



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. generała broni Karola Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

**OGÓLNO
DOSTĘPNE**

Egz. nr 1

Mjr mgr Jerzy SIWICKI

**NORMATYWY TAKTYCZNO-TECHNICZNE
I ZASIĘGI WYKRYWANIA STACJI
RADIOLOKACYJNYCH WRT OPK**

Skrypt



42977

WARSZAWA

WRZESIEŃ

1975



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. generała broni Karola Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

DO DZIAŁU
SŁUŻBOWEGO
JAWNE

~~XXXXXXXXXX~~
Egz. nr 1

Mjr mgr Jerzy SIWICKI

**NORMATYWY TAKTYCZNO-TECHNICZNE
I ZASIĘGI WYKRYWANIA STACJI
RADIOLOKACYJNYCH WRT OPK**

Skrypt



BIURO GŁÓWNE
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH
Nr ewid.

~~XXXXXXXXXX~~
42977

WARSZAWA

WRZESIEN

1975

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. gen. broni K. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

DO UŻYTKU
SŁUŻBOWEGO **TAJNE**

~~TAJNE~~

Egz. Nr ... 1

PRZEKLASYFIKOWANO
Protokół Nr 12657

mjr mgr Jerzy SIWICKI

NORMATYWY TAKTYCZNO-TECHNICZNE
I ZASIĘGI WYKRYWANIA STACJI
RADIOLOKACYJNYCH WRT OPK

Skrypt

PODSTAWA
Ustawa z dnia 22 stycznia 1969 roku
art. 86 ust. 2
(Dz. U. RP Nr 11 poz. 95)
pociep



BIBLIOTEKA NAUKOWA AGS WP
Biłwam Batalion Materii Specjalnej
Nr ewid. _____

142977

WARSZAWA

WRZESIEŃ

1975 r.

SPIS TREŚCI

	Str.
Wstęp	3
1. Zasady wyboru i technicznego przygotowania pozycji dla rozwinięcia sprzętu radiolokacyjnego w pododdziałach WRT OPK	5
2. Prognozowanie możliwości bojowych RLS rozwiniętych na pozycji RLP	8
3. Obliczanie strefy wykrywania RLS na małych wysokościach	19
4. Współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego RLS	23
5. Współczynnik kątów zakrycia pozycji K α /	24
6. Bibliografia	28
7. Załączniki:	
Tabela Nr 1 - Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych RLS WRT OPK	29
Tabela Nr 2 - Zasięgi bezpośredniej widzialności.....	30
Tabela Nr 3 - Wartości współczynników kąta zakrycia pozycji K α /	31
Tabela Nr 4 - Zasięgi wykrywania RLS P-12M	32
Tabela Nr 5 - "- "- P-14	33
Tabela Nr 6 - "- "- P-15M	34
Tabela Nr 7 - "- "- P-15N	35
Tabela Nr 8 "- "- P-35M	36
Tabela Nr 9 "- "- JAWOR M	37
Tabela Nr 10 "- "- JAWOR M-2	38
Tabela Nr 11 "- "- PRW-11 "J"	39
Tabela Nr 12 "- "- PRW-9A	40

WSTĘP

Jednym z podstawowych zagadnień organizacji radiolokacyjnego pola wykrywania obiektów powietrznych, w pododdziałach WRT OPK, jest wybór i przygotowanie pozycji dla rozwinięcia sprzętu radiolokacyjnego. Odpowiedni wybór pozycji RLP i odpowiednie opracowanie topograficzne terenu umożliwia właściwe wykorzystanie sprzętu radiolokacyjnego oraz prognozowanie możliwości bojowych pododdziałów radiotechnicznych.

Problem wyboru i przygotowania pozycji nabiera szczególnego znaczenia przy wykrywaniu i prowadzeniu celów nisko lecących, których wykrycie, za pomocą środków radiolokacyjnych, jest szczególnie utrudnione, a niekiedy wręcz niemożliwe. Ocena możliwości bojowych środków radiolokacyjnych na podstawie danych taktyczno-technicznych RLS jest niemożliwa bez uwzględnienia właściwości terenu, w rejonie którego rozwija się środki wykrywania celów nisko lecących.

W opracowaniu niniejszym omówione są ogólne zasady wyboru pozycji dla rozwinięcia RLP oraz zasady prognozowania możliwości bojowych sprzętu radiolokacyjnego, rozwiniętego na konkretnych pozycjach. Uwzględnia się przy tym parametry techniczne RLS i obiektu radiolokacyjnego oraz właściwości terenu w rejonie pozycji, które w sposób istotny wpływają na możliwości wykrywania i prowadzenia celów powietrznych działających na małych wysokościach.

Metodyka oceny i obliczania realnych stref wykrywania RLS w wojskach radiotechnicznych jest ogólnie znana, jednak nie zawsze stosowana ze względu na trudności praktycznego uwzględnienia wszystkich czynników, zarówno praktycznych jak i teoretycznych, wpływających na propagację fal radiowych, wykorzystywanych w radiolokacji. Zmienne warunki klimatyczne i wpływ powierzchni ziemi bliższej strefy pozycji powodują, że strefa wykrywania RLS zmienna jest w czasie a dokładne uwzględnienie wszystkich czynników i wprowadzenie korekty strefy byłoby możliwe tylko przy programowanym opracowywaniu danych z wykorzystaniem elektronicznych maszyn cyfrowych.

Do chwili wprowadzenia na szerszą skalę automatyzacji systemów radiolokacyjnych, zmuszeni jesteśmy do określania

realnych stref wykrywania RLS i prognozowania możliwości bojowych pododdziałów WRT metodami "klasycznymi" nie w pełni uwzględniającymi wszystkie czynniki wpływające na parametry pola radiolokacyjnego.

W opracowaniu omówiona jest praktyczna metoda obliczania zasięgów RLS przy wykrywaniu celów powietrznych na dowolnych kierunkach, dla dowolnego kąta wzniesienia celu, przy uwzględnieniu kątów zakrycia pozycji i tłumienia energii elektromagnetycznej w strefie dyfrakcyjnej. Ma to szczególne znaczenie przy określaniu realnych stref wykrywania dolnej warstwy pola radiolokacyjnego, a więc zabezpieczającej wykrywanie celów powietrznych działających na małych wysokościach.

W drugiej części opracowania załączone są odpowiednie tabele zasięgów wykrywania stacji radiolokacyjnych, aktualnie wykorzystywanych w WRT OPK. Dane tabelaryczne mogą być wykorzystywane zarówno w pododdziałach radiotechnicznych jak i przez słuchaczy ASG.

1. Zasady wyboru i technicznego przygotowania pozycji dla
rozwiniecia sprzetu radiolokacyjnego w pododdzialach
WRT OPK

W celu właściwego wykorzystania sprzetu radiolokacyjnego w pododdziałach radiotechnicznych OPK należy go rozwijać w ugrupowaniu bojowym brt na odpowiednio wybranych pozycjach, odpowiadających wymogom technicznym, określonym dla danego typu stacji radiolokacyjnych.

Na posterunku radiolokacyjnym, ze względów taktycznych rozwijane są w zasadzie RLS wszystkich trzech zakresów częstotliwości, to znaczy: zakresu metrowego, decymetrowego i centymetrowego. Dlatego też przy wyborze pozycji RLP uwzględnić należy potrzeby techniczne RLS, a przede wszystkim potrzeby RLS zakresu metrowego i decymetrowego, które pracują z wykorzystaniem odbicia energii elektromagnetycznej od powierzchni bliższej strefy pozycji.

Promień bliższej strefy pozycji R_{ba} w znacznym stopniu decyduje o strefie wykrywania RLS zakresu metrowego i decymetrowego i może być określony z dostateczną dokładnością, za pomocą wzoru:

$$R_{ba} = 23,3 \frac{h_a^2}{\lambda} \dots\dots\dots /1/$$

gdzie: h_a - wysokość anteny nad powierzchnią pozycji
/w metrach/;

λ - długość fali roboczej RLS /w metrach/.

Dla RLS wykorzystywanych w WRT OPK promień bliższej strefy pozycji waha się w granicach od 800 do 2000 m i wybierany jest w zależności od możliwości terenu.

Pozycja odpowiadająca wymogom RLS zakresu metrowego i decymetrowego zapewni również potrzeby RLS zakresu centymetrowego.

Dalsza strefa pozycji, która w warunkach terytorium Polski może sięgać do 50 - 70 km, również w dużej mierze wpływa na wielkość /rozmiary/ i parametry pola radiolokacyjnego RLS, a tym samym i na strefę wykrywania pododdziału WRT.

Dalsza strefa pozycji może posiadać wiele różnorodnych przedmiotów terenowych, które będą tworzyły odbicia i kąty zakrycia pozycji, a tym samym w sposób ujemny wpłynę na strefę wykrywania RLS i całego pola radiolokacyjnego RLP. Jak widzimy zasięg wykrywania celów powietrznych, za pomocą naziemnych stacji radiolokacyjnych, w znacznym stopniu zależy od terenu, w rejonie którego rozwija się sprzęt radiolokacyjny do pracy bojowej.

Nieuwzględnienie właściwości terenu przy wyborze pozycji może w decydujący sposób wpłynąć na pracę stacji radiolokacyjnych zmniejszając ich zdolność informacyjną, uniemożliwiając niekiedy wykonanie zadań bojowych stawianych przed środkami radiolokacyjnymi RLP.

Każda pozycja RLP charakteryzuje się następującymi wielkościami:

- wielkością promienia bliższej strefy pozycji, jej konfiguracją, poszyciem i podłożem - rodzajem gruntu i wilgotności;

- wielkościami kątów zakrycia w bliższej i dalszej strefie pozycji, przedmiotami terenowymi, zagłębieniami i nierównościami terenu.

Wymagania w stosunku do wymienionych właściwości terenu określa się w zależności od typu rozwijanych na pozycji RLS oraz taktycznego przeznaczenia organizowanego RLP, a także zadań stawianych przed pododdziałem WRT.

Z punktu widzenia potrzeb taktycznych dla każdego RLP WRT OPK należy wybrać następujące pozycje:

- jedną pozycję zasadniczą;
- 2-3 pozycje zapasowe /bojowe/;
- 1-2 pozycje ćwiczebne;

- pozycje pozornych RLP, które również powinny odpowiadać potrzebom realnych pozycji bojowych.

Wyboru pozycji dokonuje grupa rekonesansowa, powoływana przez dowódcę brt, która na miejscu w terenie wybiera odpowiednie pozycje uwzględniając następujące cechy terenu:

- ilość i jakość dróg dojazdowych do pozycji;
- ilość, jakość i możliwość ramp przeładunkowych PKP najbliższych stacji kolejowych;

- ilość i możliwości ewentualnego wykorzystania urzędów telekomunikacyjnych i ich linii telefonicznych;
- ilość linii energetycznych sieci przemysłowej kraju oraz możliwości ich wykorzystania;
- jakość gruntu i poszycia terenu, ocena kątów zakrycia pozycji i istniejących przedmiotów terenowych;
- inne cechy terenu i zaludnienia, możliwości zaopatrzenia w wodę, żywność, zakwaterowanie itp.

Na podstawie rezultatów rekonesansu pozycji dokonuje się ich oceny i wybiera się najdogodniejsze pozycje zasadnicze i zapasowe.

Z kolei przystępuje się do przygotowania pozycji i sprzętu radiolokacyjnego do pracy bojowej. Zakres tych prac, wykonywanych przez służbę techniczną, obejmuje następujące zagadnienia:

- topograficzne opracowanie pozycji i przygotowanie stanowisk dla rozwinięcia elementów bojowych RLP;
- rozwinięcie sprzętu, zestrojenie, orientowanie i topograficzne dowiązanie systemów antenowych, kontrola stanu technicznego sprzętu;
- organizacja łączności wewnętrznej i zewnętrznej;
- sporządzenie dokumentacji RLP i określenie realnych stref wykrywania RLP.

W skład dokumentacji RLP wchodzić powinny następujące dokumenty:

- plan /szkic/ sytuacyjny pozycji w skali 1 : 5000, na którym nanosi się współrzędne geograficzne i wszystkie elementy ugrupowania bojowego RLP;
- opis pozycji, w którym podaje się współrzędne RLP, dane dowiązania topograficznego oraz wszystkie cechy pozycji rozpoznane przez grupę rekonesansową i uszczegółowione przez służbę techniczną;
- wykresy profilu terenu pozycji przynajmniej na 12 kierunkach wokół RLP;
- wykresy średnich kątów nachylenia pozycji;
- wykresy przedmiotów terenowych pozycji z ekranów wskaźnikowych poszczególnych RLS;
- wykresy realnych stref wykrywania RLS rozwiniętych na danym posterunku radiolokacyjnym.

Dokumentację bojową pozycji opracowuje się również dla wszystkich stanowisk zapasowych, które wybierane są w terenie, w odległościach nie większych jak 7-12 km od pozycji zasadniczej. Odległości te podyktowane są względami taktycznymi, wynikającymi z dokładności namiaru rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika, w wypadku dokonania manewru przez RLP.

Na podstawie realnych stref wykrywania RLS określa się strefę radiolokacyjnego wykrywania brt, sprawdza się ciągłość pola radiolokacyjnego, jego parametry oraz dokonuje się ewentualnych zmian w ugrupowaniu RLS celem udoskonalenia ciągłości w polu radiolokacyjnym brt.

W skali BWRT może być dokonany oblot kontrolny, w celu zbadania możliwości występowania "martwych stref" w polu radiolokacyjnym, a następnie dokonania ewentualnych zmian w ugrupowaniu bojowym pododdziałów radiotechnicznych. Dokładnej oceny parametrów i ciągłości pola radiolokacyjnego dokonuje się wykorzystując ośrodki obliczeniowe, realizujące algorytm programu dla EMC np. "POLE".

2. Prognozowanie możliwości bojowych RLS rozwiniętych na pozycji RLP

Po wyborze pozycji dla rozwinięcia i pracy bojowej RLS na stanowisku, decydujące znaczenie posiada prognozowanie możliwości bojowych sprzętu radiolokacyjnego na wybranej pozycji. Pozwala to na dokonanie pełnej oceny pozycji z punktu widzenia jej przydatności do stworzenia /zorganizowania/ wymaganego pola radiolokacyjnego oraz możliwości bojowych w zakresie wykrywania i prowadzenia celów radiolokacyjnych przez wykorzystywane RLS na danym RLP.

Możliwości bojowe RLS mogą być ocenione na podstawie danych parametrów charakterystyki kierunkowego promieniowania anteny RLS w płaszczyźnie pionowej. W ogólnym wypadku strefa wykrywania RLS, pracujących w zakresie fal metrowych i decymetrowych, określa się następującym równaniem:

$$D = D_{\max} \cdot F / \theta / \phi_z(\theta) \dots\dots\dots /2/$$

gdzie: D_{\max} - maksymalny zasięg wykrycia celu radiolokacyjnego przez RLS w swobodnej przestrzeni;

$F / \theta /$ - charakterystyka kierunkowości promieniowania anteny w płaszczyźnie pionowej dla swobodnej przestrzeni;

$\phi_z(\theta)$ - interferencyjny mnożnik ziemi, uwzględniający wpływ ziemi na pracę RLS;

θ - kąt wzniesienia celu radiolokacyjnego.

Maksymalny zasięg wykrywania RLS D_{\max} , zależny jest od parametrów technicznych stacji, efektywnej powierzchni odbicia celu radiolokacyjnego oraz metod opracowania sygnału radiolokacyjnego. Zasięg ten może być obliczony z podstawowego równania radiolokacji. Dla stacji radiolokacyjnych rozwiniętych na pozycji D_{\max} oblicza się w zasadzie metodami statystycznymi.

Iloczyn wielkości $F / \theta / \cdot \phi_z(\theta)$ przedstawia sobą znormalizowaną charakterystykę kierunkowego promieniowania anteny RLS w płaszczyźnie pionowej pod danym kątem wzniesienia θ , z uwzględnieniem wpływu ziemi, określonego współczynnikiem $K / \theta /$. Charakterystyka promieniowania może być wyliczona dla dyskretnej wartości kąta wzniesienia θ , przy znanej charakterystyce promieniowania anteny w swobodnej przestrzeni $F / \theta /$. Znane powinny być przy tym elektryczne właściwości /parametry/ powierzchni odbijającej bliższej strefy pozycji tzn. należy znać przewodność i przenikalność dielektryczną gleby. Elektryczne właściwości powierzchni odbijającej ocenia się na podstawie wartości modułu $|R|$ i argumentu β współczynnika odbicia.

Ponieważ charakterystyka antenowa określa się kierunkowością promieniowania anteny RLS i wpływem ziemi, bliższej strefy pozycji, to znaczenie realnej charakterystyki będzie zmieniało się w zależności od wielkości kąta wzniesienia θ i wielkości modułu współczynnika odbicia $|R|$. Uwzględnienie wpływu ziemi, przy obliczeniach, komplikuje fakt różnicy praw rozchodzenia się fal elektromagnetycznych bezpośrednio w pobliżu powierzchni ziemi i wyższych partiach atmosfery. Dlatego też przy obliczeniach strefy wykrywania RLS należy brać pod uwagę istnienie dwóch charakterystycznych stref rozchodzenia się fal

radiowych, a mianowicie strefy interferencyjnej i strefy dyfrakcyjnej. Obie te strefy wnoszą zasadnicze różnice do metod obliczeń realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych.

W strefie interferencyjnej - zwanej również strefą opromieniowania - wielkość współczynnika interferencyjnego $K / \Theta /$ określa się dla najbardziej charakterystycznych kierunków azymutalnych, przy danych kątach wzniesienia, przede wszystkim w sektorach odpowiedzialności. Na podstawie znanej /wyliczonej dla danej RLS/ maksymalnej odległości wykrycia D_{\max} oraz określonego współczynnika interferencyjnego $K / \Theta /$, określa się strefę wykrywania RLS na średnich i dużych wysokościach.

W strefie dyfrakcyjnej, strefę wykrywania RLS określa się bezpośrednio ze wzorów dyfrakcyjnych. W danym wypadku z uwzględnieniem rzeźby i kątów zakrycia pozycji na danych azymutach w zakresie małych wysokości w granicach 50-1000 m.

W następnym etapie dokonuje się sprzężenia strefy wykrywania RLS obliczonej dla strefy interferencyjnej ze strefą dyfrakcyjną, na odpowiadających im kierunkach azymutalnych, wykreślając realną całkowitą strefę wykrywania RLS dolnej i górnej warstwy pola radiolokacyjnego.

Rozpatrzmy metodykę obliczeń kierunkowej charakterystyki promieniowania anteny w strefie interferencyjnej, tzn. na średnich i dużych wysokościach. Strefa ta charakteryzuje się tym, że w niej natężenie pola elektromagnetycznego, przy celu radiolokacyjnym, jest rezultatem złożenia /interferencji/ dwóch pól: pola fali bezpośredniej E_b i pola fali odbitej od ziemi E_{odb} tj.:

$$E = E_b + E_{\text{odb}}$$

gdzie: $E_{\text{odb}} = E_{\text{pad}} \cdot |R|$

Pod symbolem E_{pad} rozumiemy natężenie pola elektromagnetycznego wypromieniowanego przez antenę RLS w kierunku powierzchni ziemi bliższej strefy pozycji.

W danym wypadku kierunkowa charakterystyka promieniowania anteny nosi charakter listkowy, a ilość listków zależy od wysokości zawieszenia anteny h_a i długości fali roboczej RLS. Ilość listków możemy obliczyć ze znanego uproszczonego wzoru:

$$n = \frac{2h_a}{\lambda}$$

W strefie interferencyjnej obliczenia prowadzi się uwzględniając podstawowe wzory interferencyjne, które są słuszne tylko wtedy, kiedy oba punkty obserwacji /antena RLS i cel radiolok./ podniesione są na wystarczającą wysokość, a powierzchnia ziemi bliższej strefy pozycji, jest płaszczyzną płaską. Warunki te mogą być spełnione dla stosunkowo dużego zakresu kątów wzniesienia celu radiolokacyjnego. Dla anten o mniejszej kierunkowości promieniowania, podstawowym wzorem do obliczeń jest zmodyfikowany następujący wzór:

$$K/\theta/ = \sqrt{E_b^2 + E_{odb}^2 + 2E_b E_{odb} \cos \left[\frac{4\pi}{\lambda} \frac{h_a + h_n}{\lambda} \sin \theta + \beta \right]} \dots \dots /3/$$

Uwzględnia się przy tym, że

$$E_{odb} = E_{pad} |R|, \quad E_b = F / \Delta \theta /, \quad E_{pad} = F / -\Delta \theta /$$

Podstawiając powyższe dane do /3/ otrzymujemy następującą postać wzoru:

$$K/\theta/ = \sqrt{F^2 / \Delta \theta / + F^2 / -\Delta \theta / R^2 + 2 |R| F / \Delta \theta / F / -\Delta \theta / \cos \left[\frac{4\pi}{\lambda} \frac{h_a + h_n}{\lambda} \sin \theta + \beta \right]} \dots \dots \dots /4/$$

- gdzie: |R| - moduł współczynnika odbicia;
 β - argument współczynnika odbicia;
 h_a - wysokość elektrycznej osi anteny;
 h_n - wysokość nasypu, na którym rozwinięta jest antena;
 λ - długość fali roboczej RLS;
 $F / \Delta \theta /$ - wartość charakterystyki kierunkowego promieniowania anteny pod kątem wzniesienia $+\Delta \theta$
 $F / -\Delta \theta /$ - znaczenie charakterystyki promieniowania anteny pod kątem wzniesienia $-\Delta \theta$

Jak widzimy z powyższego, celem określenia charakterystyki promieniowania anteny RLS, konieczna jest znajomość zależności $F / \Delta \theta /$ w swobodnej przestrzeni i w kierunku na ziemię

bliższej strefy pozycji oraz zależność modułu i argumentu współczynnika odbicia pod danym kątem wzniesienia. Zależności te wyrażają się następującymi funkcjami:

$$R = f_1 / \theta / \quad 1 \quad \beta = f_2 / \theta /$$

W miarę zbliżenia do strefy dyfrakcyjnej /w pobliżu ziemi/ zaznacza się coraz bardziej wpływ sferyczności ziemi. Prowadzi to do dodatkowego tłumienia pola elektromagnetycznego. W ogólnym wypadku tłumienie to uwzględniamy poprzez wprowadzenie współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego. W miarę zbliżenia się do horyzontu radiowego wszystkie wzory interferencyjne przestają być słuszne. Dlatego też przy obliczeniach kierunkowej charakterystyki promieniowania anteny w pobliżu ziemi /w strefie dyfrakcyjnej/ współczynnik $K / \theta /$ może być nie uwzględniany.

Podejście takie nie wpływa na dokładność obliczeń, ponieważ strefa wykrywania na średnich i dużych wysokościach, otrzymana z wyliczeń, sprzęga się ze strefą wykrywania RLS na małych wysokościach. Stąd też między innymi uzasadnienie konieczności organizacji dwuwarstwowego pola radiolokacyjnego.

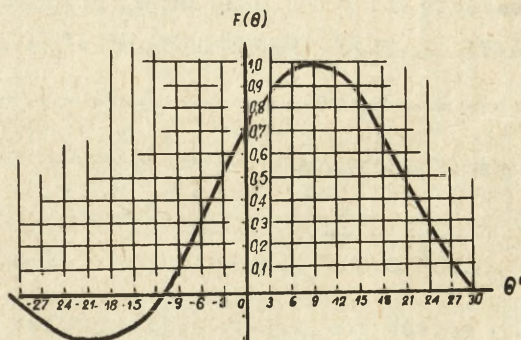
Rozważania powyższe zilustrujemy za pomocą następującego przykładu.

Przykład przeprowadzimy dla RLS pracującej w metrowym zakresie fal z poziomą polaryzacją fali. Dane stacji radiolokacyjnej są następujące:

- | | |
|--|---------------------------|
| - długość fali roboczej | $\lambda = 3 \text{ m}$ |
| - moc impulsowa | $P_1 = 75 \text{ kW}$ |
| - częstotliwość powtarzania impulsu sondującego | $f_p = 300 \text{ Hz}$ |
| - czas trwania impulsu sond. | $\tau = 8 \mu\text{s}$ |
| - szerokość charakterystyki promieniowania anteny w azymucie na 0,5 mocy | $\varphi_{0,5} = 6^\circ$ |
| - zysk kierunkowego promieniowania anteny | $G = 300$ |

- współczynnik szumów aparatury odbiorczej $P_{sz} = 16$
- obroty anteny $n = 6 \text{ obr/min.}$
- wysokość anteny RLS $h_a = 7 \text{ m}$
- wysokość nasypu $h_n = 7,3 \text{ m}$
- współczynnik strat linii przesyłowych $\eta = 0,6$
- charakterystyka promieniowania anteny RLS w swobodnej przestrzeni, w płaszczyźnie pionowej, przedstawiona jest na rys.1.

Zakładamy przy tym, że stacja radiolokacyjna rozwinięta jest na pozycji o powierzchni płaskiej z podłożem gruntu o średniej wilgotności, przenikalność dielektryczną którego możemy przyjąć $\epsilon = 24$. Argument współczynnika odbicia dla kąta wzniesienia $\theta = 10^\circ$, przyjmujemy równym $\beta = 180^\circ$.



Rys.1

Obliczenia znormalizowanej charakterystyki promieniowania anteny RLS dokonujemy ze wzoru:

$$K / \theta / = \sqrt{F^2 / \Delta \theta / + F^2 / -\Delta \theta / / R / ^2 - 2 |R| F / \Delta \theta / \cdot F / -\Delta \theta / \cos \left[\frac{4 \pi (h_a + h_n) / \sin \theta}{\lambda} \right]}$$

..... /5/

Załóżmy, że chcemy obliczyć punkt charakterystyki promieniowania anteny RLS pod kątem wzniesienia $\theta = 2^\circ$. Kolejność obliczeń jest następująca:

$$1. \frac{4 \sqrt{h_a + h_n}}{\lambda} = \frac{4 \sqrt{7 + 7,3}}{3} = 19,1 \sqrt{\lambda} = 3440^\circ$$

$$2. \frac{4 \sqrt{h_a + h_n}}{\lambda} \sin 2^\circ = 3440^\circ \cdot 0,035 = 120^\circ$$

$$3. \cos \left[\frac{4 \sqrt{h_a + h_n}}{\lambda} \sin 2^\circ \right] = \cos 120^\circ = -0,5$$

4. Z wykresu charakterystyki promieniowania anteny w swobodnej przestrzeni rys.1 odczytujemy wartości $F / \theta = 2^\circ / 1$ i $F / \theta = -2^\circ /$. Wartości te są następujące:

$$F / +2^\circ / = 0,83 \quad F / -2^\circ / = 0,58$$

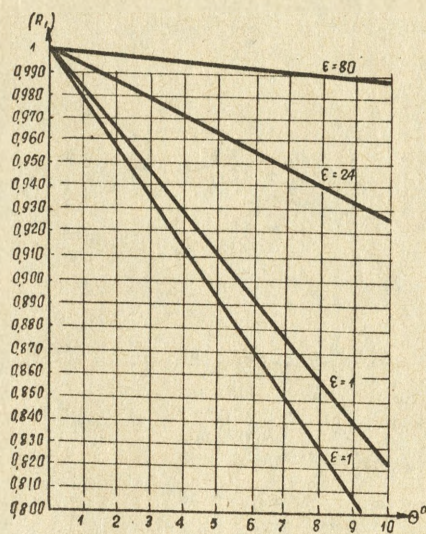
5. Z wykresu zależności modułu $|R|$ współczynnika odbicia rys.2, dla kąta wzniesienia $\theta = 2^\circ$, przy danej przenikalności dielektrycznej ziemi $\epsilon = 24$ odczytujemy wartość

$$R = 0,985$$

6. Otrzymane wartości podstawiamy do wzoru /5/ i ostatecznie otrzymujemy:

$$K / \theta / = \sqrt{0,83^2 + 0,58^2 \cdot 0,985^2 + 2 \cdot 0,985 \cdot 0,83 \cdot 0,85 \cdot 0,5} = 1,22$$

W analogiczny sposób znajdujemy współczynniki $K / \theta /$ dla wszystkich kątów wzniesienia θ w granicach całej kierunkowej charakterystyki promieniowania anteny w swobodnej przestrzeni. Rezultaty wyliczeń wpisujemy do zestawienia Nr 1.



Rys. 2

Zestawienie Nr 1

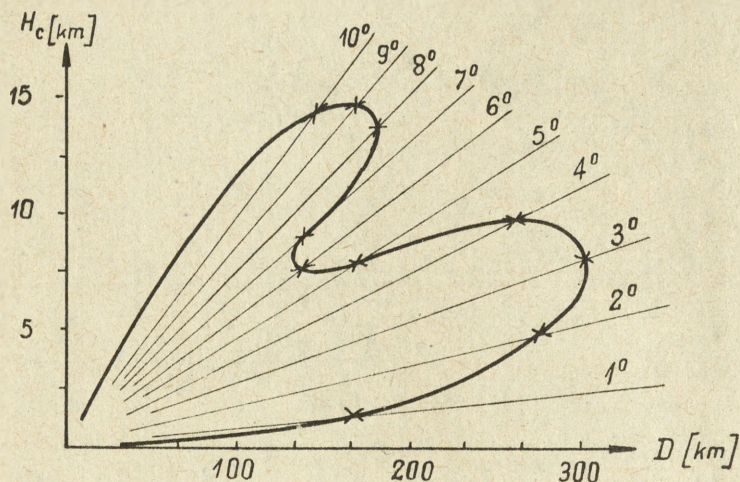
θ °	0,5°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
K / θ	0,357	0,715	1,22	1,37	1,20	0,84	0,695	0,90	1,08	1,09	1,02
D/km/	88	168	288	323	283	198	164	213	255	257	241

Wyliczeń zasięgu wykrywania D/km/ dla całej strefy dokonujemy poprzez przemnożenie wartości D_{\max} przez dany współczynnik interferencyjny $K / \theta /$ dla każdego kąta wzniesienia θ .

$$D/km/ = D_{\max} \cdot K / \theta /$$

Dane te naniesione są w zestawieniu Nr 1. Zestawienie to stanowi podstawę do wykreślenia strefy wykrywania RLS na średnich i dużych wysokościach. Dokonujemy tego na typowym arkuszu, posiadającym siatkę skali odległości, wysokości i kąta wzniesienia. Otrzymane rezultaty zasięgów wykrycia D/km/ nanosimy

według linii równych kątów wzniesienia i łączymy następnie płynną krzywą jak na rys.3



Rys.3

Obliczenia strefy wykrywania RLS w swobodnej przestrzeni, w ogólnym wypadku, prowadzi się w sposób następujący. Przede wszystkim określa się D_{\max} z podstawowego równania radiolokacji:

$$D_{\max} = \sqrt[4]{C \cdot J \cdot \frac{1}{m}} \dots\dots\dots /6/$$

gdzie: C - energetyczna charakterystyka RLS, zależna od parametrów technicznych stacji;

J - współczynnik odbicia energii elektromagnetycznej od celu radiolokacyjnego;

m - graniczny stosunek energii echo - sygnału do spektralnej gęstości szumów, przy którym w RLS zapewnia się zadane prawdopodobieństwo prawidłowego wykrycia celu radiolokacyjnego.

Wartości powyższe obliczamy z następujących wzorów:

$$C = \frac{P_1 \cdot G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \tau}{16 \pi^2 k \cdot T \cdot /P_{\text{sz}} - 1/} \dots\dots\dots /7/$$

gdzie: k - stała Boltzmana $k = 1,37 \cdot 10^{-22}$ dżul/stop.

T^0 - temperatura w skali Kelwina

Dla naszego przykładu przy $T = 300^0$ K wartość C wynosi:

$$C = \frac{75 \cdot 10^3 \cdot 300^2 \cdot 3^2 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{16 \cdot 3,14^2 \cdot 1,37 \cdot 10^{-22} \cdot 300 \cdot /16 - 1/} = 492 \cdot 10^{20} \text{ m}^2$$

Jeżeli czułość odbiornika P_{omin} określona jest w watach lub woltach przy określonym stosunku:

$$m = \frac{P_{\text{omin}}}{P_{\text{sz}}} \text{ to wartość } C \text{ wyrażamy wzorem:}$$

$$C = \frac{P_1 \cdot G^2 \cdot \lambda^2 \cdot m}{16 \cdot \pi^2 \cdot P_{\text{omin}}}$$

lub

$$C = \frac{P_1 \cdot G^2 \cdot m \cdot R_f / \text{om} /}{16 \pi^2 \cdot U_{\text{odb}} / \text{volt} /}$$

Jeżeli czułość odbiornika wyrażona jest w decybelach to przed wyliczeniem wartości C , czułość należy wyrazić w watach.

Współczynnik odbicia energii elektromagnetycznej od celu radiolokacyjnego J określamy z zależności:

$$J = \frac{\tilde{G}}{4 \pi} \dots\dots\dots /8/$$

gdzie: \tilde{G} - skuteczna powierzchnia odbicia celu radiolokacyjnego.

Przyjmując skuteczną powierzchnię odbicia celu radiolokacyjnego $\tilde{G} = 1 \text{ m}^2$ dla naszego przykładu otrzymamy:

$$J = \frac{1}{4.3,14} = 0,08 \text{ m}^2$$

Współczynnik rozdzielności m zależny jest od ilości impulsów echo - sygnału w paczce N oraz sposobu opracowania sygnałów radiolokacyjnych /energetyczne straty przy opracowaniu sygnałów paczki/. Ilość impulsów w paczce N zależna jest od szerokości charakterystyki promieniowania anteny w płaszczyźnie azymutalnej /poziomej/, częstotliwości powtarzania impulsów sondujących i prędkości obrotów anteny.

Ilość impulsów N w paczce, opromieniowującej cel radiolokacyjny, określamy z zależności:

$$N = \frac{\varphi_{0,5} \cdot f_p}{6 \cdot n} \dots\dots\dots /9/$$

Dla naszego przykładu ilość impulsów N w paczce wynosi:

$$N = \frac{\varphi_{0,5} \cdot f_p}{6 \cdot n} = \frac{6 \cdot 300}{6 \cdot 6} = 50 \text{ impulsów}$$

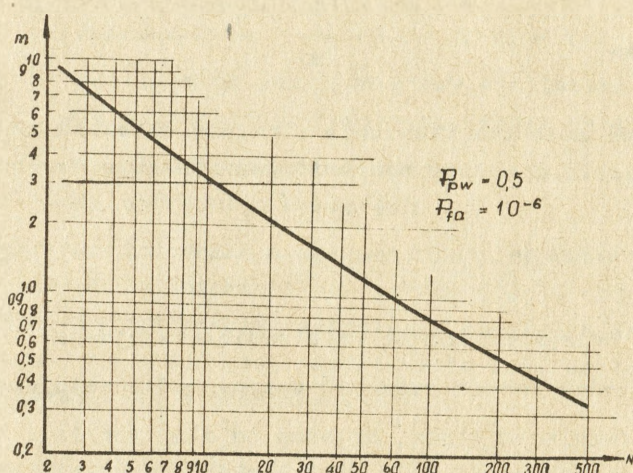
Na rys.4 przedstawiony jest wykres zależności współczynnika rozdzielności m od ilości impulsów N w paczce w następującej funkcji:

$$m = f /N/$$

Korzystając z wykresu rys.4 można określić wartość współczynnika rozdzielności m przy prawdopodobieństwie prawidłowego wykrycia celu $P_{pw} = 0,5$ i prawdopodobieństwie fałszywego alarmu $P_{fa} = 10^{-6}$, przy opracowaniu echo - sygnału paczki dla $N = 50$ impulsów.

Odczytana wartość współczynnika rozdzielności m w danym wypadku dla naszego przykładu wynosi:

$$m = 1,25$$



Rys. 4

Podstawiając obliczone i odczytane dane do wzoru /6/ otrzymamy dla maksymalnego zasięgu wykrycia następującą wartość:

$$D_{\max} = \sqrt[4]{C.J. \frac{1}{m}} = \sqrt[4]{\frac{492 \cdot 10^{20} \cdot 0,08}{1,25}} = 236 \text{ km}$$

3. Obliczanie strefy wykrywania RLS na małych wysokościach /strefa dyfrakcyjna/

Strefa wykrywania RLS na małych wysokościach formowana jest w strefie dyfrakcyjnej, dlatego też pole elektromagnetyczne przy celu radiolokacyjnym nie może być przedstawione jako suma dwóch nakładających się fal tj. fali bezpośredniej i fali odbitej od ziemi. Wpływ powierzchni ziemi, w danym wypadku, uwzględniany jest poprzez wprowadzenie mnożnika tłumienia pola elektromagnetycznego w swobodnej przestrzeni, określonego symbolem V.

W związku z powyższym wzór dla obliczeń strefy wykrywania RLS na małych wysokościach przyjmuje następującą postać:

$$D = D_{\max} \cdot V = V \cdot \sqrt[4]{C \cdot J \cdot \frac{1}{m}} \dots \dots \dots /10/$$

Wartość mnożnika tłumienia V należy określać za pomocą wykresów i tablic, a jego wielkość jest funkcją następujących zmiennych:

$$V = f/x, \gamma_1, \gamma_2, g/ \dots \dots \dots /11/$$

gdzie: x - odległość RLS do celu radiolokacyjnego;

γ_1, γ_2 - odpowiednio wysokość anteny RLS i celu radiolok.;

g - wielkość stała, zależna od długości fali roboczej, polaryzacji fali oraz elektrycznych właściwości gruntu bliższej strefy pozycji.

Obliczanie strefy wykrywania RLS, rozwiniętej na gładkiej powierzchni sferycznej, należy dokonywać metodą graficznego rozwiązania równania zasięgu wykrywania RLS, wyrażonego w postaci logarytmicznej, a mianowicie:

$$40 \log \frac{D}{V} = C /db/ + J /db/ - m /db/ \dots \dots \dots /11/$$

Lewa część równania /11/ przedstawia sobą całkowite tłumienie gęstości strumienia energii elektromagnetycznej na drodze rozchodzenia się fali tj. od anteny RLS do celu i od celu do urządzeń zobrazowania sygnału radiolokacyjnego.

Sens graficznej metody, rozwiązania równania zasięgu RLS, polega na obliczeniu całkowitego tłumienia $40 \log \frac{D}{V}$ dla różnych odległości, według danych wysokości anteny i wysokości celu, dla odpowiadającej fali i efektywnego promienia Ziemi. Szukane odległości wykrycia /przy danych h_a, h_n, h_c / określa się jako odległość, któremu odpowiada całkowite tłumienie energii obliczone zgodnie ze wzorem /11/.

Obliczanie strefy wykrywania RLS na małych wysokościach, za pomocą wzorów dyfrakcyjnych, jest metodą skomplikowaną i pracochłonną. Dlatego też dolną granicę strefy wykrywania RLS, dla gładkiej powierzchni, z wystarczającą dokładnością dla celów praktycznych, można obliczać z następującego znanego wzoru zasięgu horyzontalnego:

$$D/km/ = 4,12 \cdot K \left(\sqrt{h_a/m/ + h_n/m/} + \sqrt{h_c/m/} \right) \dots\dots\dots /12/$$

gdzie: K - współczynnik uwzględniający możliwości wykorzystania horyzontu radiowego, przez daną RLS;

h_a, h_n, h_c - odpowiednio wysokość anteny, nasypu i celu radiolokacyjnego w metrach.

Wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K zależna jest od technicznych parametrów stacji radiolokacyjnej i określa się wielkością całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej na drodze jej rozchodzenia się. Wartości współczynnika mieszczą się w granicach:

$$0 < K < 1$$

Dane wartości współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K, w zależności od wielkości całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej, dla fali $\lambda = 3$ m, przedstawiłono są w zestawieniu Nr 2.

Zestawienie Nr 2

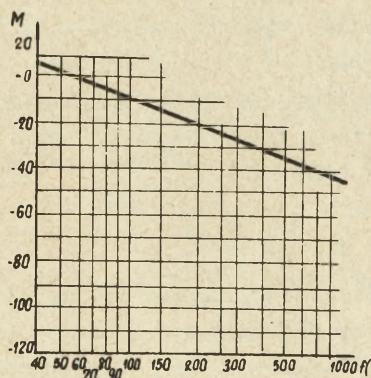
$40 \log \frac{D}{V}$ /db/	205	210	215	220	225	230	240
K	0,40	0,55	0,60	0,66	0,74	0,83	0,95

W wypadku występowania większych nierówności terenu w bliższej strefie pozycji, strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach znacznie maleje. W danym wypadku przeszkody terenowe wnoszą dodatkowe tłumienie energii, zwane tłumieniem dyfrakcyjnym.

Tłumienie dyfrakcyjne, przy obliczeniach, uwzględnia się wprowadzając do równania zasięgu radiolokacyjnego mnożnika tłumienia dyfrakcyjnego, określonego symbolem M. Wielkość całkowitego tłumienia energii w danym wypadku, obliczamy z następującego wzoru:

$$40 \log \frac{D}{V} = C/db/ + J/db/ - m/db/ - M/db/ \dots\dots\dots /13/$$

Ilościowo wielkość mnożnika tłumienia dyfrakcyjnego M /db/, dla średnio zróżnicowanego terenu pozycji, przy wysokości przeszkód do 20-30 m, można określić z wykresu częstotliwościowej zależności odchylenia wielkości całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej. Wykres takowy, dla gładkiej powierzchni ziemi, przedstawiony jest na rys.5.



Rys.5.

Obliczenia zasięgu wykrywania RLS dla małej wysokości np. $h_c = 200$ m, dokonujemy w następujący sposób. Przede wszystkim z danych charakterystyk RLS, znajdujemy całkowite tłumienie energii elektromagnetycznej:

$$40 \cdot \log \frac{D}{V} = C/db/ + J/db/ - m/db/ = 215 \text{ db}$$

Następnie z zestawienia Nr 2 znajdujemy wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K dla naszej RLS, przy obliczonym tłumieniu 215 db. Wartość współczynnika wynosi:

$$K = 0,60$$

Korzystając ze wzoru /12/ otrzymujemy dla zasięgu wykrycia:

$$D/km/ = 4,12 \cdot 0,6 \left(\sqrt{7 + 7,3} + \sqrt{200} \right) = 44,8 \text{ km}$$

Przy przeszkodach terenowych pozycji, nie przekraczających $h_p = 20-30$ m, uwzględniamy również wielkość tłumienia

dyfrakcyjnego, znajdując z wykresu rys.5 wartość współczynnika M/db , który dla naszego przykładu wynosi 10 db. Całkowite tłumienie w danym wypadku będzie równe:

$$40 \log \frac{D}{V} = 215 - 10 = 205 \text{ db}$$

Z zestawienia Nr 2 widzimy, że współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego, po uwzględnieniu tłumienia dyfrakcyjnego, zmalał do wartości $K = 0,40$, a zasięg wykrycia wyniesie:

$$D/km/ 4,12 \cdot 0,40 \left(\sqrt{7 + 7,3} + \sqrt{200} \right) = 29,5 \text{ km}$$

Całkowite tłumienie energii elektromagnetycznej obliczamy dla interesujących nas kierunków wokół RLS, a następnie wyliczamy zasięgi wykrycia na tych kierunkach i określamy strefę wykrywania stacji radiolokacyjnej na danej pozycji.

4. Współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego przez RLS

W zależności od typu stacji radiolokacyjnej i jej parametrów technicznych, współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego K , przyjmuje różne wartości i jak już wspomnieliśmy w poprzednich rozdziałach, może wahać się w przedziale od zera do jedności. Im ten współczynnik jest większy tym lepsze możliwości wykrywania celów nisko lecących posiada dana stacja radiolokacyjna.

Wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K możemy obliczyć na podstawie charakterystyki promieniowania anteny RLS i danych taktyczno-technicznych stacji, wyszczególnionych w formularzach technicznych sprzętu.

Dla stacji radiolokacyjnych, znajdujących się w wyposażeniu WRT OPK, średnie wartości współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K przedstawione są w zestawieniu Nr 3. Wartości współczynników K dotyczą danego typu RLS, dla skutecznej powierzchni odbicia celu radiolokacyjnego $\sigma = 10 \text{ m}^2$ i $\sigma = 1 \text{ m}^2$.

Znajomość wartości współczynników wykorzystania horyzontu radiowego K , dla posiadanych stacji radiolokacyjnych, umożliwia służbie technicznej WRT obliczanie realnych stref wykrywania celów powietrznych, szczególnie dolnej warstwy pola ra-

diolokacyjnego po rozwinięciu sprzętu na pozycji. Metodyka obliczeń omówiona została w poprzednich rozdziałach.

Ponieważ realna pozycja posiada różnorodne przeszkody terenowe, tworzące kąty zakrycia pozycji i zmniejszające zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnych, dlatego też przy obliczaniu pola radiolokacyjnego, szczególnie na małych wysokościach /dolna warstwa pola/, należy uwzględnić występujące kąty zakrycia pozycji.

Zestawienie Nr 3

Typ RLS	Wartość współczynnika K									
	P-12 M	P-14	P-15 M	P-15 mH	Ja- wor-M	Jawor- M-2	P-35 M	PRW "J"	PRW- 9A	P-40
$\sigma_{m^2} = 10$	0,48	0,71	0,63	0,81	0,69	0,80	0,64	0,77	0,57	
$\sigma_{m^2} = 1$	0,34	0,47	0,46	0,55	0,51	0,63	0,47	0,58	0,41	

Celem uwzględnienia kątów zakrycia pozycji należy wprowadzić do obliczeń współczynniki kątów zakrycia pozycji $K / \alpha /$, którego sens omówimy poniżej.

5. Współczynnik kątów zakrycia pozycji $K / \alpha /$

Kąty zakrycia pozycji α tworzą przedmioty terenowe. Wielkość kątów zakrycia pozycji możemy obliczyć ze wzoru:

$$\alpha = 0,06 \cdot \frac{1}{d_p} \cdot (h_p + h_{RLS}) \quad \dots \dots \dots /14/$$

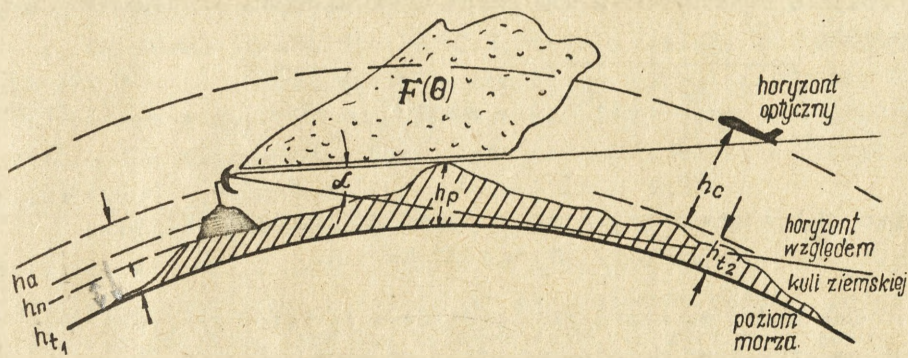
gdzie: h_p - wysokość przeszkody terenowej;

h_{RLS} - wysokość bezwzględna anteny RLS;

d_p - odległość anteny RLS do przeszkody.

Przedmioty terenowe pozycji tworzą martwe strefy w polu radiolokacyjnym, w których cele radiolokacyjne nie mogą być obserwowane, a zasięg wykrycia RLS może być znacznie obniżony.

Obrazowo kąty zakrycia pozycji w płaszczyźnie pionowej przedstawione są na rys.6, na którym oznaczone są następujące wielkości:



Rys.6

- h_a - wysokość masztu antenowego RLS;
- h_n - wysokość nasypu, na którym rozwinięta jest RLS;
- h_{t1} - wysokość terenu nad poziomem morza, w punkcie rozwinięcia RLS;
- h_c - rzeczywista wysokość celu radiolokacyjnego;
- h_{t2} - wysokość terenu nad poziomem morza w punkcie, nad którym znajduje się cel radiolokacyjny;
- α - kąt zakrycia pozycji.

Zasięg wykrycia celu radiolokacyjnego przez RLS, przy uwzględnieniu kątów zakrycia pozycji, w strefie dyfrakcyjnej, możemy obliczyć ze znanego wzoru:

$$D/\text{km}/ = 4,12 \cdot K/\alpha \cdot K \left(\sqrt{h_{r1s}} + \sqrt{H_c} \right) \dots\dots\dots /15/$$

gdzie: $h_{r1s} = h_a + h_n + h_{t1}$

$H_c = h_c + h_{t2}$

038

$K/\alpha /$ - współczynnik kątów zakrycia pozycji;

K - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego.

Wartość współczynnika kątów zakrycia pozycji $K/\alpha /$, z wystarczającą dokładnością dla celów praktycznych, obliczamy z zależności:

$$K/\alpha / = \sqrt{1 + \frac{R_z}{2 H_c} \sin^2 \alpha} - \sin \alpha \sqrt{\frac{R_z}{2 H_c}} \dots \dots \dots /16/$$

gdzie: R_z - efektywny promień Ziemi /z uwzględnieniem refrakcji/ $R_z = 8500$ km.

Jak widać ze wzoru /16/ współczynnik kątów zakrycia pozycji zależy przede wszystkim od kąta zakrycia α , efektywnego promienia Ziemi i bezwzględnej wysokości celu radiolokacyjnego.

Przy dodatnich kątach zakrycia pozycji współczynnik $K/\alpha /$ waha się w granicach:

$$0 \ll K/\alpha / \ll 1$$

Dla ujemnych kątów zakrycia pozycji współczynnik $K/\alpha /$ przyjmuje wartości powyżej jedności:

$$1 \ll K/\alpha / \ll 6$$

Przy większych kątach zakrycia pozycji, przy których $K/\alpha /$ przyjmuje wartości powyżej 6, wzór /16/ może być nieślusny.

Dla celów praktycznych w załącznikach tabela Nr 3 obliczone zostały wartości współczynników kąta zakrycia pozycji $K/\alpha /$, dla kątów wahających się w granicach od $\alpha = -30'$ do $\alpha = 3^\circ$ co każde $5'$ w zakresie wysokości H_c od 50 m do 6000 m. W tabeli Nr 2 obliczone są również odległości widzialności optycznej, bez uwzględnienia współczynników K i $K/\alpha /$, dla odpowiadających wysokości bezwzględnych anteny i celu radiolokacyjnego.

Tabela Nr 1 przedstawia zasięgi wykrywania RLS WRT OPK przy uwzględnieniu współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K , przy zerowych kątach zakrycia pozycji, dla celów radiolokacyjnych o skutecznych powierzchniach odbicia $\sigma = 10 \text{ m}^2$ i $\sigma = 1 \text{ m}^2$. Dane zasięgów wykrywania w tabeli Nr 1 pokrywają się z danymi wykorzystywanymi w WRT OPK.

Pozostałe tabele Nr 4 + 12 zawierają zasięgi wykrycia RLS WRT OPK, przy uwzględnieniu współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K i współczynnika kątów zakrycia pozycji K/α , dla odpowiednich bezwzględnych wysokości celu radiolokacyjnego H_c i etatowych wysokościach anten RLS.

Reasumując należy stwierdzić, że celem prawidłowego wykorzystania stacji radiolokacyjnych i zorganizowania ciągłego pola radiolokacyjnego o wymaganych parametrach, należy posługiwać się realnymi strefami wykrywania RLS, przy rozwinięciu stacji na konkretnych pozycjach. Należy uwzględniać wszystkie właściwości pozycji, posługując się przy tym obliczonymi współczynnikami, do których należą:

- współczynnik interferencyjny K/θ
- współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego K
- współczynnik kątów zakrycia pozycji K/α
- mnożnik tłumienia dyfrakcyjnego M
- parametry taktyczno-techniczne RLS.

Uwzględnienie wszystkich czynników wpływających na ciągłość i parametry pola radiolokacyjnego w pododdziałach WRT nie zawsze jest możliwe i dlatego też należy dążyć do udoskonalenia algorytmów opracowywania realnego pola radiolokacyjnego przy użyciu programów dla EMC.

B I B L I O G R A F I A

1. W.G. Grigorianc - *Tiechniczeskije pokazatieli radiołokacjonnych stancji.* Moskwa 1964 r.
2. Daniel Józef Bem - *Anteny i rozchodzenie się fal radiowych.* Wyd. Nauk. Techn. Warszawa 1973 r.
3. Praca zbiorowa - *Technika Radiolokacji.* Wyd. MON DW OPK. Warszawa 1972 r.
4. A.F. Bogomołow - *Osnowy radiołokacji.* Sowietskoje Radio Moskwa 1964 r.
5. Ł.E.Kochanskij - *Potencjalnyje toczność radioelektronnych sistem.* MDNTP 1972 r.
6. W.J. Gałkin - *Radiotechniczeskije sistemi w raketnoj tiechnike.* Woj. Izd. MON SSSR 1974 r.
7. S.M. Latinskij - *Tieoria i praktika eksploatacji radiołokacjonnych sistem.* Sowietskoje Radio 1970 r.

Wykonano w 70 egz.

Egz. nr 1-70 B.Gł.OZS

Wyk. mjr Siwicki

Druk E.K.

Nr 0652/01856/WW

Kor. H.S.

TABELA Nr 1

Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych przez RLS WRT OPK dla obiektów o skutecznej powierzchni odbicia $\sigma = 1 + 5 \text{ m}^2$ przy zerowym położeniu elektrycznej osi anteny oraz pozycji bez kątów zakrycia.

Typ RLS	Zasięgi wykrywania RLS w km na danych wysokościach w metrach																Uwagi	
	I Dolna warstwa pola radiolokacyjnego								II Górna warstwa pola radiolokacyjnego								Maksymalny pułap	Ciągły pułap
	100	200	300	400	500	1000	1500	2000	4000	6000	8000	10000	12000	16000	18000	24000	18	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
P-12M	26/	35/ 26	40/ 30	45/ 34	50/ 36	65/ 44	85/ 56	100/ 70	130/ 85	150/ 120	160/ 106	170/ 114	180/ 120	170/ 114	150/ 100	150/ 100	Max. puł. 24000 m c.p. 16000 m	
P-14	30/ 20	45/ 30	59/ 40	72/ 50	80/ 55	105/ 70	120/ 80	140/ 95	185/ 125	230/ 155	265/ 164	300/ 200	320/ 210	335/ 236	390/ 256	430/ 280	M.p. 45000 m c.p. 36000 m	
P-15	25/ 16	44/ 30	52/ 34	60/ 40	70/ 46	90/ 60	110/ 74	130/ 85	190/ 126	240 ^x / 160	-	-	-	-	-	-	M.p. 8000 m c.p. 4000 m	
P-15N	50/ 35	65/ 45	75/ 50	80/ 55	90/ 60	100/ 70	110/ 75	130 ^x / 85	-	-	-	-	-	-	-	-	M.p. 2000 m c.p. 1500 m	
P-35M	42/ 30	50/ 35	56/ 42	60/ 50	55/ 52	80/ 60	100/ 66	130/ 85	180/ 120	220/ 146	240/ 160	260/ 170	280/ 186	250/ 166	260/ 174	240/ 160	M.p. 34000 m c.p. 26000 m	
JAWOR-M	30/ 27	50/ 35	55/ 40	70/ 50	75/ 55	100/ 70	120/ 80	140/ 94	210 ^x / 140	240 ^x / 160	200 ^x / 134	230 ^x / 154	200/ 186	200/ 134	210/ 140	200/ 134	M.p. 22000 m c.p. 16000	
JAWOR-M2	45/ 36	59/ 47	70/ 56	82/ 65	87/ 69	110/ 88	130/ 104	160/ 128	190/ 152	250/ 200	-	260/ 208	-	-	200/ 160	-	M.p. 60000 m c.p. 30000 m	
PRW-11 "J"	50/ 34	62/ 40	73/ 50	80/ 55	85/ 56	130 ^x / 96	150 ^x / 100	160 ^x / 106	-	-	-	-	-	-	-	-	M.p. 2000 m c.p. 1500 m	
PRW-9A	30/ 22	40/ 28	50/ 34	55/ 38	55/ 45	90/ 62	100/ 70	110/ 82	150/ 110	170/ 130	-	-	-	-	-	-	M.p. 45000 m c.p. 34000 m	
P-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Uwaga: - w liczniku podany jest zasięg wykrycia w km dla $\sigma = 10 \text{ m}^2$
 - w mianowniku zasięg wykrycia celów o $\sigma = 1 + 5 \text{ m}^2$
 - * gwiazdkę oznaczono brak ciągłości prowadzenia.

TABELA Nr 2

Zasięgi bezpośredniej widzialności /horyzontu radiowego/ obiektów powietrznych
w zależności od wysokości celu i wysokości anteny.

H_c /m/	Zasięg horyzontalny RLS w kilometrach obliczony według wzoru $D_0 = 4,12 (\sqrt{H_c} + \sqrt{h_a})$ [km]																Uwagi
	5	10	20	30	50	100	200	300	400	500	600	1000	1500	2000	4000	6000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
50	38,4	42,2	47,5	51,7	58,3	70,3	87,4	100,5	111,5	121,3	130,0	159,4	188,7	213,4	289,7	348,3	
100	50,4	54,2	59,6	63,7	70,3	82,4	94,5	112,5	123,6	133,3	142,1	171,5	200,8	225,4	301,8	360,3	
200	67,5	71,3	76,7	80,8	87,4	99,5	116,5	129,6	140,6	150,4	159,2	188,5	217,8	242,5	318,8	377,3	
300	80,6	84,4	89,7	93,9	100,5	112,5	129,6	142,7	153,7	163,5	172,3	201,6	230,9	255,6	331,9	390,5	
400	91,6	95,4	100,8	104,9	111,5	123,6	140,6	153,7	164,8	174,5	183,3	212,6	241,9	266,6	342,9	401,5	
500	101,3	105,2	110,5	114,7	121,3	133,3	150,3	163,5	174,5	184,2	193,0	222,4	251,6	276,3	352,7	411,2	
600	110,1	113,9	119,3	123,4	130,0	142,1	159,2	172,3	183,3	193,0	201,8	231,2	260,5	285,1	361,5	420,0	
1000	139,5	143,3	148,7	152,3	159,4	171,5	188,5	201,6	212,7	222,4	231,2	260,5	289,8	314,5	390,8	449,4	
1500	168,7	172,6	177,9	182,1	188,7	200,8	217,8	230,9	241,9	251,6	260,5	289,8	319,1	343,8	420,2	478,7	
2000	193,4	197,3	202,6	206,8	213,4	225,4	242,5	255,6	266,6	274,2	285,1	314,5	343,8	368,5	444,8	503,4	
3000	234,8	238,7	244,1	248,2	254,7	266,8	283,9	297,0	308,1	317,8	326,5	355,9	385,2	409,9	486,2	544,8	
4000	269,8	273,6	279,0	283,2	289,7	301,8	318,8	331,9	342,9	352,7	361,4	390,8	420,2	444,8	521,2	579,7	
6000	328,3	332,2	337,5	341,7	348,3	360,3	377,4	390,5	401,5	411,3	420,0	449,4	478,7	503,4	579,7	638,3	
8000	377,7	381,5	386,9	391,1	397,6	409,7	426,7	439,8	450,9	460,6	469,4	498,7	528,1	552,7	629,1	687,6	
10000	421,2	425,0	430,4	434,5	441,1	453,2	470,3	483,4	494,4	504,1	512,9	542,3	571,5	596,2	672,6	731,1	
12000	460,5	464,4	469,7	473,9	480,5	492,5	509,6	522,7	533,7	543,5	552,2	581,6	610,9	635,5	711,9	770,5	
14000	496,7	500,5	505,9	510,0	516,6	528,6	545,7	558,8	569,8	579,6	588,4	617,7	647,0	671,7	748,0	806,6	
16000	530,4	534,2	539,6	543,7	550,3	562,4	579,4	592,5	603,6	613,3	622,1	651,4	680,7	705,4	781,7	840,3	
20000	591,8	595,6	600,9	605,1	611,7	623,7	640,8	653,9	664,9	674,7	683,4	712,8	742,1	766,8	843,2	901,7	
30000	723,6	726,6	732,0	736,1	742,7	754,8	771,8	784,9	795,9	805,7	814,5	843,8	873,2	897,8	974,2	1032,7	

WPHm

TABELA Nr 3

Wartości współczynników kątów zakrycia pozycji $K/\alpha/$ w zależności od wysokości obiektów powietrznych

$$K/\alpha/ = \sqrt{1 + \frac{R_z}{2H_c} \sin^2 \alpha} - \sin \alpha \sqrt{\frac{R_z}{2H_c}}$$

Wartość współczynników kątów zakrycia pozycji RLS

H _c /m/	-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'	1°30'	2°00'	2°30'	3°00'	Uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
50	5,25	4,15	3,65	2,85	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	0,07	0,05	0,04	0,03	
100	3,84	3,07	2,74	2,21	1,76	1,33	1,00	0,75	0,57	0,45	0,36	0,31	0,26	0,23	0,20	0,17	0,14	0,10	0,07	0,06	0,04	
200	2,87	2,36	2,14	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	0,12	0,10	0,08	0,06	
300	2,46	2,06	1,89	1,70	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	0,15	0,12	0,09	0,08	
400	2,23	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	0,18	0,14	0,11	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	0,20	0,15	0,12	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	0,22	0,17	0,13	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	0,27	0,21	0,17	0,14	
1500	1,56	1,42	1,34	1,25	1,15	1,07	1,00	0,93	0,86	0,80	0,75	0,69	0,64	0,59	0,55	0,49	0,44	0,32	0,26	0,21	0,17	
2000	1,47	1,34	1,29	1,22	1,13	1,06	1,00	0,94	0,87	0,82	0,77	0,72	0,68	0,63	0,60	0,54	0,48	0,36	0,28	0,24	0,20	
3000	1,40	1,28	1,23	1,18	1,11	1,05	1,00	0,95	0,89	0,85	0,80	0,77	0,71	0,69	0,65	0,59	0,54	0,42	0,34	0,29	0,24	
4000	1,32	1,24	1,20	1,17	1,09	1,04	1,00	0,96	0,91	0,87	0,83	0,79	0,75	0,72	0,70	0,63	0,58	0,46	0,38	0,32	0,27	
6000	1,25	1,19	1,16	1,14	1,08	1,03	1,00	0,97	0,92	0,89	0,85	0,82	0,79	0,77	0,74	0,68	0,64	0,53	0,43	0,37	0,31	

TABLICA Nr 4

Zasięgi wykrycia obiektów powietrznych przez RLS w zależności
od kątów zakrycia pozycji i wysokości lotu celu / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ /

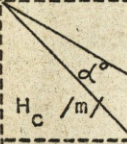
 H_c / m	Zasięgi wykrycia obiektów powietrznych / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ / przez RLS typu P-12M /antena etatowa/ na różnych wysokościach w zależności od kątów zakrycia pozycji																					Uwagi
	-0°30'	-0°25'	-0°20'	-0°15'	-0°10'	-0°05'	0°00'	0°05'	0°10'	0°15'	0°20'	0°25'	0°30'	0°35'	0°40'	0°50'	1°00'	1°30'	2°00'	2°30'	3°00'	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
50																						
100	76,8	61,4	54,8	44,2	35,2	26,6	20,0	15,0	11,4	9,0	7,2	6,2	5,0	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-
200	74,6	61,4	55,6	46,5	39,3	31,7	26,0	21,6	17,2	14,3	12,0	10,1	9,1	8,6	7,0	5,9	4,9	-	-	-	-	-
300	73,8	61,8	56,7	51,0	42,0	35,7	30,0	25,5	21,3	18,6	15,6	13,8	12,3	10,8	9,6	8,1	6,9	4,5	3,6	-	-	-
400	75,8	64,9	59,8	52,0	45,5	39,1	34,0	29,6	25,5	22,1	19,4	17,0	15,3	13,6	12,2	10,5	8,8	6,1	4,8	3,7	-	-
500	74,8	64,1	59,7	53,3	46,4	40,7	36,0	31,7	27,7	24,5	21,6	19,4	17,3	15,5	14,0	11,9	10,4	7,2	5,4	4,3	3,6	-
600	74,5	64,9	60,4	53,9	48,3	42,5	38,0	33,8	30,0	26,6	23,6	21,3	19,4	17,5	16,0	13,7	11,8	8,4	6,5	4,9	4,0	-
1000	75,2	66,8	63,4	57,6	52,8	47,9	44,0	40,0	36,5	33,4	30,4	27,7	25,5	23,8	21,6	18,8	16,7	11,9	9,2	7,5	6,2	-
1500	87,4	79,5	75,0	70,0	64,4	59,9	56,0	52,1	48,2	44,8	42,0	38,6	35,8	33,0	31,4	27,4	24,6	17,9	14,7	11,8	9,5	-
2000	102,9	93,8	90,3	85,4	79,1	74,0	70,0	65,8	60,9	57,4	53,9	50,4	47,6	44,1	42,0	37,8	33,6	25,2	19,6	16,8	14,0	-
4000	112,2	105,4	102,0	99,4	92,6	88,4	85,0	81,6	77,4	73,9	70,5	67,2	63,8	61,2	59,5	53,6	49,3	39,1	32,3	27,2	23,0	-
6000	150,0	142,8	139,2	136,8	129,6	123,6	120,0	116,4	110,4	106,8	102,0	98,4	94,8	92,4	88,8	81,6	76,8	63,6	51,6	44,4	37,2	-

TABELA Nr 5

Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych przez RLS w zależności
od kątów zakrycia pozycji i wysokości lotu celu / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ /

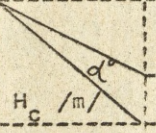
 H_c /m/		Zasięgi wykrycia celów powietrznych / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ / przez RLS typu P-14 na różnych wysokościach w zależności od kątów zakrycia pozycji /km/.																				Uwagi
		-0°30'	-0°25'	-0°20'	-0°15'	-0°10'	-0°05'	0°00'	0°05'	0°10'	0°15'	0°20'	0°25'	0°30'	0°35'	0°40'	0°50'	1°00'	1°30'	2°00'	2°30'	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
50																						
100	76,8	61,4	54,8	44,2	35,2	26,6	20,0	15,0	11,4	9,0	7,2	6,3	5,2	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-
200	86,1	70,8	64,2	53,7	45,3	36,6	30,0	24,9	19,8	16,5	13,8	11,7	10,5	9,9	8,1	6,9	5,7	-	-	-	-	-
300	98,4	82,4	75,6	68,0	56,0	47,6	40,0	34,0	28,4	24,8	20,8	18,4	16,4	14,4	12,8	10,8	9,2	6,0	4,8	-	-	-
400	111,5	95,5	88,0	76,5	67,0	57,5	50,0	43,5	37,5	32,5	28,5	25,0	22,5	20,0	18,0	15,5	13,0	9,0	7,0	5,5	4,5	-
500	114,4	97,9	91,3	81,4	70,9	62,2	55,0	48,4	42,3	37,4	33,0	29,7	26,4	23,6	21,5	18,2	16,0	11,0	8,3	6,6	5,5	-
600	117,6	102,6	95,4	85,2	76,2	67,2	60,0	53,4	47,4	42,0	37,2	33,6	30,6	27,6	25,2	21,6	18,6	13,2	10,2	7,8	6,6	-
1000	119,7	106,4	100,8	91,7	84,0	76,3	70,0	63,7	58,2	53,2	48,3	44,1	40,6	37,8	34,3	30,1	26,6	18,9	14,7	11,9	9,8	-
1500	124,8	113,6	107,2	100,0	92,0	85,6	80,0	74,4	68,8	64,0	60,0	55,2	51,2	47,2	44,8	39,2	35,2	25,6	20,8	16,8	13,6	-
2000	139,6	127,3	122,5	115,9	107,3	100,7	95,0	89,3	82,7	77,9	73,1	68,4	64,6	59,9	57,0	51,3	45,6	34,2	26,6	22,8	19,0	-
4000	165,0	155,0	150,0	146,2	136,2	130,0	125,0	120,0	113,8	108,7	103,8	98,8	93,7	90,0	87,5	78,7	72,5	57,5	47,5	40,0	33,8	-
6000	193,7	184,4	179,8	176,7	167,4	159,6	155,0	150,4	142,6	138,0	131,8	127,1	122,5	119,4	114,7	105,4	99,2	82,2	66,7	57,4	48,0	-

TABELA Nr 6

Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych przez RLS w zależności od kątów zakrycia pozycji i wysokości lotu celu / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ /.

Zasięgi wykrycia obiektów powietrznych / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ / przez RLS typu P-15M /antena etatowa/ na różnych wysokościach w zależności od kątów zakrycia pozycji																						Uwagi	
H_c /m/	-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'	1°30'	2°00'	2°30'	3°00'	23	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
50	105,0	83,0	73,0	57,0	42,2	28,8	20,0	13,4	9,2	7,0	5,4	4,6	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	115,2	92,1	82,2	66,3	52,8	39,9	30,0	22,5	17,1	13,5	10,8	9,3	7,8	6,9	6,0	5,1	4,2	-	-	-	-	-	-
200	100,4	82,6	74,9	62,6	52,8	42,7	35,0	29,0	23,1	19,3	16,1	13,6	12,3	11,5	9,5	8,0	6,6	4,2	-	-	-	-	-
300	103,3	86,5	79,4	71,4	58,8	49,9	42,0	35,7	29,8	26,0	21,8	19,3	17,2	15,1	13,4	11,3	9,6	6,3	5,0	3,8	-	-	-
400	111,5	95,5	88,0	76,5	67,0	57,5	50,0	43,5	37,5	32,5	28,5	25,0	22,5	20,0	18,0	15,5	13,0	9,0	7,0	5,5	4,5	-	-
500	108,2	92,6	86,3	76,9	67,2	58,7	52,0	45,7	40,0	35,4	31,2	28,1	24,9	22,4	20,3	17,2	15,1	10,4	7,8	6,2	5,2	-	-
600	109,7	95,7	89,0	79,5	71,1	62,7	56	49,8	44,2	39,2	34,7	31,4	28,7	25,8	23,5	20,2	17,6	12,3	9,5	7,3	6,2	-	-
1000	102,6	91,2	86,4	78,6	72,0	65,4	60,0	54,6	49,8	45,6	41,4	37,8	34,8	32,4	29,4	25,8	22,8	16,2	12,6	10,2	8,4	-	-
1500	102,9	93,7	88,4	82,5	75,9	70,6	66,0	61,4	56,7	52,8	49,5	45,5	42,2	38,9	36,9	32,3	29,0	21,1	17,2	13,8	11,2	-	-
2000	124,9	113,9	109,6	103,7	96,0	90,1	85,0	79,9	73,9	69,7	65,4	61,2	57,8	53,5	51,0	45,9	40,8	30,6	23,8	20,4	17,0	-	-
4000	158,4	148,8	144,0	140,4	130,8	124,8	120,0	115,2	109,2	104,4	99,6	94,8	90,0	86,4	84,0	75,6	69,6	55,2	45,6	38,4	32,4	-	-
6000 ^x	182,5	173,7	169,3	166,4	157,7	150,4	146,0	141,6	134,3	129,9	124,1	119,7	115,3	112,4	108,0	99,3	93,4	77,4	62,8	54,0	45,3	-	-

TABELA Nr 7

Zasięgi wykrycia obiektów powietrznych przez RLS w zależności od kątów zakrycia pozycji i wysokości lotu celu / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ /.

Zasięgi wykrycia celów powietrznych / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ / przez RLS typu P-15N /UNZA/ na różnych wysokościach w zależności od kątów zakrycia pozycji /km/																						Uwagi	
H_c /m/	$-0^{\circ}30'$	$-0^{\circ}25'$	$-0^{\circ}20'$	$-0^{\circ}15'$	$-0^{\circ}10'$	$-0^{\circ}05'$	$0^{\circ}00'$	$0^{\circ}05'$	$0^{\circ}10'$	$0^{\circ}15'$	$0^{\circ}20'$	$0^{\circ}25'$	$0^{\circ}30'$	$0^{\circ}35'$	$0^{\circ}40'$	$0^{\circ}50'$	$1^{\circ}00'$	$1^{\circ}30'$	$2^{\circ}00'$	$2^{\circ}30'$	$3^{\circ}00'$	23	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
50	131,2	103,7	91,3	71,2	52,7	36,0	25,0	16,7	11,5	8,7	6,7	5,8	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	134,4	107,4	95,9	77,3	61,6	46,5	35,0	26,3	19,9	15,8	12,6	10,8	9,1	8,0	7,0	5,9	4,8	-	-	-	-	-	-
200	129,1	106,2	96,3	80,5	67,9	54,9	45,0	37,4	29,7	24,8	20,7	17,6	15,8	14,8	12,2	10,4	8,6	5,4	4,5	-	-	-	-
300	123,0	103,0	94,5	85,0	70,0	59,5	50,0	42,5	35,5	31,0	26,0	23,0	20,5	18,0	16,0	13,5	11,5	7,5	6,0	4,5	4,0	4,0	4,0
400	122,6	105,0	96,8	84,1	73,7	63,2	55,0	47,9	41,2	35,8	31,4	27,5	24,8	22,0	19,8	17,0	14,3	9,9	7,7	6,0	4,9	4,9	4,9
500	124,8	106,8	99,6	88,8	77,4	67,8	60,0	52,8	46,2	41,0	36,0	32,4	28,8	25,8	23,4	19,8	17,4	12,0	9,0	7,2	6,0	6,0	6,0
600	125,4	109,4	101,7	90,8	81,3	71,6	64,0	56,9	50,5	44,8	39,7	35,8	32,6	29,4	26,8	23,0	19,8	14,1	10,9	8,3	7,1	7,1	7,1
1000	119,7	106,4	100,8	91,7	84,0	76,3	70,0	63,7	58,1	53,2	48,3	44,1	40,6	37,8	34,3	30,1	26,6	18,9	14,7	11,9	9,8	9,8	9,8
1500	117,0	106,5	100,5	93,7	86,2	80,2	75,0	69,8	64,5	60,0	56,3	51,8	48,0	44,3	42,0	36,8	33,0	24,0	19,5	15,8	12,7	12,7	12,7
2000	124,9	113,9	109,6	103,7	96,0	90,1	85,0	79,9	74,0	69,7	65,5	61,2	57,8	53,6	51,0	45,9	40,8	30,6	23,8	20,4	17,0	17,0	17,0

TABELA Nr 8

Zasięgi wykrycia obiektów powietrznych przez RLS w zależności od kątów zakrycia pozycji i wysokości lotu celu / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ /.

Zasięgi wykrycia celów powietrznych / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ / przez RLS typu P-35M na różnych wysokościach w zależności od kątów zakrycia pozycji /km/.																						Uwagi
H_c /m/	-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'	1°30'	2°00'	2°30'	3°00'	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
50	115,2	92,1	80,3	62,7	46,4	31,7	22,0	14,7	10,2	7,7	5,9	5,0	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	115,2	92,1	82,2	66,3	52,8	39,9	30,0	22,5	17,2	13,5	10,8	9,3	7,8	6,9	6,0	5,1	4,2	-	-	-	-	-
200	100,4	82,6	74,9	62,6	52,8	42,7	35,0	29,0	23,1	19,3	16,1	13,7	12,3	11,6	9,5	8,1	6,7	4,2	-	-	-	-
300	103,3	86,5	79,3	71,4	58,8	49,9	42,0	35,7	29,8	26,0	21,8	19,3	17,2	15,1	13,4	11,3	9,6	6,3	5,0	-	-	-
400	111,5	95,5	88,0	76,5	67,0	57,5	50,0	43,5	37,5	32,5	28,5	25,0	22,5	20,0	18,0	15,5	13,0	9,0	7,0	5,5	4,5	-
500	108,2	92,5	86,3	76,9	67,1	58,7	52,0	45,8	40,0	35,1	31,2	28,1	24,9	22,4	20,3	17,2	15,1	10,4	7,8	6,2	5,2	-
600	105,8	92,3	85,8	76,7	68,6	60,4	54,0	48,1	42,6	37,8	33,5	30,2	27,5	24,8	22,7	19,4	16,7	12,0	9,2	7,0	6,0	-
1000	102,6	91,2	86,4	78,6	72,0	65,4	60,0	54,6	49,8	45,6	41,4	37,8	34,8	32,4	29,4	25,8	22,8	16,2	12,6	10,2	8,4	-
1500	102,9	93,7	88,4	82,5	75,9	70,6	66,0	61,4	56,8	52,8	49,5	45,5	42,2	38,9	36,9	32,3	29,0	21,1	17,2	13,8	11,2	-
2000	125,0	113,9	109,6	103,7	96,0	90,1	85,0	79,9	74,0	69,7	65,5	61,2	57,8	53,6	51,0	45,9	40,8	31,0	23,8	20,4	17,0	-
4000	158,4	148,8	144,0	140,4	130,8	124,8	120,0	115,2	109,3	104,4	99,6	94,8	90,0	86,4	84,0	75,6	69,6	55,2	45,6	38,4	32,4	-
6000	182,5	173,7	169,3	166,4	157,7	150,4	146,0	142,0	134,3	130,0	124,0	119,7	115,3	112,4	108,0	99,3	93,4	77,4	62,7	54,0	45,3	-

TABELA Nr 9

Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych przez RLS w zależności
od kątów zakrycia pozycji i wysokości lotu celu $\sigma = 1 \text{ m}^2/$.

Zasięgi wykrycia obiektów powietrznych $\sigma = 1 \text{ m}^2/$ przez RLS typu JAWOR-M na różnych wysokościach w zależności od kątów zakrycia pozycji /km/																							
H_c /m/	$-0^{\circ}30'$	$-0^{\circ}25'$	$-0^{\circ}20'$	$-0^{\circ}15'$	$-0^{\circ}10'$	$-0^{\circ}05'$	$0^{\circ}00'$	$0^{\circ}05'$	$0^{\circ}10'$	$0^{\circ}15'$	$0^{\circ}20'$	$0^{\circ}25'$	$0^{\circ}30'$	$0^{\circ}35'$	$0^{\circ}40'$	$0^{\circ}50'$	$1^{\circ}00'$	$1^{\circ}30'$	$2^{\circ}00'$	$2^{\circ}30'$	$3^{\circ}00'$	Uwagi	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
50	120,0	95,4	83,9	65,5	48,5	33,1	23,0	15,4	10,6	8,1	6,2	5,3	4,4	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	
100	103,7	82,8	73,9	59,6	47,5	35,9	27,0	20,3	15,4	12,2	9,7	8,4	7,0	6,2	5,4	4,6	3,8	-	-	-	-	-	
200	100,4	82,6	74,9	62,6	52,8	42,7	35,0	29,1	23,0	19,3	16,1	13,6	12,3	11,6	9,5	8,0	6,7	4,2	3,5	-	-	-	
300	98,4	82,4	75,6	68,0	56,0	47,6	40,0	34,0	28,4	24,8	20,8	18,4	16,4	14,5	12,8	10,8	9,2	6,0	4,8	3,6	-	-	
400	111,5	95,5	88,0	76,5	67,0	57,5	50,0	43,5	37,5	32,5	28,5	25,0	22,5	20,0	18,0	15,5	13,0	9,0	7,0	5,5	4,5	-	
500	114,4	97,7	91,3	81,4	70,9	62,1	55,0	48,4	42,4	37,4	33,0	29,7	26,4	23,7	21,5	18,2	15,9	11,0	8,3	6,6	5,5	-	
600	117,6	102,6	95,4	85,2	76,2	67,2	60,0	53,4	47,4	42,0	37,2	33,6	30,6	27,6	25,2	21,6	18,6	13,2	10,2	7,8	6,6	-	
1000	119,7	106,4	100,8	91,7	84,0	76,3	70,0	63,7	58,1	53,2	48,3	44,1	40,6	37,8	34,3	30,1	26,6	18,9	14,7	11,9	9,8	-	
1500	124,8	113,6	107,2	100,0	92,0	85,6	80,0	74,4	68,8	64,0	60,0	55,2	51,2	47,2	44,8	39,2	35,2	25,6	20,8	16,8	13,6	-	
2000	138,2	125,9	121,3	114,6	106,2	99,6	94,0	88,4	81,8	77,1	72,4	67,7	63,9	59,2	56,4	50,8	45,1	33,8	26,3	22,6	18,8	-	
4000	184,8	173,6	168,0	163,8	152,6	145,6	140,0	134,4	127,4	121,8	116,2	110,6	105,0	100,8	98,0	88,2	81,3	64,4	53,2	44,8	37,8	-	
6000	200,0	190,4	185,6	182,4	172,8	164,8	160	155,2	147,2	142,4	136,0	131,2	126,4	123,2	118,4	108,8	102,4	84,8	68,8	59,2	49,6	-	

TABELA Nr 10

Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych przez RLS w zależności od kątów zakrycia pozycji i wysokości lotu celu / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ /

H_c /m/	Zasięgi wykrycia /km/ obiektów powietrznych / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ / przez RLS typu JAWOR-M2 na różnych wysokościach w zależności od kątów zakrycia pozycji																					Uwagi
	$-0^{\circ}30'$	$-0^{\circ}25'$	$-0^{\circ}20'$	$-0^{\circ}15'$	$-0^{\circ}10'$	$-0^{\circ}05'$	$0^{\circ}00'$	$0^{\circ}05'$	$0^{\circ}10'$	$0^{\circ}15'$	$0^{\circ}20'$	$0^{\circ}25'$	$0^{\circ}30'$	$0^{\circ}35'$	$0^{\circ}40'$	$0^{\circ}50'$	$1^{\circ}00'$	$1^{\circ}30'$	$2^{\circ}00'$	$2^{\circ}30'$	$3^{\circ}00'$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
50	126,0	99,6	87,6	68,4	50,6	34,5	24,0	16,1	11,0	8,4	6,5	5,5	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	138,2	110,5	98,6	79,5	63,4	47,8	36,0	27,0	20,5	16,2	12,9	11,2	9,4	8,3	7,2	6,1	5,0	3,6	-	-	-	-
200	134,8	110,9	100,6	84,1	70,9	57,3	47,0	39,0	31,0	25,8	21,6	18,3	16,4	15,5	12,7	10,8	8,9	5,6	4,7	-	-	-
300	137,7	115,4	105,8	95,2	78,4	66,6	56,0	48,2	39,7	34,7	29,1	25,7	22,9	20,2	17,9	15,1	12,8	8,4	6,7	5,0	4,5	-
400	144,9	124,1	114,4	99,4	87,1	74,7	65,0	56,5	48,7	42,2	37,1	32,5	29,3	26,0	23,4	20,2	16,9	11,7	9,1	7,2	5,8	-
500	143,5	122,8	114,5	102,1	89,0	77,9	69,0	60,7	53,1	46,9	41,4	37,3	33,1	29,6	26,9	22,7	20,0	13,8	10,3	8,3	6,9	-
600	143,0	124,8	116,1	103,6	92,7	81,7	73,0	64,9	57,6	51,1	45,3	40,8	37,2	33,5	30,6	26,3	22,6	16,1	12,4	9,5	8,0	-
1000	150,0	133,7	126,7	115,3	105,6	95,9	88,0	80,1	73,0	66,9	60,7	55,4	51,0	47,5	43,1	37,8	33,4	23,8	18,5	14,9	12,3	-
1500	162,2	147,6	139,4	130,0	119,6	111,3	104,0	96,7	89,4	83,2	78,0	71,7	66,5	61,3	58,2	50,9	45,7	33,3	27,0	21,8	17,6	-
2000	188,2	171,5	165,0	156,2	144,6	135,7	128,0	120,3	111,4	104,9	98,6	92,2	87,0	80,6	76,8	69,1	61,4	46,1	35,8	30,7	25,6	-
4000	200,6	188,5	182,4	177,8	165,7	156,1	152,0	145,9	138,3	132,2	126,2	120,1	114,0	109,4	106,3	95,7	88,2	69,9	57,8	48,6	41,0	-
6000	250,0	238,0	232,0	228,0	216,0	206,0	200,0	194,0	184,0	178,0	170,0	164,0	158,0	154,0	148,0	136,0	128,0	106,0	86,0	74,0	62,0	-

TABELA Nr 1

Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych przez RLS WRT OPK dla skutecznej powierzchni odbicia $\sigma = 1 \text{ m}^2$ w zależności od kątów zakrycia, pozycji i wysokości lotu celu.

Zasięgi wykrycia celów powietrznych / $\sigma = 1 \text{ m}^2$ / przez RLS typu PRW-11 "J" /m. H/ na różnych wysokościach w zależności od kątów zakrycia pozycji																						Uwagi
H_c /m/	$-0^\circ 30'$	$-0^\circ 25'$	$-0^\circ 20'$	$-0^\circ 15'$	$-0^\circ 10'$	$-0^\circ 05'$	$0^\circ 00'$	$0^\circ 05'$	$0^\circ 10'$	$0^\circ 15'$	$0^\circ 20'$	$0^\circ 25'$	$0^\circ 30'$	$0^\circ 35'$	$0^\circ 40'$	$0^\circ 50'$	$1^\circ 00'$	$1^\circ 30'$	$2^\circ 00'$	$2^\circ 30'$	$3^\circ 00'$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
50	141,7	112,0	98,5	76,9	56,9	38,8	27,0	18,1	12,4	9,5	7,3	6,2	5,1	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-
100	130,5	104,4	93,2	75,1	59,8	45,2	34,0	25,5	19,4	15,3	12,2	10,5	8,8	7,8	6,8	5,7	4,8	-	-	-	-	-
200	120,5	99,1	89,8	75,2	65,1	51,2	42,0	34,8	27,7	23,1	19,3	16,4	14,7	13,8	11,3	9,6	7,9	5,0	4,2	-	-	-
300	123,0	103,0	94,5	85,0	70,0	59,5	50,0	42,5	35,5	31,0	26,0	23,0	20,5	18,0	16,0	13,5	11,5	7,5	6,0	4,5	4,0	4,0
400	122,6	105,0	96,8	84,1	73,7	63,2	55,0	47,9	41,3	35	31,4	27,5	24,8	22,0	19,8	17,0	14,3	9,9	7,7	6,1	5,0	5,0
500	122,7	105,0	97,9	87,3	76,1	66,6	59,0	51,9	45,4	40,1	35,4	31,8	28,4	25,4	23,0	19,5	17,1	11,8	8,8	7,0	5,9	5,9
600	121,5	106,0	98,6	88,0	78,7	69,4	62,0	55,2	49,0	43,4	38,4	34,7	31,6	28,5	26,0	22,3	19,2	13,6	10,5	8,0	6,8	6,8
1000	147,0	130,7	123,8	112,6	103,2	93,7	86,0	78,3	71,4	65,4	59,3	54,2	49,9	46,4	42,1	37,0	32,7	23,2	18,1	14,6	12,0	12,0
1500	156,0	142,0	134,0	125,0	115,0	107,0	100,0 ^x	93,0	86,0	80,0	75,0	69,0	64,0	59,0	56,0	49,0	44,0	32,0	26,0	21,0	17,0	17,0
2000	155,8	142,1	136,7	129,3	119,7	112,3	106,0 ^x	99,6	92,2	86,9	81,6	76,3	72,1	66,8	63,6	57,2	50,9	38,2	29,7	25,4	21,2	21,2

TABELA Nr 12

Zasięgi wykrywania obiektów powietrznych przez RLS w zależności od kątów zakrycia pozycji i wysokości lotu celu $\sigma = 1 \text{ m}^2$.

Zasięgi wykrycia /km/ obiektów powietrznych $\sigma = 1 \text{ m}^2$ przez RLS typu PRW-9A na różnych wysokościach w zależności od kątów zakrycia pozycji

H_c /m/	α°																					Uwagi
	-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'	1°30'	2°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	21	22	23
50																						
100	84,5	67,5	60,3	48,6	38,7	29,3	22,0	16,5	12,6	9,9	7,9	6,8	5,7	5,0	4,4	-	-	-	-	-	-	-
200	80,4	66,1	59,9	50,1	42,3	34,2	28,0	23,2	18,5	15,4	12,9	11,0	9,8	9,2	7,6	6,4	5,3	3,4	-	-	-	-
300	83,6	70,0	64,3	57,8	47,6	40,5	34,0	28,9	24,1	21,1	17,7	15,6	13,9	12,2	10,9	9,2	7,8	5,1	4,1	-	-	-
400	84,7	72,6	66,8	58,1	50,9	43,7	38,0	33,1	28,5	24,7	21,7	19,0	17,1	15,2	13,7	11,8	9,9	6,8	5,3	4,2	-	-
500	93,6	80,1	74,7	66,6	58,1	50,8	45,0	39,6	34,7	30,6	27,0	24,3	21,6	19,4	17,6	14,9	13,1	9,0	6,8	5,4	4,5	-
600	98,0	85,5	79,5	71,0	63,5	56,0	50,0	44,5	39,6	35,0	31,0	28,0	25,5	23,0	21,0	18,0	15,5	11,0	8,5	6,5	5,5	-
1000	106,0	94,2	89,3	81,2	74,4	67,6	62,0	56,4	51,5	47,1	42,8	39,1	36,0	33,5	30,4	26,7	23,6	16,7	13,0	10,5	8,7	-
1500	109,2	99,4	93,8	87,5	80,5	74,9	70,0	65,1	60,2	56,0	52,5	48,3	44,8	41,3	39,2	34,3	30,8	22,4	18,2	14,7	11,9	-
2000	120,5	109,8	105,8	100,0	92,6	86,9	82,0	77,1	71,3	67,3	63,1	59,0	55,8	51,7	49,2	44,3	39,4	29,5	23,0	19,7	16,4	-
4000	145,2	136,4	132,0	128,7	119,9	114,4	110,0	105,4	100,1	95,7	91,3	86,9	82,5	79,2	77,0	69,3	63,8	50,6	41,8	35,2	29,7	-
6000	162,5	154,7	150,8	148,2	140,4	133,9	130,0	126,0	119,6	115,7	110,5	106,6	102,7	100,0	96,2	88,4	83,2	68,9	55,9	48,1	40,3	-