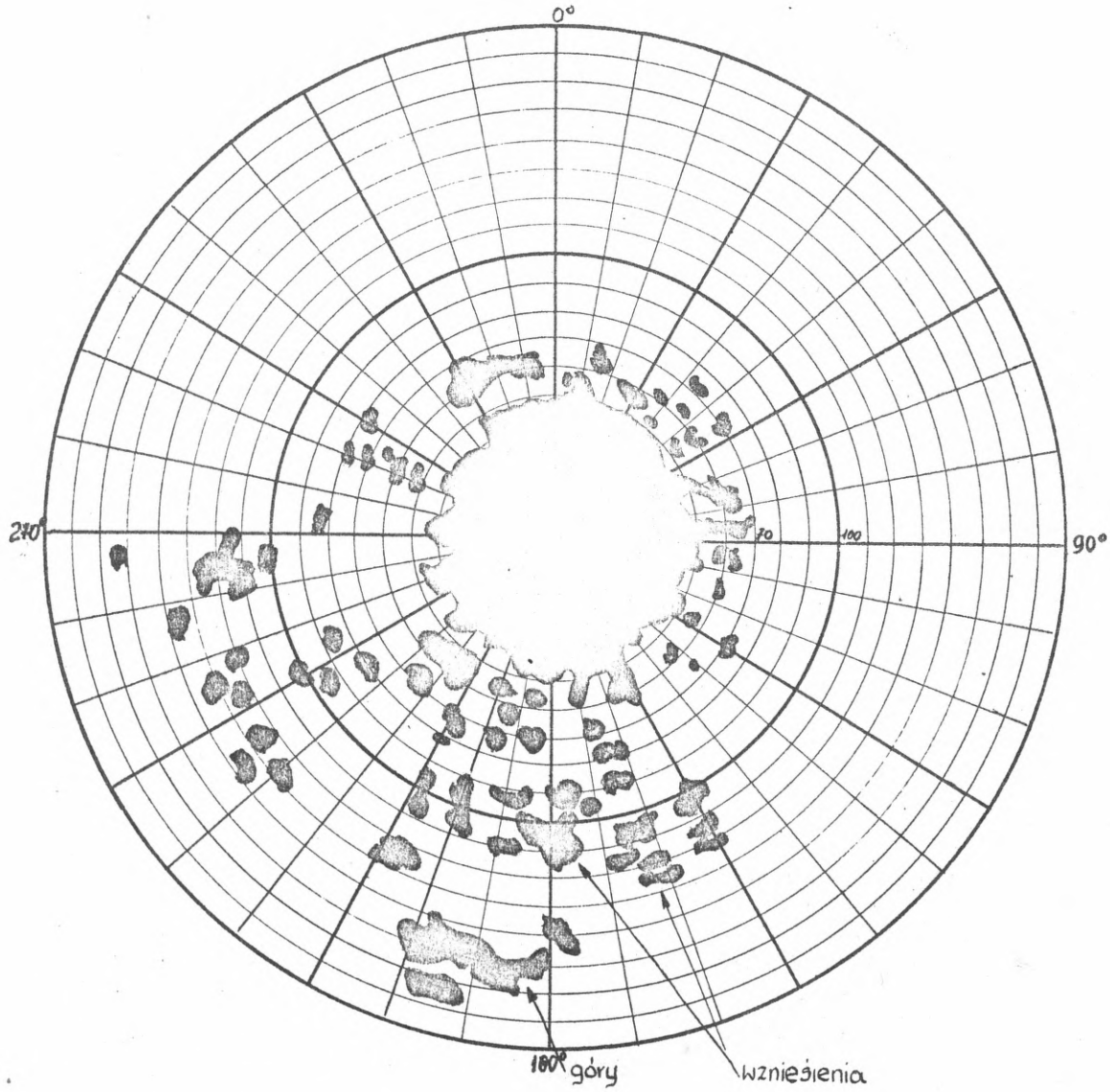
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS P-14 rozwiniętej na obszarze Niziny Mazowieckiej.



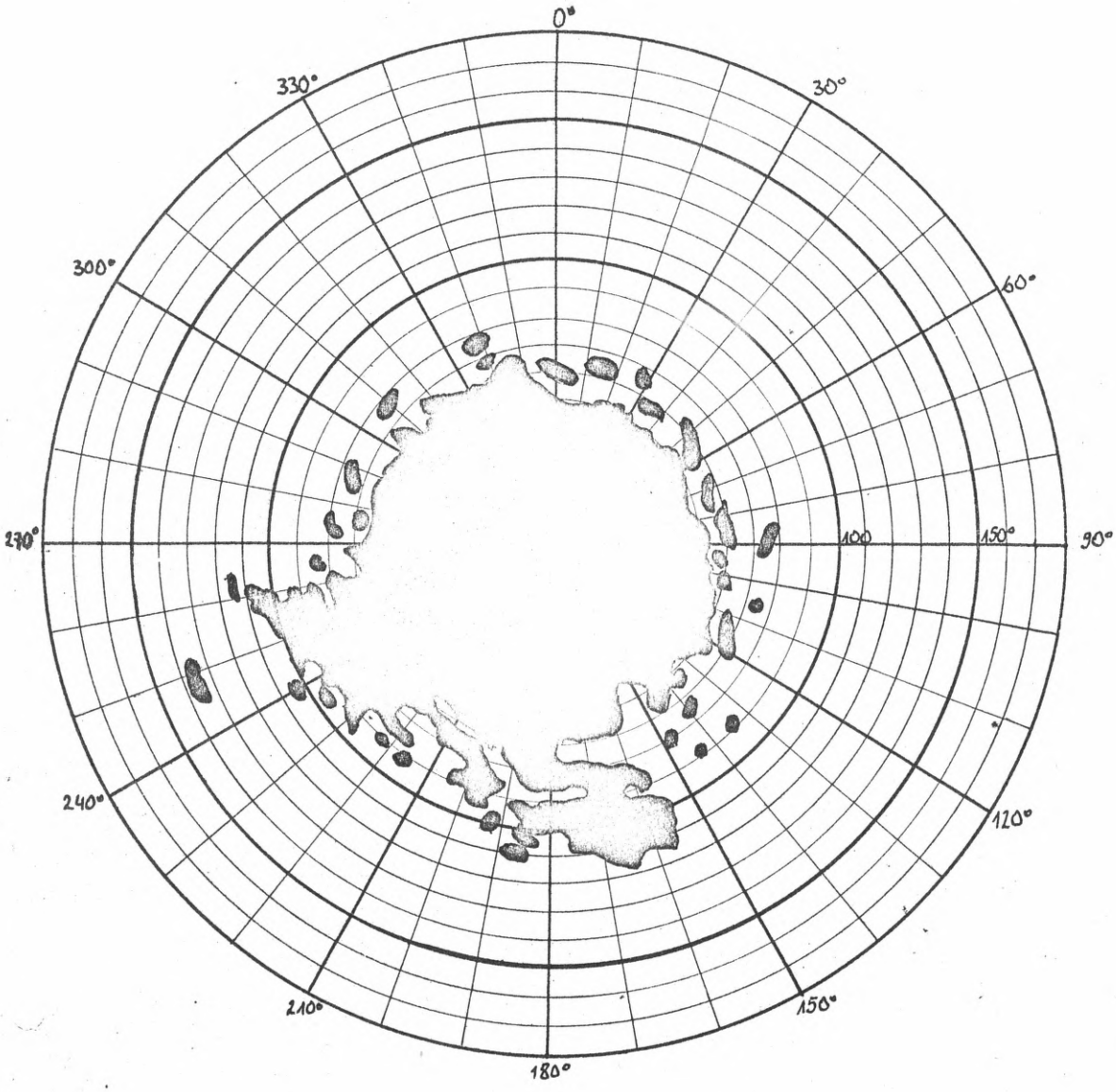
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS "JAWOR M" rozwiniętej na obszarze Wyżyny Kieleckiej.



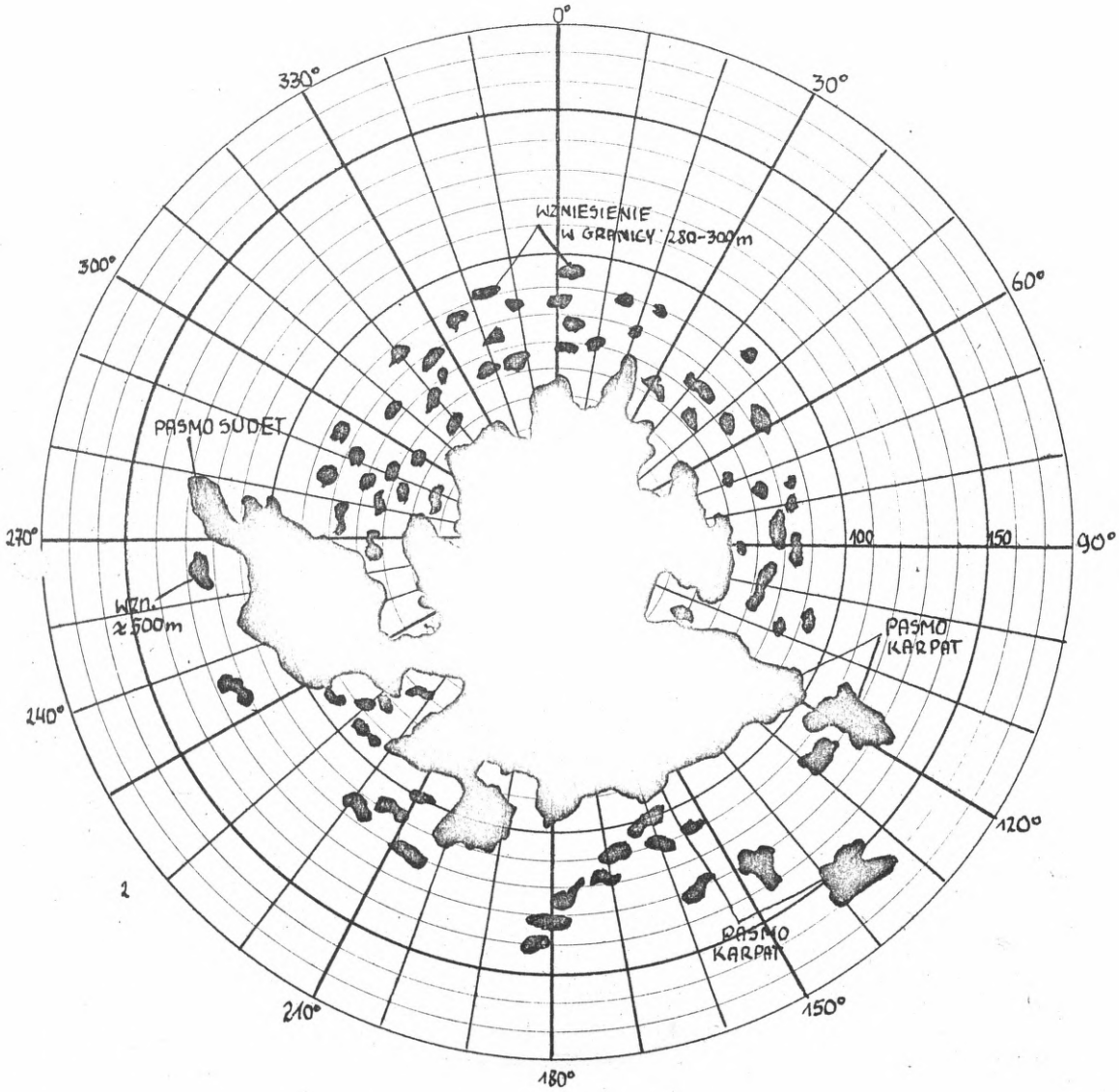
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS P-35 rozwiniętej na obszarze Wyżyny Kieleckiej.



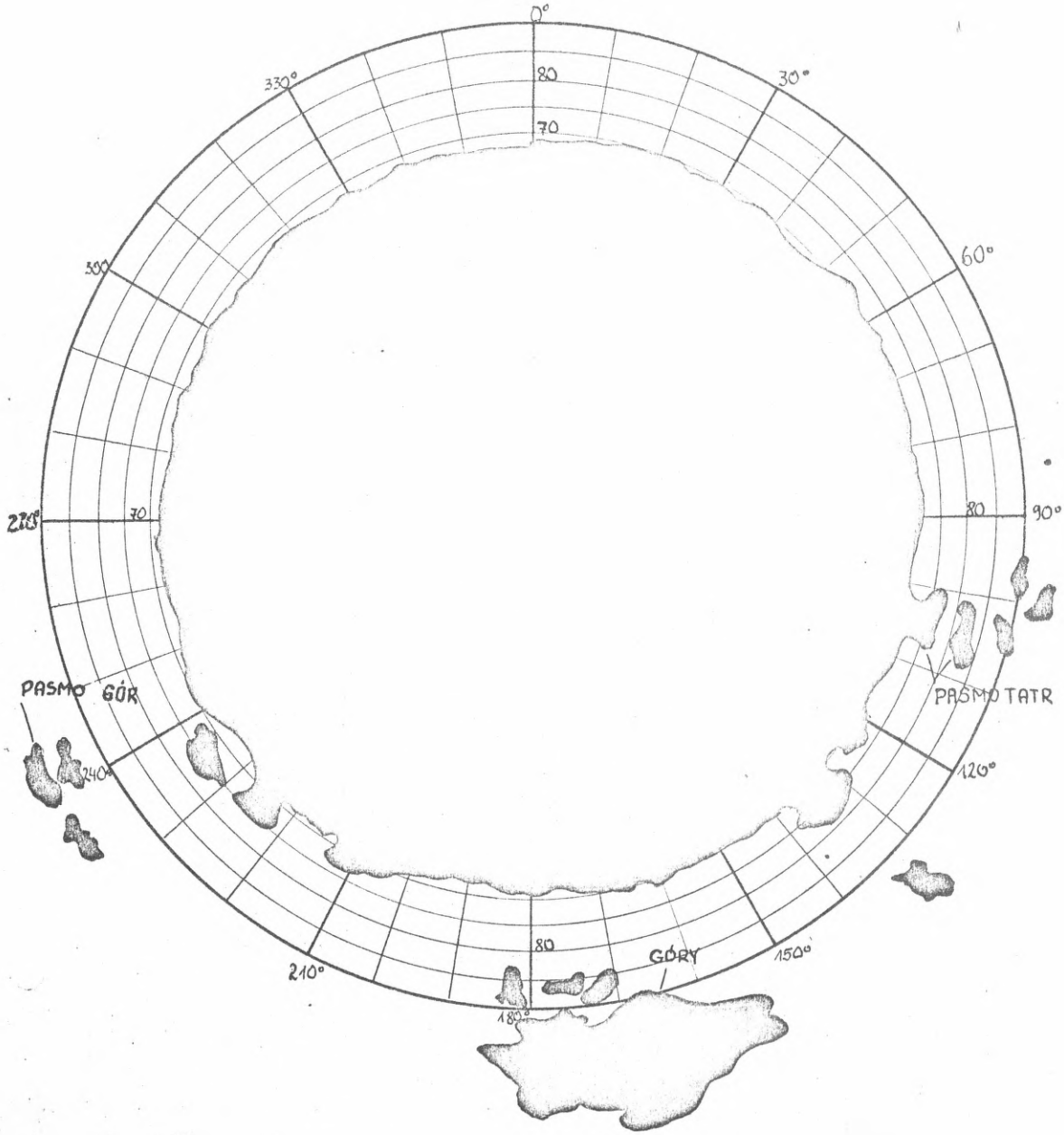
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS "JAWOR M" rozwiniętej na obszarze Kotliny Sandomierskiej.



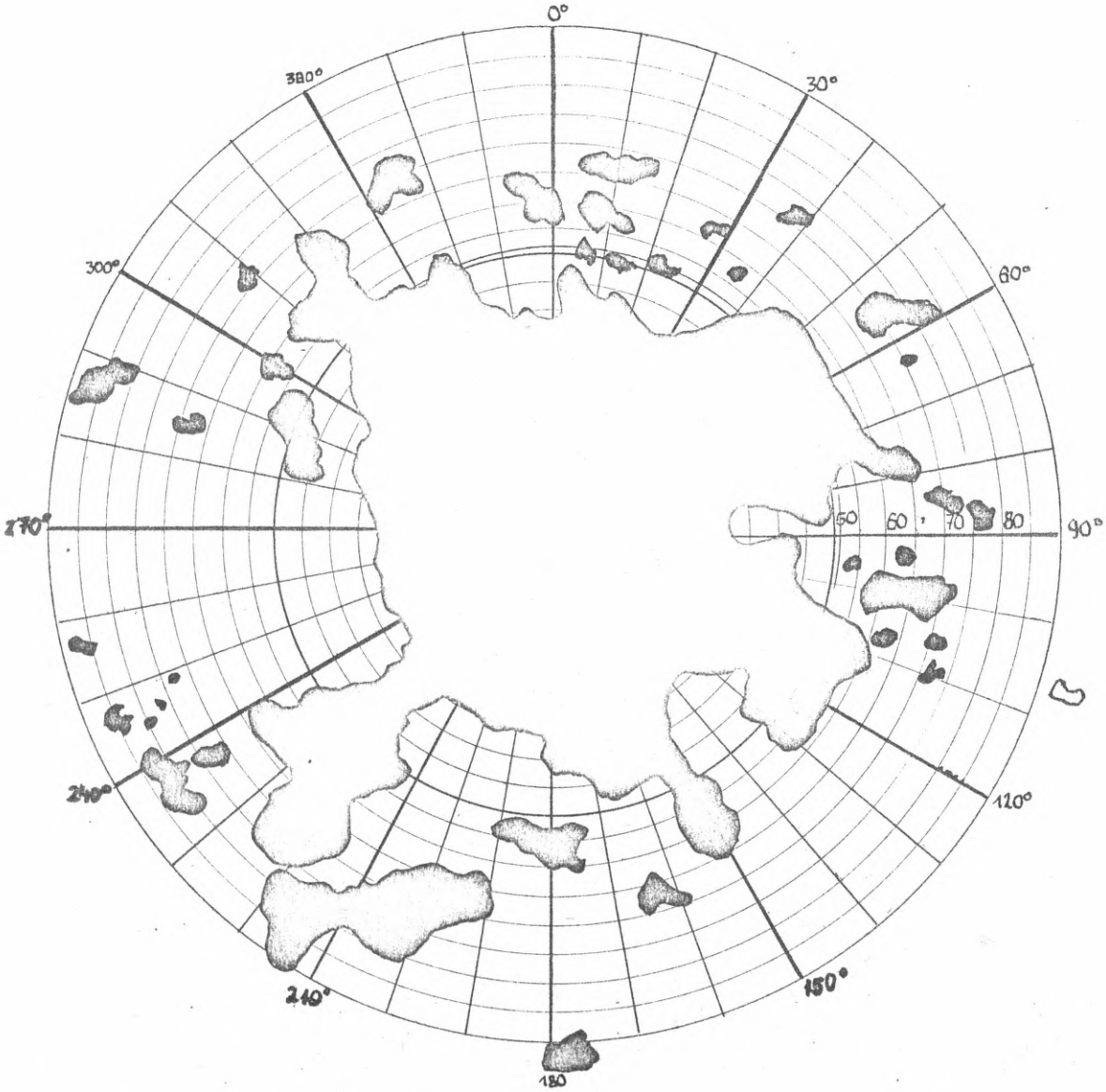
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS P-14 rozwiniętej na obszarze Dolnego Śląska.



Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS P-14 rozwiniętej na obszarze Wyżyny Śląskiej.

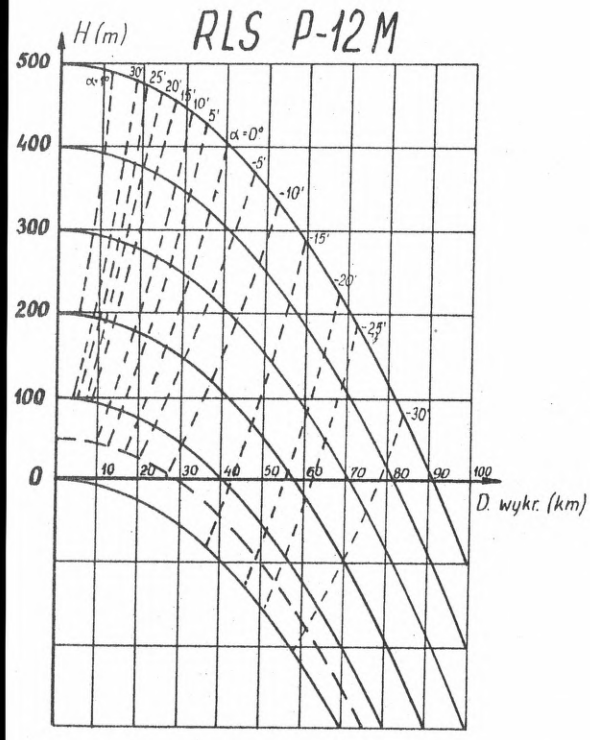


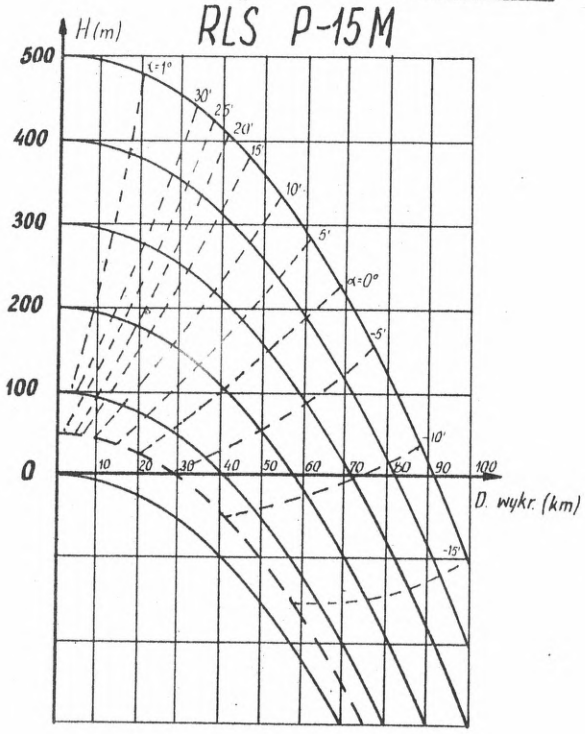
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS "JAWOR M" rozwiniętej na obszarze Wyżyny Śląskiej.

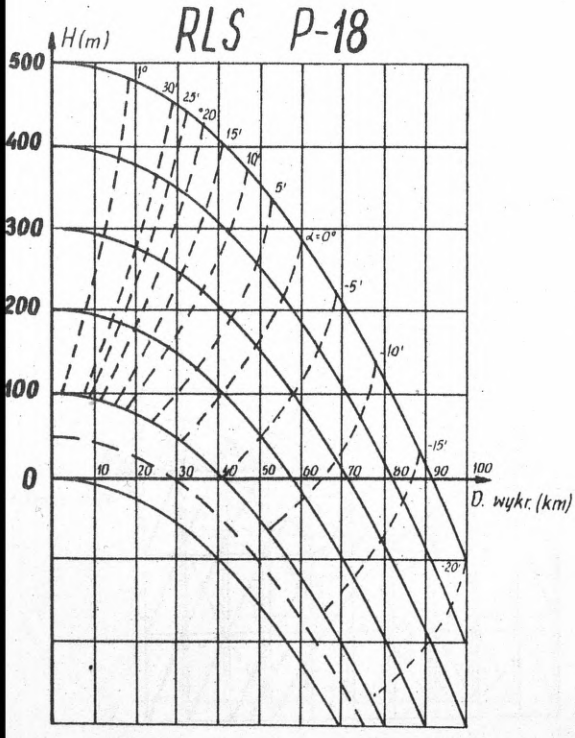


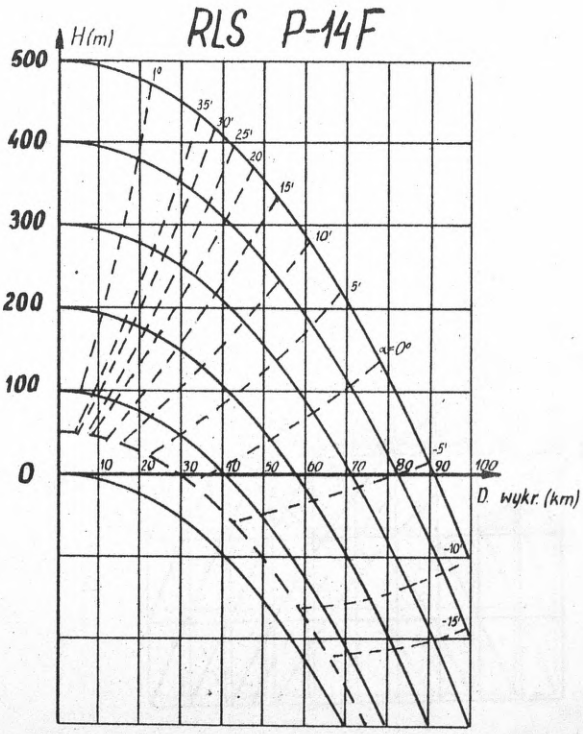
Odbicia widoczne na ekranie wskaźnika RLS P-35 rozwiniętej na obszarze Wyżyny Śląskiej.

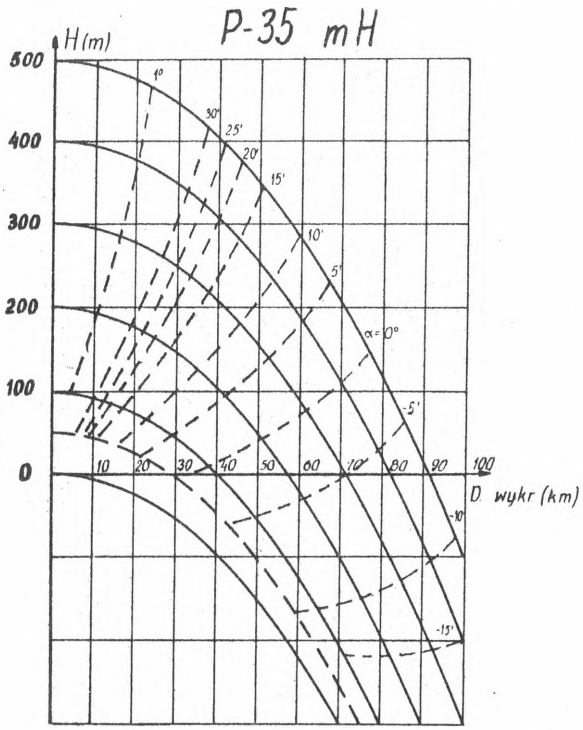
Załącznik nr 13

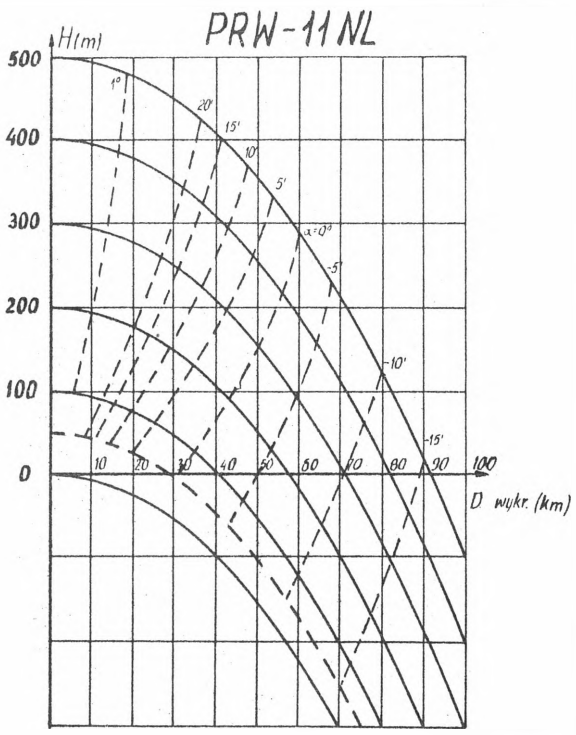


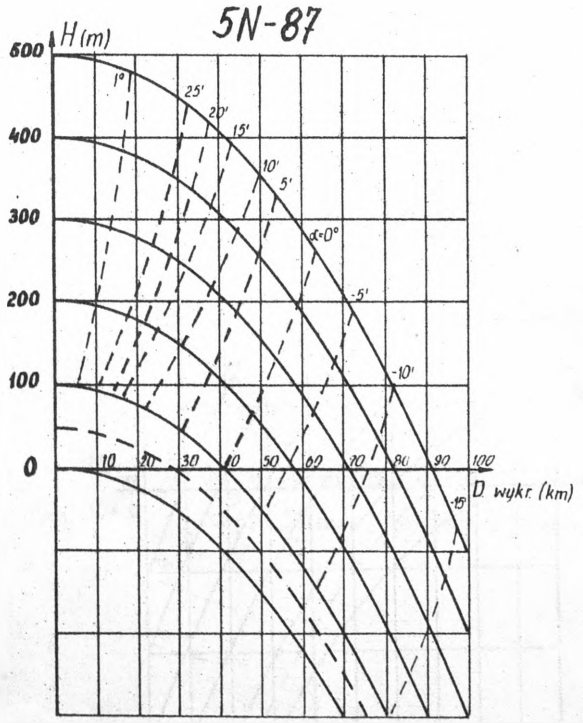


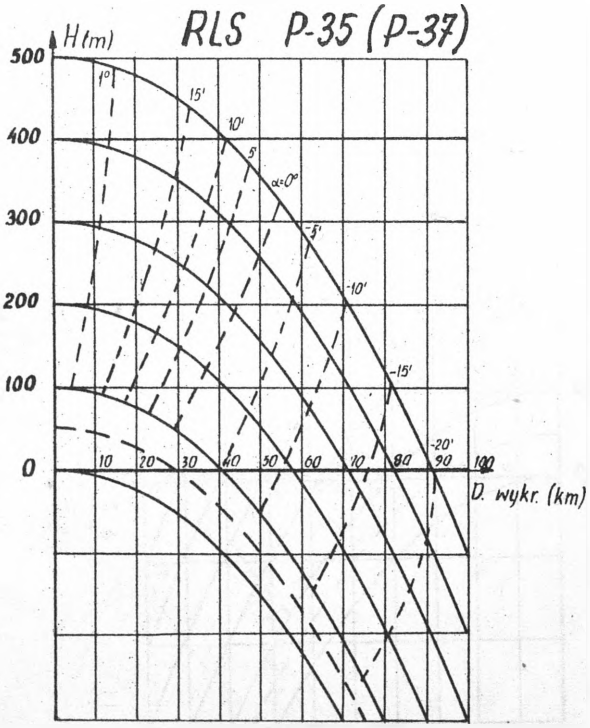


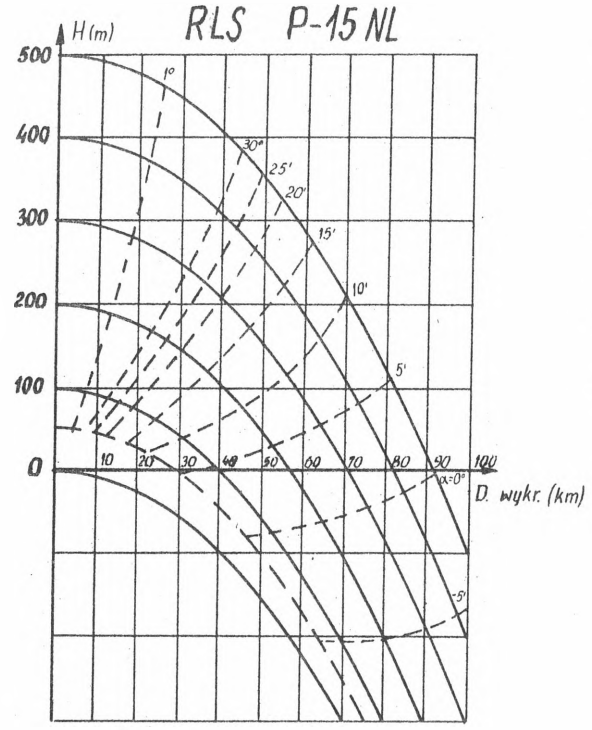


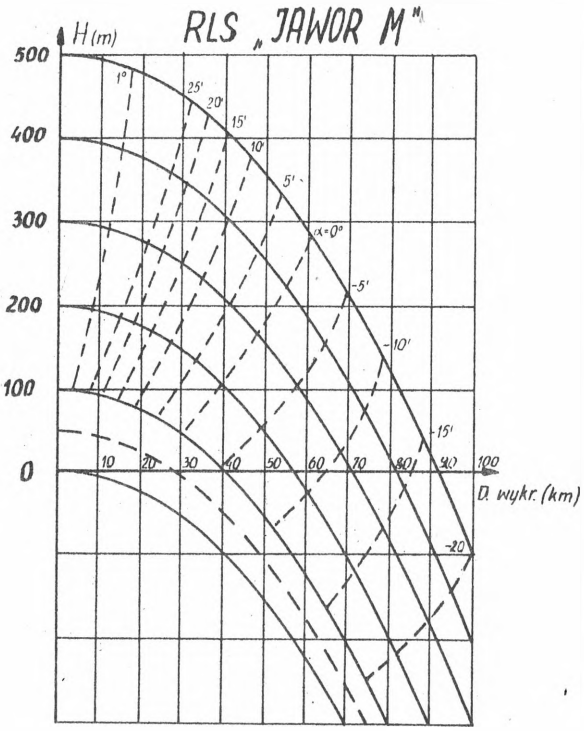

P-35 mH
H(m)
500
400
300
200
100
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
D. wykr (km)
1°
30'
25'
20'
15'
10'
5'
α=0°
-5'
-10'
-15'

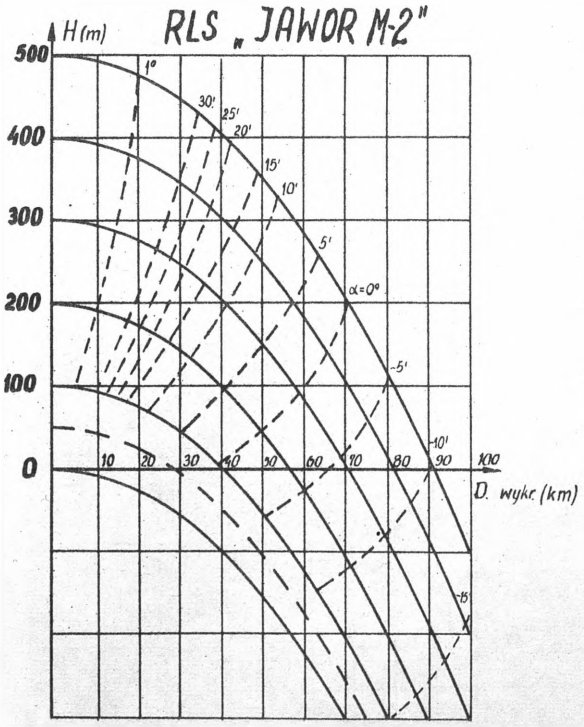

PRW-11NL
H(m)
500
400
300
200
100
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
D wykr. (km)
1°
20'
15'
10'
5'
α=0°
-5'
-10'
-15'

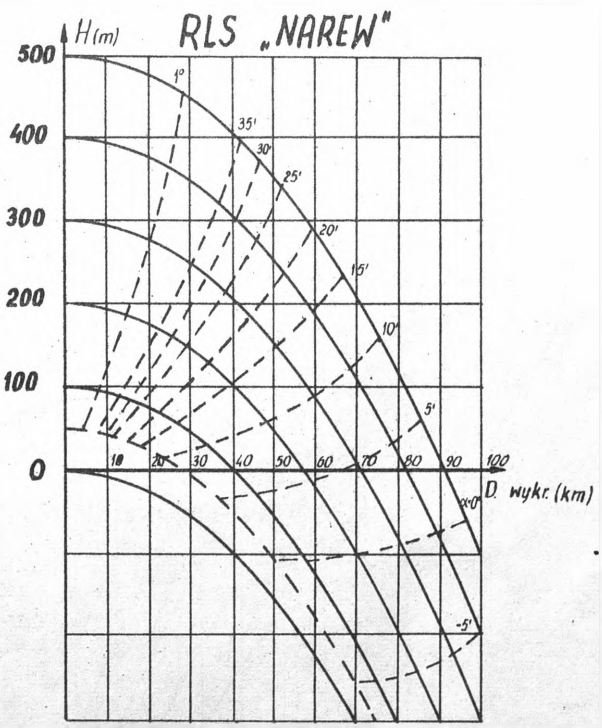

5N-87
H(m)
500
400
300
200
100
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
D wykr. (km)
1°
25'
20'
15'
10'
5'
α=0°
-5'
-10'
-15'


RLS P-35 (P-37)
H(m)
500
400
300
200
100
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
D. wykr. (km)
1°
15'
10'
5'
α=0°
-5'
-10'
-15'
-20'


RLS P-15 NL
H(m)
500
400
300
200
100
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
D. wykr. (km)
1°
30'
25'
20'
15'
10'
5'
α=0°
-5'


RLS „JAWOR M"
H(m)
500
400
300
200
100
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
D. wykr. (km)
1°
25'
20'
15'
10'
5'
α=0°
-5'
-10'
-15'
-20

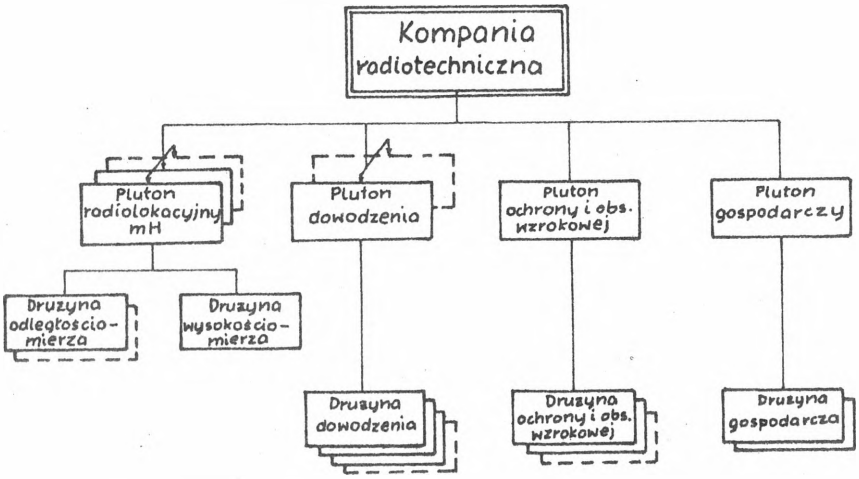

RLS „JAWOR M-2"
H(m)
500
400
300
200
100
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
D. wykr. (km)
1°
30'
25'
20'
15'
10'
5'
α=0°
-5'
-10'
-15


RLS „NAREW"
H(m)
500
400
300
200
100
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
D. wykr. (km)
1°
35'
30'
25'
20'
15'
10'
5'
α=0°
-5'

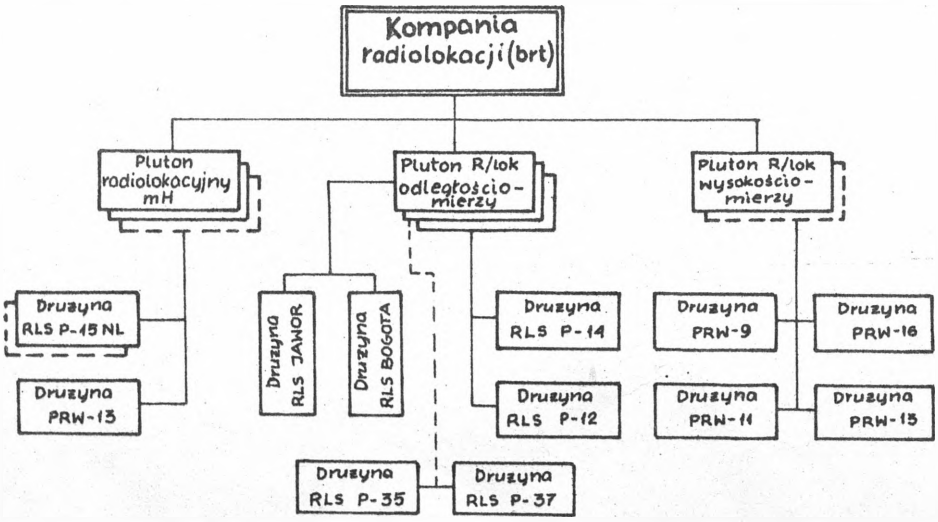
Załącznik nr 14

Warianty struktury organizacyjnej pododdziałów radiotechnicznych

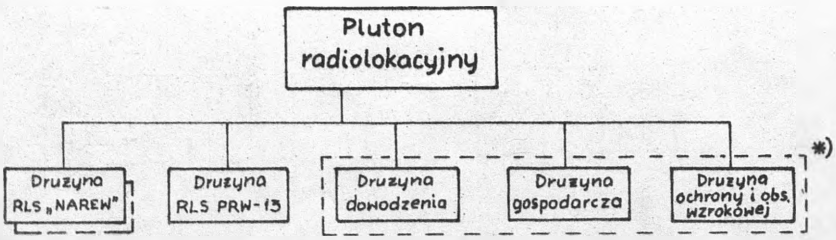
A. Wariant organizacji kompanii radiotechnicznej i podział jej na plutony.



B. Wariant organizacji kompanii radiolokacji (brt) i podział jej na plutony.

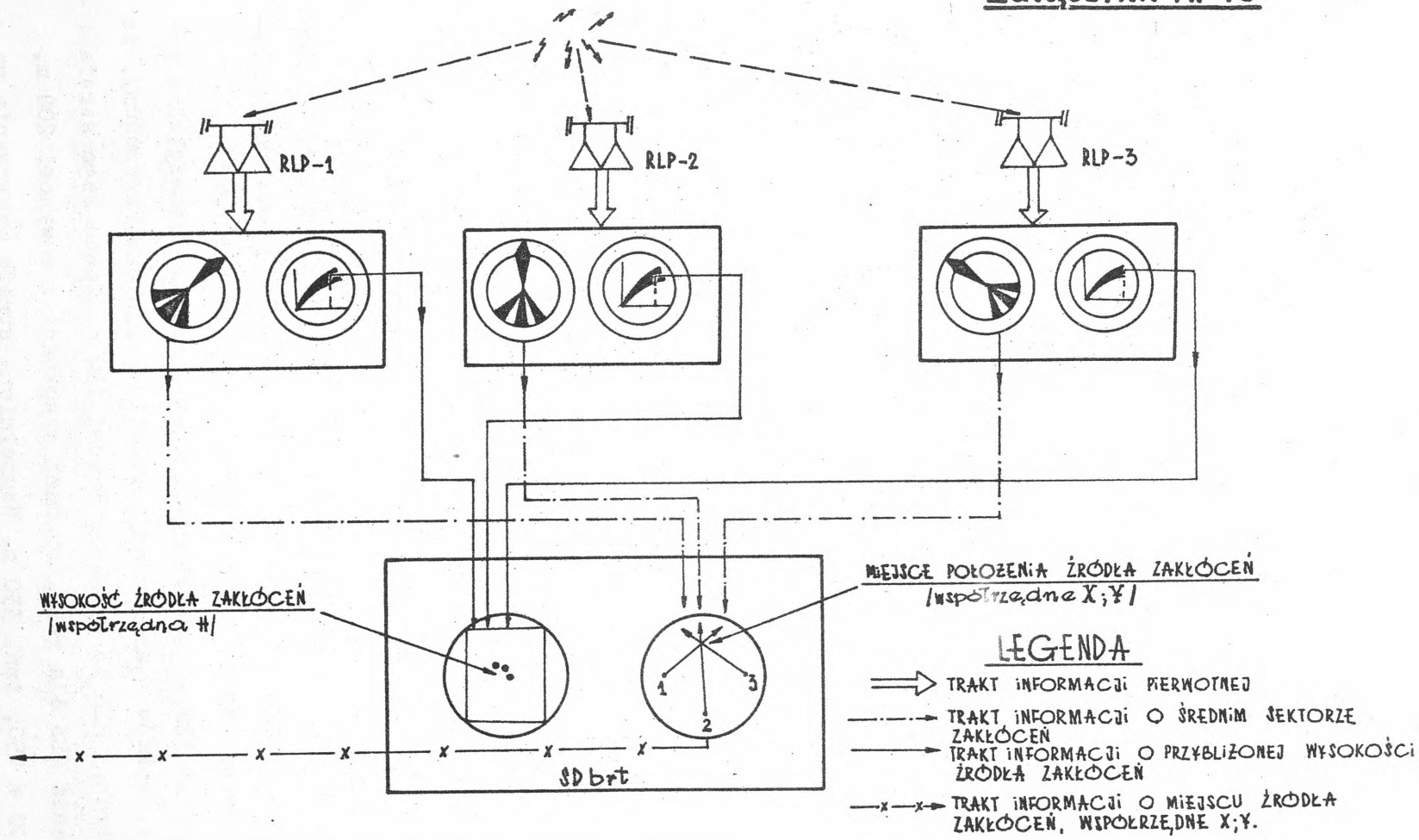


C. Wariant organizacji plutonu radiolokacyjnego



* Drużyny znajdujące się wewnątrz prostokąta zakreślonego linią przerywaną, mogą wchodzić w skład plutonu organicznie lub mogą być wydzielane z innych plutonów na okres działań.

Załącznik nr 15



OKREŚLENIE WSPÓŁRZĘDNYCH CELU /STOSUJĄCEGO ZAKŁÓCENIA/ Z WYKORZYSTANIEM ŚRODKÓW ZAUTOMATYZOWANEGO DOWODZENIA - W MAŁYCH TRÓJKACH.

Załącznik Nr 16.

P O U F N E

Egz.poj.

METODA ALGORYTMICZNA DO OKREŚLANIA REALNYCH STREF WYKRYWANIA STACJI RADIOLOKACYJNYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH

Przy określaniu realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach postępujemy w następujący sposób :

Na mapie 1:200 000 lub 1:100 000 wrysowuje się punkty stania stacji radiolokacyjnych wytwarzających pole radiolokacyjne na małych wysokościach. Następnie przedstawiony na mapie teren dzieli się na kwadraty o boku 10 km. Do tego celu można też wykorzystać małe kwadraty siatki OP wzór 1961 o boku 12 km lub bardzo małe kwadraty tej siatki z podziału ośmiocyfrowego o boku 4 km.

Realne strefy wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej dla każdego analizowanego przedziału wysokości wrysowuje się na przezroczystą kalkę lub szkło organiczne z miejsca stania stacji radiolokacyjnej.

Powyższe czynności nazywamy wstępnymi i po ich zakończeniu przystępujemy do przeprowadzenia analizy ugrupowania.

Załóżmy, że mamy ocenić możliwości ugrupowania batalionu radiotechnicznego w zakresie wykrywania celów powietrznych lecących na wysokości 200 m w stosunku do rzeźby terenu.
W związku z tym, w pierwszym rzędzie określamy bezwzględne wysokości punktów stania stacji radiolokacyjnych. Przypuśćmy, że dla wybranej RLS ta wysokość wynosi 150 m. Wobec tego strefa wykrywania RLS dla rozpatrywanej wysokości nie wynosi 200 m, lecz 200 + 150, tzn. 350 m. Uzupełnioną strefę wykrywania na

kalce lub szkle organicznym nakładamy na punkt stania stacji radiolokacyjnej. Środek strefy wykrywania powinien być dokładnie nałożony na oznaczony na mapie punkt stania RLS. Ponadto powinno być zachowane dokładne zorientowanie strefy według stron świata.

Następnie badamy rzeźbę terenu znajdującego się wewnątrz strefy wykrywania według wartości poziomic i punktów topograficznych, kolejno w każdym oznaczonym kwadracie. Zwracamy przy tym uwagę na najwyższe punkty terenu, znajdujące się w każdym rozpatrywanym kwadracie mapy.

Jeżeli maksymalna wysokość rzeźby terenu w danym kwadracie plus wysokość lotu celu /200 m/ wynosi 350 m i więcej, to cel lecący nad tym punktem na wysokości 200m będzie obserwowany. W związku z tym dany kwadrat oznaczamy znakiem "+". Jeżeli zaś maksymalna wysokość rzeźby terenu w danym kwadracie plus 200 m jest mniejsza od 350 m, to cel lecący nad tym punktem na wysokości 200 m nie będzie widoczny i ten kwadrat oznaczamy znakiem "-".

Podczas wykonywania czynności związanych z określaniem realnych stref wykrywania mamy do czynienia z następującymi pojęciami i wielkościami :

- H_{bt} - <u>wysokość bezwzględna terenu</u>, jest to wysokość najwyższego punktu terenowego łącznie z wysokością przedmiotu /przeszkody/ terenowego. Do przedmiotów terenowych zaliczamy masywy leśne, budynki, różnego rodzaju budowle, wieże, kominy itp.
- H_{wc} - <u>wysokość względna celu /obiektu/ powietrznego</u> /wysokość lotu celu nad konkretnym terenem/.
- H_{bc} - <u>wysokość bezwzględna celu /obiektu/ powietrznego</u>, jest to suma dwu poprzednich wielkości :

$$H_{bc} = H_{bt} + H_{wc}$$

- H_{ba} - wysokość bezwzględna elementu promieniującego anteny, jest to suma następujących wielkości :

  - $H_{bt/RLS/}$ - wysokość bezwzględna terenu w miejscu rozwinięcia RLS ;
  - H_n - wysokość masypu, na którym rozwinięto kabinę odbiorczo-nadawczą lub ustawiono antenę ;
  - H_a - wysokość zawieszenia elementu promieniującego.

$$H_{ba} = H_{bt/RLS/} + H_n + H_a$$

Następnie wszystkie kwadraty oznaczone znakiem "+" należy podcieniować wybranym kolorem. Zakolorowane kwadraty będą wycinkami pola radiolokacyjnego, gdzie będzie obserwowany cel /obiekt/ powietrzny lecący na wysokości 200 m w stosunku do rzeźby terenu.

Przyjmuje się, że cel lecący na rozpatrywanej wysokości /200 m/ będzie obserwowany w danym kwadracie, o ile jest on widoczny chociażby przez jeden pododdział.

W podobny sposób postępuje się przy ocenie możliwości dla całości batalionu radiotechnicznego /brygady radiotechnicznej/ oraz dla innych wysokości.

Określone w ten sposób strefy wykrywania poszczególnych stacji radiolokacyjnych wpisuje się do specjalnych formularzy i załącza się do dokumentacji pododdziału radiotechnicznego. Kopie tych dokumentów przesyła się do sztabu batalionu oraz sztabu brygady radiotechnicznej. Do czasu weryfikacji tych stref przez oblot, uważane są za tymczasowe /przybliżone/ wskaźniki możliwości bojowych w zakresie pola radiolokacyjnego. Oblot przeprowadza się zgodnie z obowiązującą instrukcją w wojskach OPK.

Do wykonania oblotu używa się zazwyczaj pojedyńczego samolotu myśliwskiego o skutecznej powierzchni odbicia 1-5 m^2. Ponadto do tego celu można wykorzystywać wszystkie zgłoszone loty planowe przez ośrodki ruchu lotniczego. Po uzyskaniu danych z oblotu - wprowadza się korektę do już sporządzonej dokumentacji i od tego momentu określone uprzednio strefy wykrywania uważa się za realne.

A L G O R Y T M N r 1

OKREŚLANIE STREFY WYKRYWANIA RLS W PŁASZCZYŹNIE POZIOMEJ NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH Z UWZGLĘDNIENIEM PROFILU TERENU I PRZEDMIOTÓW TERENOWYCH.

I - WARIANT DLA $H \geqq 500$ m.

A. Dane wyjściowe :

- kąty zakrycia zmierzone teodolitem z punktu stania RLS lub obliczone z mapy ;
- mapa w skali 1:200 000 /1:100 000/ w promieniu 100 km od punktu stania RLS ;
- typ RLS i wysokość względna anteny ;
- wysokość względna lotu celu nisko lecącego / $\sigma_{sk} = 1m^2$/.

B. Kolejność postępowania

(1) Na mapie, z punktu stania RLS, zakreślić krąg o promieniu równym horyzontowi radiowemu.

$$D_{hr} = \frac{D_w}{K_{whr}}$$

gdzie : D_{hr} - zasięg horyzontu radiowego w /km/ ;

D_w - teoretyczny zasięg wykrycia RLS na H=300m /w km/ ;

K_{whr} - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego /z tabeli - dla konkretnego typu RLS i $\sigma_{sk} = 1m^2$/.

TYP RLS / σ_{sk} m^2	WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA "K_{whr}"											
	P - 12M	P - 18	P - 14F	P - 15M	P - 15 NL	JAWOR M	JAWOR M-2	P - 37	PRW - 11NL	PRW-13NL	5N - 87	NAREW
1 - 3 m^2	0,34	0,45	0,57	0,50	0,65	0,51	0,63	0,63	0,78	0,85	0,6	0,85
10 m^2	0,48	0,70	0,80 (0,85)	0,65	0,81	0,69	0,80	0,67	0,87	0,95	0,80	0,95

(2) a. Obszar znajdująoy się wewnątrz zakreślonego okręgu podzielić na elementarne kwadraty o boku 4 km.

b. Określić i wpisać do każdego elementarnego kwadratu wysokość bezwzględną najwyższego punktu terenowego /łącznie z przedmiotem terenowym/ badanego kwadratu.

c. Z punktu stania RLS wrysować i opisać sektory równych kątów zakrycia /spadu terenu/.

d. Określić wysokość bezwzględną elementu promieniującego anteny /wysokość bezwzględną punktu stania RLS plus wysokość nasypu, plus wysokość anteny/ i wpisać w miejscu stania RLS.

(3) a. Określić i wpisać do każdego elementarnego kwadratu wysokości H'/m/ wg wzoru :

$$H'(m) = H_{wc} + H_{bt} + H_{ba}$$

Gdzie : H_{wc} - wysokość względna lotu celu /m/ ; /100m - jeżeli badamy strefę widzialności RLS na H=100 m ; 200m - jeżeli badamy strefę widzialności RLS na H=200 m ; itd/ ;

H_{bt} - wysokość bezwzględna najwyższego punktu terenowego /łącznie z przedmiotem terenowym/ badanego kwadratu /m/ ;

H_{ba} - wysokość bezwzględna elementu promieniującego anteny /suma wysokości bezwzględnej nasypu i wysokości względnej anteny/ /m/.

4

a. Określić na drodze obliczeń zasięg wykrywania RLS na azymucie badanego elementarnego kwadratu z uwzględnieniem kąta zakrycia i wysokości H′wg wzoru uproszczonego :

$$D_w \text{ /km/} = K_{whr}\left(-2.47 + \sqrt{/2.47\alpha/^2 + 17\,H'}\right)$$

gdzie : $K_{whr} < 1$ - współczynnik z tabeli pkt.1.

α - wartość kąta zakrycia lub spadu terenu /wzór słuszny przy $\alpha \leq 30'$/ ;

H' - określone w pkt.3 /m/.

b. Zmierzyć odległość od punktu stania RLS do środka badanego elementarnego kwadratu d /km/.

(5)

a. Porównać /D_w/ obliczone dla danego elementarnego kwadratu ze zmierzoną odległością /d/ od punktu stania RLS do środka elementarnego kwadratu i jeżeli :

- $D_w \geq d$; to cel będzie widoczny w obszarze powietrznym elementarnego kwadratu na wysokości badanej i wyżej ;
- $D_w < d$; to cel nie będzie widoczny.

b. W wypadku spełnienia się warunku pierwszego, postawić w badanym kwadracie znak /+/; w wypadku spełnienia się warunku drugiego, znak /-/.

(6)

a. Jeżeli RLS nie jest wyposażona w TES, wrysować na mapę odbicia od przedmiotów miejscowych, natomiast jeżeli RLS jest wyposażona w układ TES, wrysować stożek martwy.

b. Kwadraty ze znakiem /+/ podkolorować :

- dla H=100 m - kolorem żółtym,
- dla H=200 m - kolorem brązowym,
- dla H=400 m - kolorem czerwonym,
- dla H=500 m - kolorem niebieskim.

c. Uzyskany w jednym kolorze wielobok, składający się z elementarnych kwadratów jest aproksymowaną realną strefą wykrywania RLS na badanej wysokości w płaszczyźnie poziomej.

Realna strefa wykrywania RLS dla mniejszej wysokości jest jednocześnie strefą wykrywania dla każdej większej wysokości.

7

a. Aproksymowana strefa wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej podlega uaktualnieniu przy każdej zmianie warunków uwzględnionych w obliczeniach /wysokość anteny, nasypu, zmiany w kątach zakrycia itp./.

b. Aproksymowana strefa wykrywania RLS będzie realna tylko dla w pełni sprawnej technicznie RLS.

c. Określone realne strefy wykrywania poszczególnych RLS przechowywać w kompanii radiotechnicznej jako dokumentację, a kopie na kalce przesłać do sztabu oddziału.

A L G O R Y T M N r 2

OKREŚLANIE STREFY WYKRYWANIA RLS W PŁASZCZYŹNIE POZIOMEJ NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH Z UWZGLĘDNIENIEM PROFILU TERENU I PRZEDMIOTÓW TERENOWYCH

II - WARIANT DLA H $\leq$ 500 m.

A. Dane wyjściowe :

- typ RLS i wysokość względna anteny ;
- wysokość względna lotu celu /σ_{sk} = 1 m^2/ ;
- kąty zakrycia zmierzone teodolitem z punktu stania RLS.

B. Kolejność postępowania :

(1)

a. Przygotować mapę 1:200 000 o obszarze obejmującym promień 100 km od miejsca stania RLS.

b. Podzielić obszar znajdujący się wewnątrz zakreślonego promienia 100 km na elementarne kwadraty o boku 4 km /można wykorzystać siatkę topograficzną mapy/.

c. Z punktu stania RLS wrysować na mapę i opisać sektory równych kątów zakrycia RLS /kąty zakrycia zmierzone teodolitem lub określone z mapy w skali 1:50 000/.

▽

5

a. Aproksymowana strefa wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej podlega uaktualnieniu przy każdej zmianie składników uczestniczących w obliczeniach /wysokość anteny, nasypu, zmiany w kątach zakrycia itp./.

b. Aproksymowana strefa wykrywania RLS będzie realna tylko dla w pełni sprawnej technicznie RLS.

c. Określone strefy wykrywania poszczególnych RLS przechowywać w kompanii radiotechnicznej jako dokumentację, a kopie na kalce przesłać do sztabu oddziału.

Uwaga : przy określaniu stref wykrywania RLS wg.Algorytmu Nr 2 należy obowiązkowo posługiwać się wykresami /nomogramami/ przedstawionymi w załączniku Nr 13.

Załącznik nr 17

Zestawienie wartości równych wysokości

Odległość w km od przyjętego punktu zerowego.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Δh [m]	0	6	23	53	94	147	212	288	376	476	588	712	847	994	1153	1328

Poprawka na kulistość ziemi /Δh/ obliczona ze wzoru:

$$\Delta h/km/ = \frac{D^2/km/}{2R_z/km/} \; ; \; \Delta h/m/ = \frac{D^2/km/}{17}$$

D – przyjęta odległość od punktu zerowego
R_z – ekwiwalentny promień Ziemi /8500 km/

Załącznik nr 18

Wzór formularza sprawozdawczego zasięgów wykrywania RLS na małych wysokościach.

Wysokość lotu obiektu (celu) powietrznego [m]	Zasięgi wykrywania RLS „NAREW" w stosunku do obiektu (celu) powietrznego o $\sigma_{sk} = 1\,m^2$			
	Zasięg wykrywania zgodny z instrukcją eksploatacji.	Zasięg wykrywania uzyskany z obliczeń, przy uwzględnieniu warunków i właściwości pozycji.	Praktyczny zasięg wykrywania uzyskany podczas oblotu lub w czasie prowadzenia działań.	UWAGI *
50	50	55	53	
100	60	68	65	
200	70	79	77	
300	80	90	89	
400	90	100	95	
500	100	110	108	

* W uwagach należałoby opisać warunki w jakich uzyskano praktyczny zasięg wykrywania.