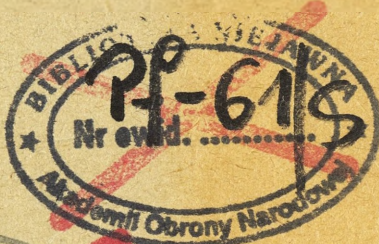


DANES-PICTA .COM

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH



POUFNE

Egz. Nr 1

JAWNE



Płk Roman KULCZYCKI
Ppłk Ryszard BLOMKA

WPLYW PARAMETRÓW STACJI RADIOLOKACYJNYCH i KONFIGURACJI TERENU NA CIĄGŁOŚĆ POŁA RADIOLOKACYJNEGO NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH

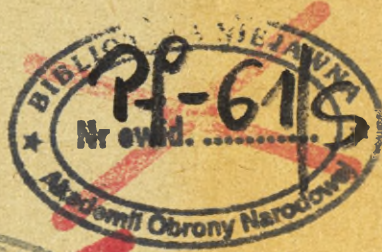


62532



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH



POUFNE

Egz. Nr 1

JAWNE



Płk Roman KULCZYCKI
Ppłk Ryszard BLOMKA

**WPŁYW PARAMETRÓW STACJI RADIOLOKACYJNYCH
i KONFIGURACJI TERENU NA CIĄGŁOŚĆ POLA
RADIOLOKACYJNEGO NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH**



62532

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

*Przebieg jawne. Zodd. pol. puuch 828
2 dn 20070228 Anna Kotelec*



POUFNE

Egz. 1

JAWNE

plk Roman KULCZYCKI
ppłk Ryszard BŁONKA



WPLYW PARAMETRÓW STACJI RADIOLOKACYJNYCH
I KONFIGURACJI TERENU NA CIĄGŁOŚĆ POLA
RADIOLOKACYJNEGO NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH



*~~POUFNE~~
24. 01. 2003 Jan Kuchnowski*



- 2 -

SPIS TREŚCI

	Str.
WSTĘP	3
1. CHARAKTERYSTYKA STACJI RADIOLOKACYJNYCH PRZEZNACZONYCH DO WYKRYWANIA, ROZPOZNANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW /CELÓW/ POWIETRZNYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH	6
1.1. Stacje radiolokacyjne zakresu centymetrowego	7
1.2. Stacje radiolokacyjne zakresu decymetrowego	11
1.3. Stacje radiolokacyjne zakresu metrowego	14
2. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA MOŻLIWOŚCI BOJOWE STACJI RADIOLOKACYJNYCH WYKORZYSTYWANYCH DO ORGANIZACJI POLA RADIOLOKACYJNEGO NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH	18
2.1. Wpływ parametrów taktyczno-technicznych na odległość wykrywania	18
2.2. Wpływ zakłóceń radiolokacyjnych	38
2.3. Wpływ wysokości zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej	46
2.4. Wpływ kąta nachylenia elektronicznej osi anteny stacji radiolokacyjnej	51
2.5. Wpływ rodzajów pracy stacji radiolokacyjnej	54
2.6. Wpływ warunków terenowych oraz rzeźby terenu	55
3. PRZEDSIĘWZIĘCIA ZWIĘKSZAJĄCE MOŻLIWOŚCI STACJI RADIOLOKACYJNYCH W ZAKRESIE WYKRYWANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW /CELÓW/ NISKO LECĄCYCH	72
3.1. Wybór pozycji na rozwinięcie stacji radiolokacyjnych	72
3.2. Prognozowanie możliwości bojowych stacji radiolokacyjnych rozwiniętych na pozycji posterunku radiolokacyjnego	74
3.3. Obliczanie strefy wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach	76
3.4. Przedsięwzięcia organizacyjno-techniczne stosowane w wojskach radiotechnicznych zabezpieczające wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ nisko lecących	84
4. MODELOWANIE POLA RADIOLOKACYJNEGO NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH	87
4.1. Projekt technologiczny programu	88
LITERATURA	105
<u>ZAŁĄCZNIKI:</u>	
Nr-1 - Program /dyskietka/ - /JAWNE/ Nr. 15 i 16 rej. RWD 32/21	
Nr-2 - Instrukcja programu - /JAWNE/	
Nr-3 - Przykład testujący program /dyskietka/ - /JAWNE/	

WSTĘP

W związku z wysoką efektywnością obrony przeciwlotniczej na średnich i dużych wysokościach, w ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się środkom napadu powietrznego wykonującym zadania bojowe na małych wysokościach.

Małe wysokości stanowią szczególny problem wojsk radiotechnicznych, ponieważ zasięg wykrywania celów i dokładność określania współrzędnych przez środki radiolokacyjne na małych wysokościach znacznie pogarsza się, a niekiedy wykrycie jest wręcz niemożliwe.

Czas przebywania celów w polu radiolokacyjnym na małych wysokościach znacznie skraca się, co szczególnie utrudnia wykrycie i śledzenie celów nisko lecących.

Na małych wysokościach lotu obniżają się właściwości manewrowe i prędkościowe lotnictwa myśliwskiego, co w znacznym stopniu utrudnia naprowadzanie ich na cele nisko lecące. Pogarszają się warunki wykrywania i śledzenia celów przez pokładową aparaturę radiolokacyjną samolotów myśliwskich oraz występuje szereg innych trudności technicznych związanych z bliskością powierzchni ziemi.

Ogólnie stwierdzony jest fakt, że na małych wysokościach w znacznym stopniu pogarszają się możliwości zarówno sprzętu radiolokacyjnego, jak i aktywnych środków obrony powietrznej kraju.

Uwzględniając trudności zorganizowania efektywnej obrony przeciwlotniczej na małych wysokościach, dokonuje się całego szeregu prac i przedsięwzięć w modernizacji istniejących środków, wprowadzaniu nowego sprzętu radiolokacyjnego i jego automatyzacji.

W związku z powyższym wskazane jest wyjaśnienie właściwości wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, określenie możliwości istniejącego w wyposażeniu wojsk radiotechnicznych sprzętu radiolokacyjnego a mającego wpływ na ciągłość pola radiolokacyjnego na małych wysokościach.

Obecnie występujące w wyposażeniu wojsk radiotechnicznych stacje radiolokacyjne posiadają najlepsze osiągnięcia na wysokościach średnich i dużych oraz częściowo stratosferycznych, natomiast na wysokościach małych legitymują się one niewielkimi /niewystarczającymi/ zasięgami wykrywania.

Jednym z 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 umożliwiłyby organizację ciągłego pola radiolokacyjnego na tych wysokościach.

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

Niezależnie od tego, wskazane jest poszukiwanie metod i sposobów w celu wykorzystania w stopniu najwyższym możliwości i właściwości stacji radiolokacyjnych przeznaczonych do wykrywania i śledzenia środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na małych wysokościach a znajdujących się w wyposażeniu wojsk radiotechnicznych.

Problemy te stanowią główny cel niniejszego opracowania, są one obwarowane szeregiem właściwości i czynników, które wymagają pewnego uporządkowania i właściwego naświetlenia.

Rozdział pierwszy obejmuje charakterystykę poszczególnych typów stacji zakresu centymetrowego, decymetrowego i metrowego oraz analizę ich możliwości w zakresie wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach. Natomiast rozdział drugi zawiera analizę czynników, właściwości i warunków, które bezpośrednio wpływają na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.

W trzecim rozdziale przedstawiono przedsięwzięcia zwiększające możliwości stacji radiolokacyjnych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ niskolecących.

Część czwarta zawiera z kolei modelowanie pola radiolokacyjnego na małych wysokościach.

1. CHARAKTERYSTYKA STACJI RADIOLOKACYJNYCH PRZEZNACZONYCH DO WYKRYWANIA, ROZPOZNANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW /CELÓW/ POWIETRZNYCH NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH

Do wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, wojska radiotechniczne OPK wykorzystują stacje radiolokacyjne zakresu centymetrowego, decymetrowego i metrowego. Stacje te wykorzystywane są w odpowiednio zorganizowanym systemie radiolokacyjnym. W skład tego systemu wchodzi ugrupowanie bojowe wojsk radiotechnicznych, system zbierania, przetwarzania, przekazywania i zobrazowania informacji radiolokacyjnej, system dowodzenia i łączności.

Podstawą systemu radiolokacyjnego są rozwinięte w terenie stacje radiolokacyjne znajdujące się w pododdziałach wojsk radiotechnicznych. Odpowiednie ugrupowanie pododdziałów radiotechnicznych w rejonie obrony wojsk ma na celu utworzenie pola radiolokacyjnego o wymaganych paramaterach dla wykonania stawianych przed ugrupowaniem zadań bojowych.

Polem radiolokacyjnym nazywamy przestrzeń powietrzną, w której granicach pracujące stacje radiolokacyjne zapewniają wykrywanie, śledzenie i określanie charakterystyk obiektów /celów/ powietrznych z prawdopodobieństwem nie mniejszym niż ustalone.

Granice pola radiolokacyjnego w przestrzeni wyznacza się dla obiektu powietrznego o skutecznej powierzchni odbicia równej 1 m^2 .

Struktura i wymiary przestrzenne pola radiolokacyjnego zależą od ugrupowania bojowego, składu i charakterystyk taktyczno-technicznych środków radiolokacyjnych.

1.1. Stacje radiolokacyjne zakresu centymetrowego

Do organizacji ciągłego pola radiolokacyjnego na małych wysokościach mogą być wykorzystywane będące aktualnie na wyposażeniu wojsk radiolokacyjnych OPK stacje radiolokacyjne zakresu centymetrowego typu 5N87^x, P-37, P-40 i RT-17 "NAREW" nazywane odległościomierzami radiolokacyjnymi gdyż stacjami tymi można określać dwie współrzędne /azymut i odległość/ oraz PRW-16, PRW-11, PRW-9 i RW-31 "NIDA" nazywane wysokościami radiolokacyjnymi gdyż stacjami tymi można określać wysokość lotu obiektów /celów/ powietrznych.

Dane taktyczno-techniczne wymienionych typów stacji radiolokacyjnych ilustruje tabela 1 oraz wykresy na rys. 1,2, 3,4.

Jak wynika z przytoczonych danych są one przeznaczone do wykrywania, rozpoznanie 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 /RT-17, "NAREW", RW-31 "NIDA", PRW-13/ oraz przystosowane do pracy w zakresie wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach /PRW-11/.

Odległościomierze radiolokacyjne 5N87, 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.

x

5N87 jest radiolokacyjnym kompleksem składającym się z dwóch odległościomierzy, dwóch wysokościami i innych urządzeń, może występować pod mianem K-66.

TABELA 1

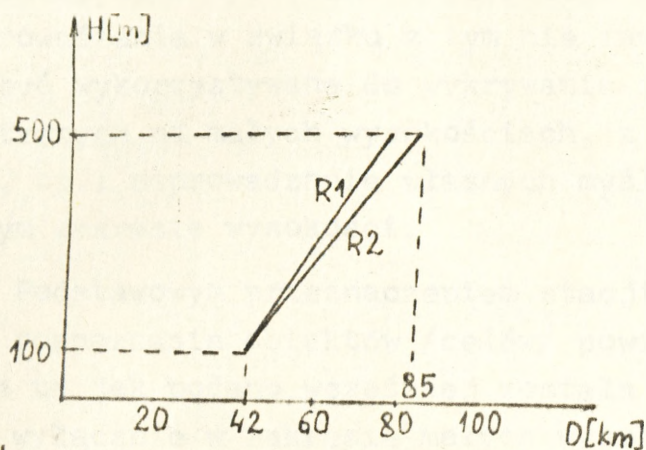
DANE TAKTYCZNO-TECHNICZNE STACJI RADIOLOKACYJNYCH
ZAKRESU CENTYMETROWEGO

Typ RLS	ODLEGŁOŚĆ WYKRYWANIA RLS NA WYSOKOŚCIACH W m										ROZBŹNIAL- NOSC W ODLE- GŁOŚCI /W km/	ROZBŹNIAL- NOSC W AZYMU /W STOP- NIACH/	DOKŁADNOŚĆ OKRESIANIA ODLEG./W km/	DOKŁAD. OKRESL. AZYMU /W STOPNIACH/	GÓRNY PUŁAP WYKRYWANIA /W m/		
	100	200	300	500	1000	2000	3000	5000	8000	10000						20000	25000
5N87	40	45	50	65	100	140	170	240	280	320	330	330	330	330	± 1	± 0,8	54000
P-37	30	35	40	50	80	120	130	150	160	180	-	-	-	-	± 0,5	± 0,5	25000
P-40	40	50	60	80	100	140	170	200	210	220	220	220	220	220	± 2,7	± 3	30000
PR-17	50	65	70	90	100	120	-	-	-	-	-	-	-	-	± 0,3	± 1,5	1500
PRW-13	50	63	73	95	120	150	-	-	-	-	-	-	-	-	± 1	± 1	2500
PRW-11	35	40	50	60	90	110	-	-	-	-	-	-	-	-	± 1	± 1	1500
PRW-31	40	50	65	85	110	140	-	-	-	-	-	-	-	-	± 1	± 2	2500

UWAGA: 1. Tabelę zestawiono na podstawie danych zawartych w "Informatorze sprzętu radiolokacji i automatyzacji". Sygn.OPK 945/83.

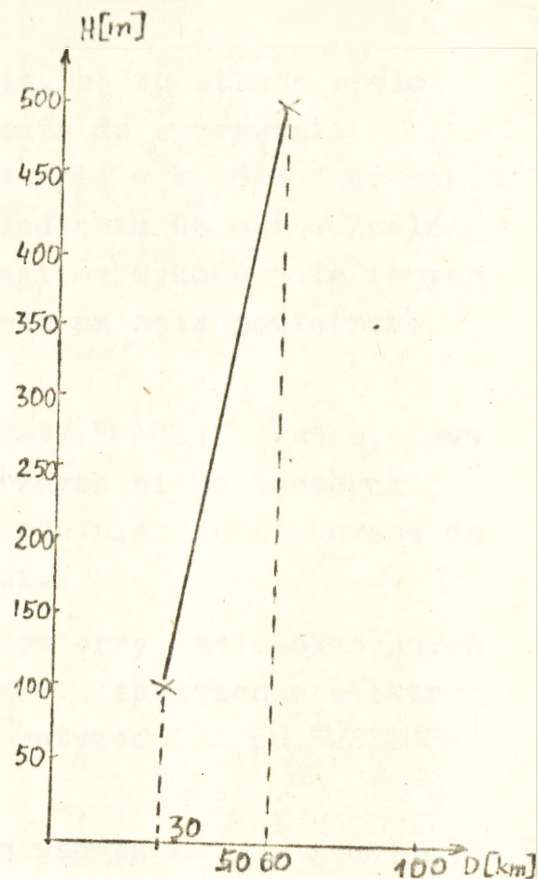
2. Dane zawarte w tabeli odpowiadają odległości wykrywania pojedynczego obiektu /celu/ powietrznego o skutecznej powierzchni odbicia $\sigma = 1-5 \text{ m}^2$.

Charakterystyki wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach przez RLS 5N87-rys.1, P-37 - rys.2, P-40 - rys.3, RT-17 "NAREW" - rys.4.

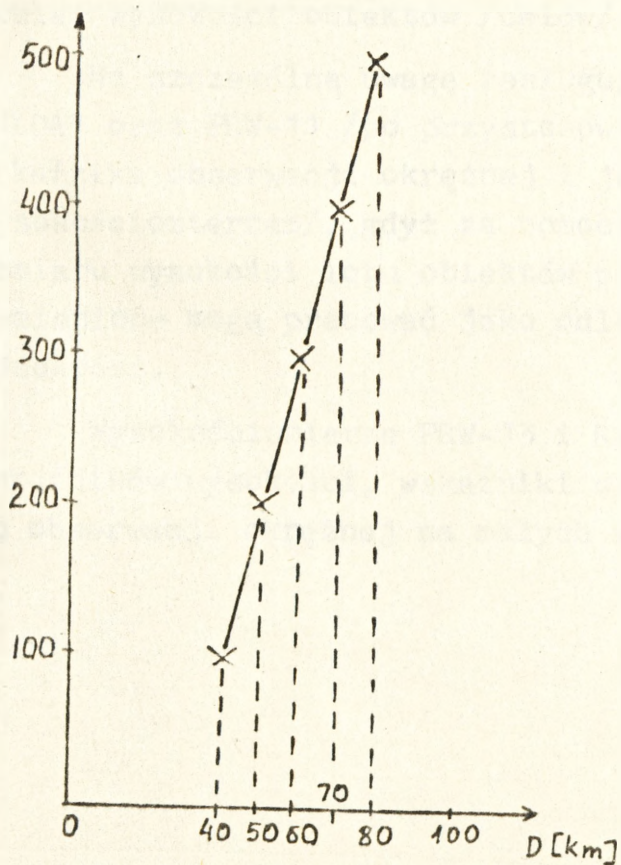


Uwaga:
Reżim - R1 - różny kąt
R2 - jednokowy kąt

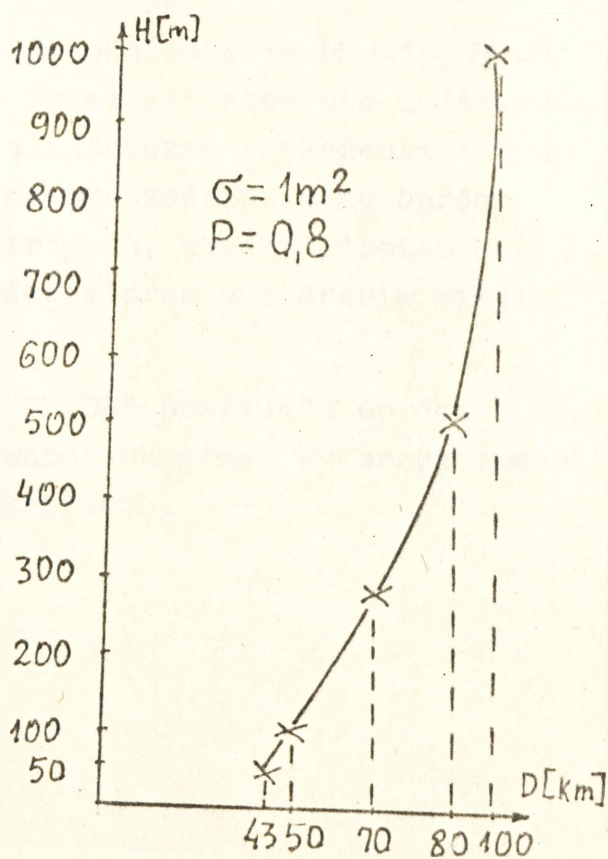
Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.



Rys. 4.

Jak wynika z powyższego przeznaczenia, są to stacje wielozadaniowe, wykorzystywane w pierwszym rzędzie do wykrywania i naprowadzania w związku z tym nie zawsze /nie w każdych warunkach/ mogą być wykorzystywane do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach, z uwagi na wykonywanie innych zadań, np.: naprowadzanie własnych myśliwców na cele powietrzne w innym zakresie wysokości.

Podstawowym przeznaczeniem stacji RT-17 "NAREW" jest wykrywanie i rozpoznanie obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących. Stacja ta jak podano wcześniej została specjalnie skonstruowana do pracy wyłącznie w zakresie małych wysokości.

Podstawowym przeznaczeniem wysokościomierzy radiolokacyjnych jest pomiar wysokości przy ścisłej współpracy /sprzężenie elektryczne/ z odległościomierzami i obiektami automatyzacji typu "WOZDUCH" i "DUNAJEC".

Wysokościomierze PRW-16 i PRW-9 mogą współpracować z odległościomierzami wszystkich typów, ich podstawowe przeznaczenie to pomiar wysokości obiektów /celów/ szczególnie nisko lecących.

Na szczególną uwagę zasługują wysokościomierze PRW-13, RW-31 "NIDA" oraz PRW-11 /po przystosowaniu przez zamontowanie dodatkowego wskaźnika obserwacji okrężnej i jego elektryczne sprzężenie z tym wysokościomierzem/, gdyż za pomocą tych wysokościomierzy oprócz pomiaru wysokości lotu obiektów powietrznych, wysokościomierze wymienione mogą pracować jako odległościomierze w zakresie małych wysokości.

Wysokościomierze PRW-13 i RW-31 "NIDA" posiadają oprócz wskaźników wysokości, wskaźniki obserwacji okrężnej wykorzystywane do obserwacji okrężnej na małych wysokościach.

1.2. Stacje radiolokacyjne zakresu decymetrowego

Stacjami radiolokacyjnymi zakresu decymetrowego, które mogą być wykorzystane do organizacji pola radiolokacyjnego na małych wysokościach są odległościomierze typu JAWOR-M2M, JAWOR-M2P, JAWOR-M2ML, NUR-31/32/ oraz P-15 i jej modyfikacje M i N.

Dane taktyczno-techniczne wymienionych typów stacji radiolokacyjnych ilustruje tabela nr 2 oraz wykresy na rys. 5,6,7,8.

Stacje te za wyjątkiem stacji P-15 i jej modyfikacji są przeznaczone do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych i średnich wysokościach. Stacja P-15 i P-15M na małych i średnich wysokościach natomiast P-15N tylko na małych wysokościach. Stacja P-15N jest 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 15m, 20 m, 31,5 m, 45 m.

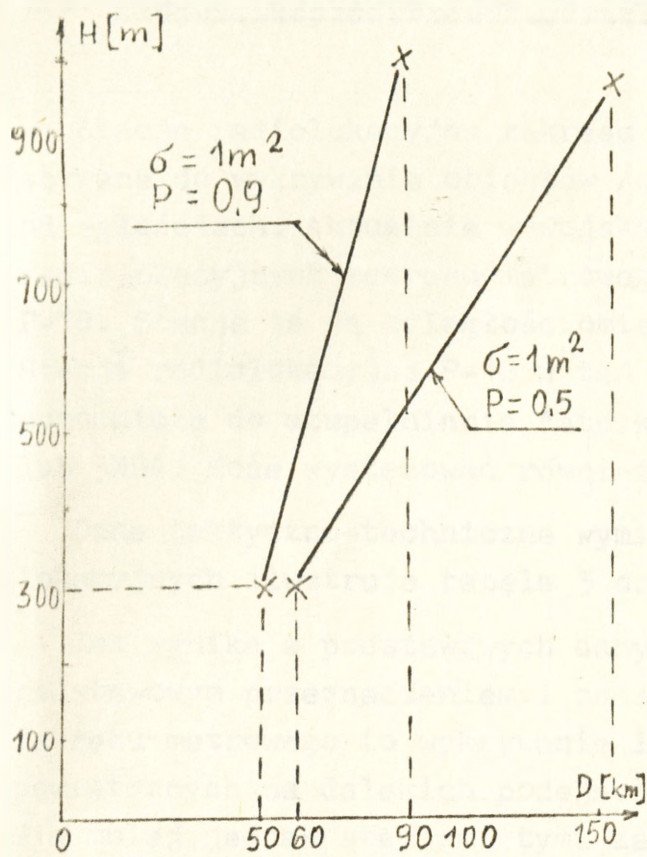
DANE TAKTYCZNO-TECHNICZNE STACJI RADIOLOKACYJNYCH
ZAKRESU DECYMETROWEGO

TYP RLS	ODLEGŁOŚĆ WYKRYWANIA RLS NA WYSOKOŚCIACH												ROZBŹNIAŁOŚĆ W ODLEGŁOŚCI /W km/	ROZBŹNIAŁOŚĆ W AZYMUCIE /W STOPNIACH/	DOKŁADNOŚĆ OKREŚLANIA ODLE- GŁOŚCI /W km/	DOKŁADNOŚĆ OKREŚLANIA AZY- MUTU /W STOP- NIACH/	GÓRNY PUŁAP WYKRYWANIA /W m/
	100	200	300	500	1000	2000	3000	5000	10000	20000	25000	30000					
JAWOR-M2M	40	50	60	70	110	130	150	170	210	230	230	230	1,5	2	±0,6	± 1	35000
JAWOR-M2P	50	55	70	80	120	180	240	270	270	350	370	370	1,5	1,5	±0,6	±0,5	34000
JAWOR- -M2ML	40	50	55	60	100	130	150	170	210	230	230	230	1,5	2	±0,6	± 1	35000
NUR-31	30	40	50	70	90	110	130	155	160	160	-	-	0,15	3-3,5	±0,3	±0,6	27000
NUR-32	30	45	60	80	110	120	150	180	180	180	-	-	0,15	3-3,5	±0,3	±0,6	28000
P-15N	45	55	70	90	110	-	-	-	-	-	-	-	2,5	8	± 2	± 2	1500

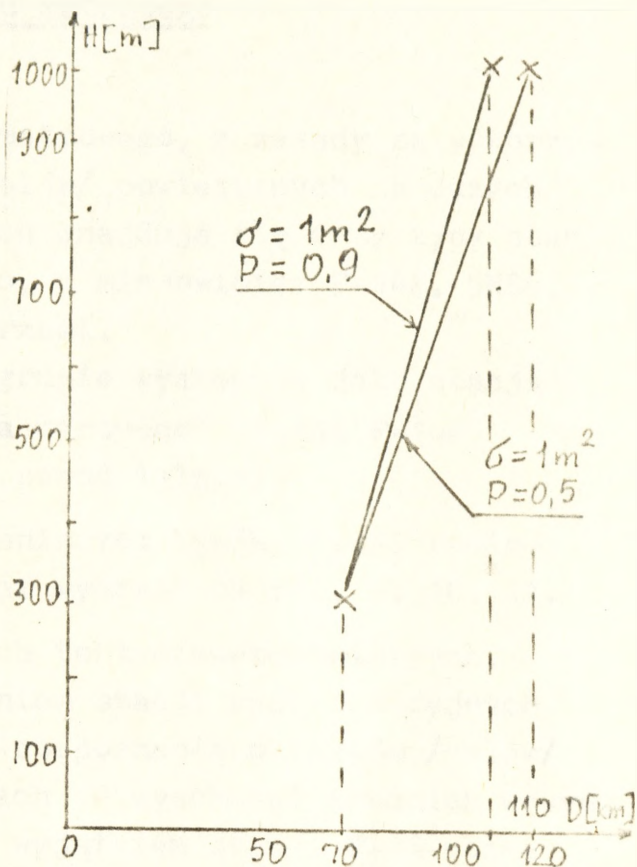
UWAGA: 1. Tabelę zestawiono na podstawie danych zeartycznych w "Informatorze sprzętu radiolokacji i automatyzacji". Sygn.OPK 945/83.

2. Dane zawarte w tabeli odpowiadają odległości wykrywania pojedynczego obiektu /celu/ powietrznego o powierzchni odbicia $\sigma = 1-5 \text{ m}^2$

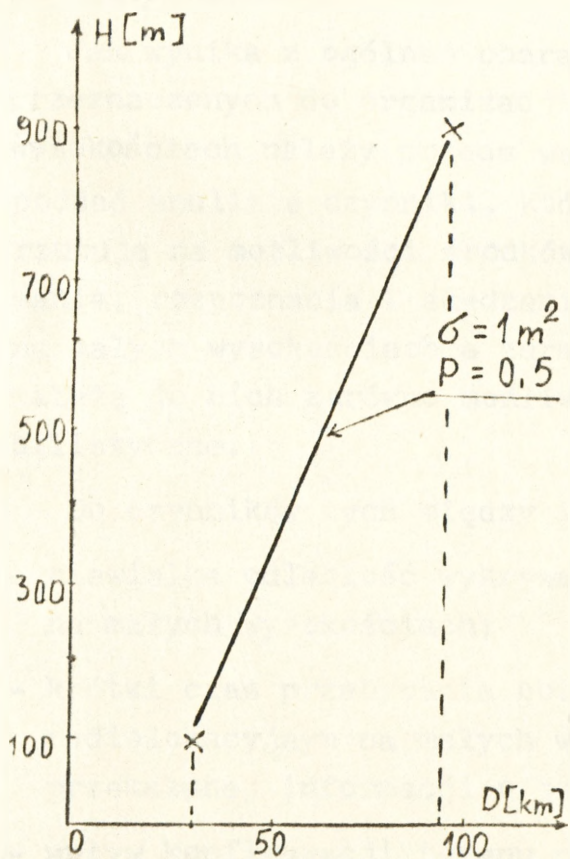
Charakterystyki wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach przez RLS JAWOR-M2M - rys.5, JAWOR-M2P-rys.6, NUR-31/32/ - rys.7, P-15N - rys.8.



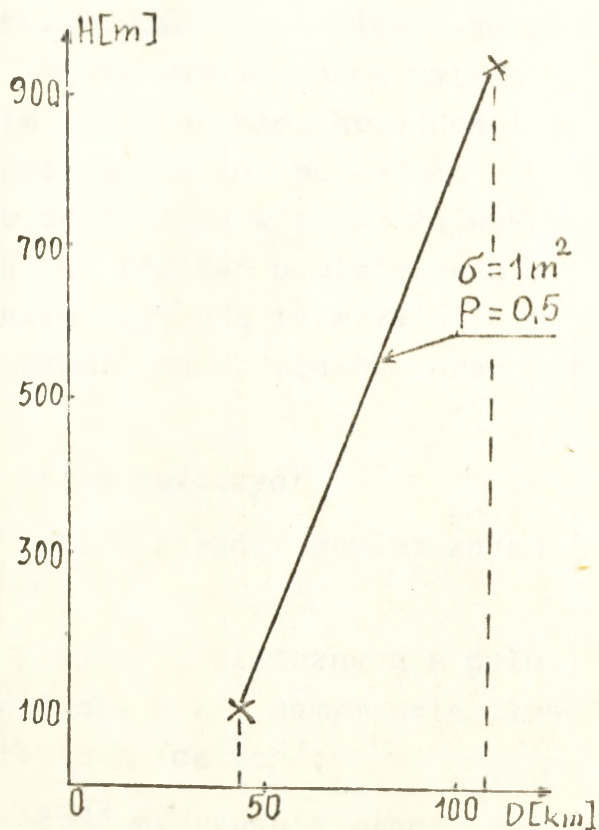
Rys.5.



Rys.6.



Rys.7.



Rys.8.

1.3. Stacje radiolokacyjne zakresu metrowego

Stacje radiolokacyjne zakresu metrowego, z zasady są wykorzystywane do wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na dużych odległościach. Aktualnie w wojskach znajdują się trzy typy stacji radiolokacyjnych zakresu metrowego, a mianowicie: P-14F, 5N84, P-18. Stacje te są odległościomierzami.

Stacja radiolokacyjna P-18 w tej grupie występuje jako stacja pomocnicza do uzupełniania "stożka martwego" stacji P-14F lub 5N84. Może występować również samodzielnie.

Dane taktyczno-techniczne wymienionych typów stacji radiolokacyjnych ilustruje tabela 3 oraz wykresy na rys. 9, 10, 11.

Jak wynika z podstawowych danych taktyczno-technicznych, podstawowym przeznaczeniem i zadaniem stacji radiolokacyjnych zakresu metrowego to wykrywanie i rozpoznanie obiektów /celów/ powietrznych na dalekich podejściach od wysokości średnich wzwyż. Nie mniej jednak stacjami tymi za wyjątkiem stacji P-18 można wykrywać obiekty /cele/ powietrzne nisko lecące na znacznych odległościach.

Jak wynika z ogólnej charakterystyki stacji radiolokacyjnych przeznaczonych do organizacji pola radiolokacyjnego na małych wysokościach należy przede wszystkim i w pierwszej kolejności poddać analizie czynniki, 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 parabolistyczne.

Do czynników tych między innymi można zaliczyć:

- niewielka odległość wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach;
- krótki czas przebywania obiektów /celów/ powietrznych w polu radiolokacyjnym na małych wysokościach, a tym samym mała ilość przekazanej informacji o tych obiektach /celach/;
- wpływ konfiguracji terenu na odległość wykrywania stacji radiolokacyjnych /w tym wpływ na pracę stacji radiolokacyjnych odbić od przedmiotów terenowych-miejscowych/;

- wpływ zakłóceń radioelektronicznych na zasięg wykrywania;
- mała dokładność pomiaru wysokości celu nisko lecącego;
- ograniczone możliwości naprowadzania lotnictwa myśliwskiego oraz zabezpieczenia działań bojowych wojsk raketowych.

Biorąc powyższe za podstawę należy szukać rozwiązań technicznych i taktycznych, pozwalających wykorzystać możliwości poszczególnych stacji radiolokacyjnych do wykrywania, rozpoznania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach.

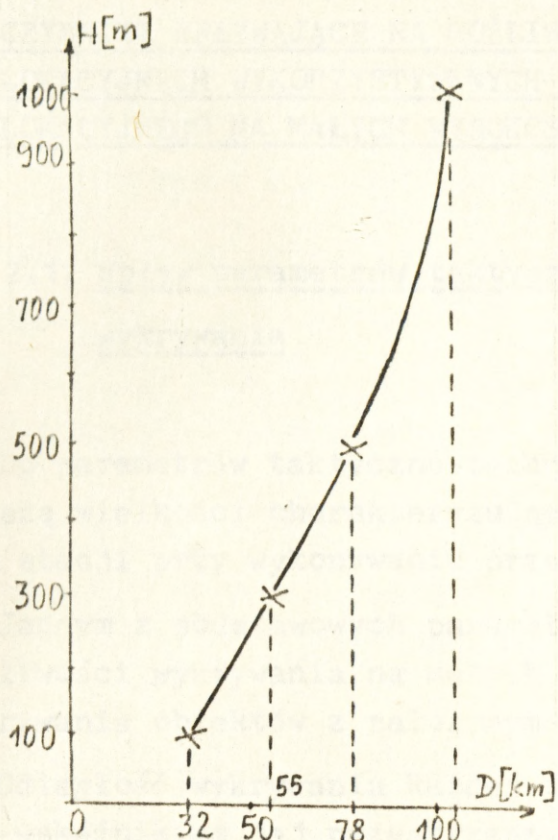
DANE TAKTYCZNO-TECHNICZNE STACJI RADIOLOKACYJNYCH
ZAKRESU METROWEGO

TYP RLS	ODLEGŁOŚĆ WYKRYWANIA RLS NA WYSOKOŚCIACH										ROZROZNIALNOŚĆ W ODLEGŁOŚCI /W km/	ROZROZNIALNOŚĆ W AZYMUCIE /W STOPNIACH/	DOKŁADNOŚĆ OKRESLANIA ODLEGŁOŚCI/W km	DOKŁADNOŚĆ OKRESLANIA AZY- MUTU /W STOP./	GÓRNY PUŁAP WYKRYWANIA /W m/			
	100	200	300	500	1000	2000	3000	5000	8000	10000						20000	25000	30000
P-14F	35	48	60	80	120	140	180	230	260	300	340	400	450	3,5	8	±1,5	±1,5	45000
5N84	30	45	60	80	105	135	175	230	260	300	400	400	400	3,5	8	±1,2	±1,2	35000
P-18	30	40	50	60	80	125	170	210	230	250	260	260	260	2	8	±1,8	± 1	33000

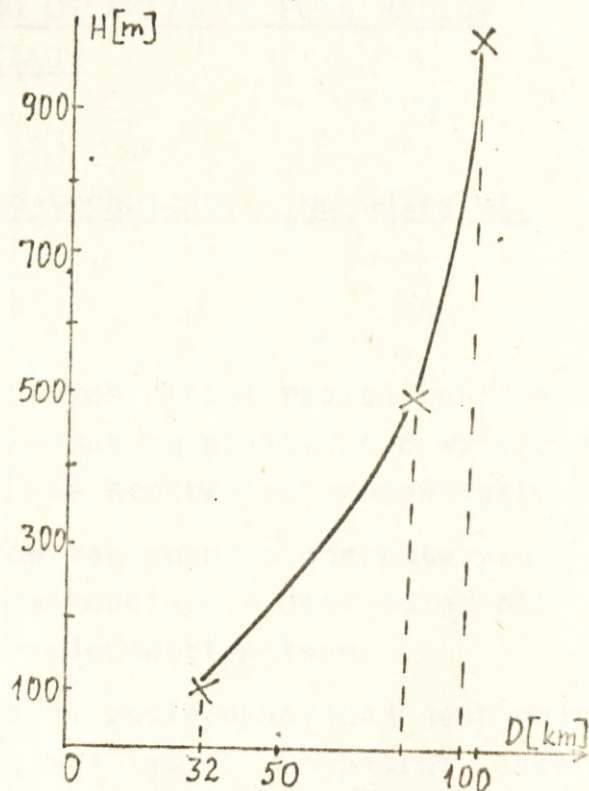
UWAGA: 1. Tabelę zestawiono na podstawie danych zawartych w "Informatorze sprzętu radiolokacji i automatyzacji". Sygn.OPK 945/83.

2. Dane zawarte w tabeli odpowiadają odległości wykrywania pojedynczego obiektu /celu/ powietrznego o skutecznej powierzchni odbicia $\sigma = 1-5 \text{ m}^2$.

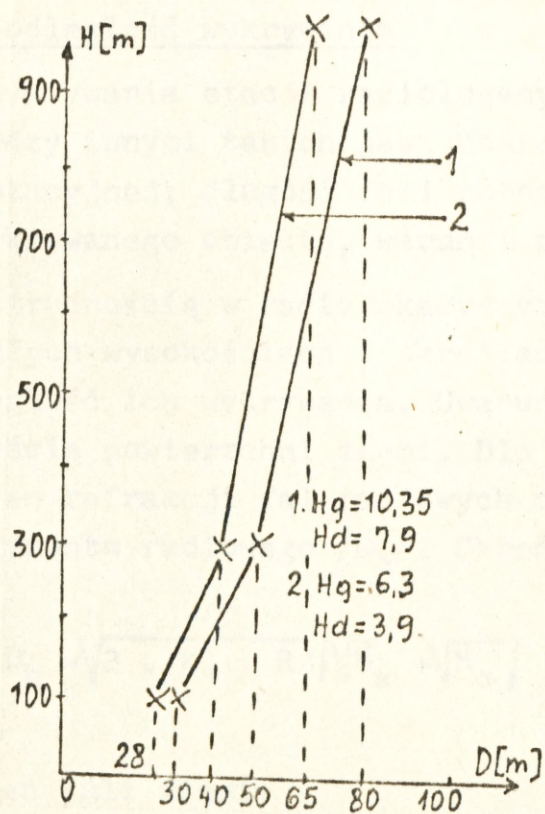
Charakterystyki wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach przez RLS P-14F - rys.9, 5N84 - rys.10, P-18 - rys.11.



Rys.9.



Rys.10.



Rys.11.

2. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA MOŻLIWOŚCI BOJOWE STACJI RADIO- LOKACYJNYCH WYKORZYSTYWANYCH DO ORGANIZACJI POŁA RADIO- LOKACYJNEGO NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH

2.1. Wpływ parametrów taktyczno-technicznych na odległość wykrywania

Do parametrów taktyczno-technicznych stacji radiolokacyjnych należą wielkości charakteryzujące wymaganą efektywność wykorzystania stacji przy wykonywaniu przez nie konkretnych zadań taktycznych

Jednym z podstawowych parametrów taktycznych charakteryzujących możliwości wykrywania na małych wysokościach - jest odległość wykrywania obiektów z założonym prawdopodobieństwem.

Odległość wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej jest podstawowym wskaźnikiem jej przestrzennych możliwości. Rozpatrzmy zatem według jakiego kryterium określona jest maksymalna odległość wykrywania.

Maksymalna odległość wykrywania

Odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej zależy od wielu czynników, między innymi takich jak: charakterystyka energetyczna stacji radiolokacyjnej; długość fali roboczej, skuteczna powierzchnia odbicia wykrywanego obiektu, warunki propagacji fal radiowych.

Zasadniczą trudnością w radiolokacyjnym rozpoznaniu obiektów lecących na małych wysokościach i określaniu ich charakterystyk jest mała odległość ich wykrywania. Uwarunkowana ona jest między innymi kulistością powierzchni ziemi. Dla normalnej atmosfery z uwzględnieniem refrakcji fal radiowych odległość ta równa się odległości horyzontu radiowego $/D_h/$. Określić ją można za pomocą wzoru:

$$D_h = \sqrt{2 \cdot k_1 \cdot R \cdot (\sqrt{H_a} + \sqrt{H_o})} \quad //$$

gdzie:

R - promień kuli ziemi;

k_1 - współczynnik wyrażający stosunek równoważnego promienia kuli ziemskiej do promienia rzeczywistego /dla refrakcji normalnej atmosfery $k_1 \approx \frac{4}{3}$ /;

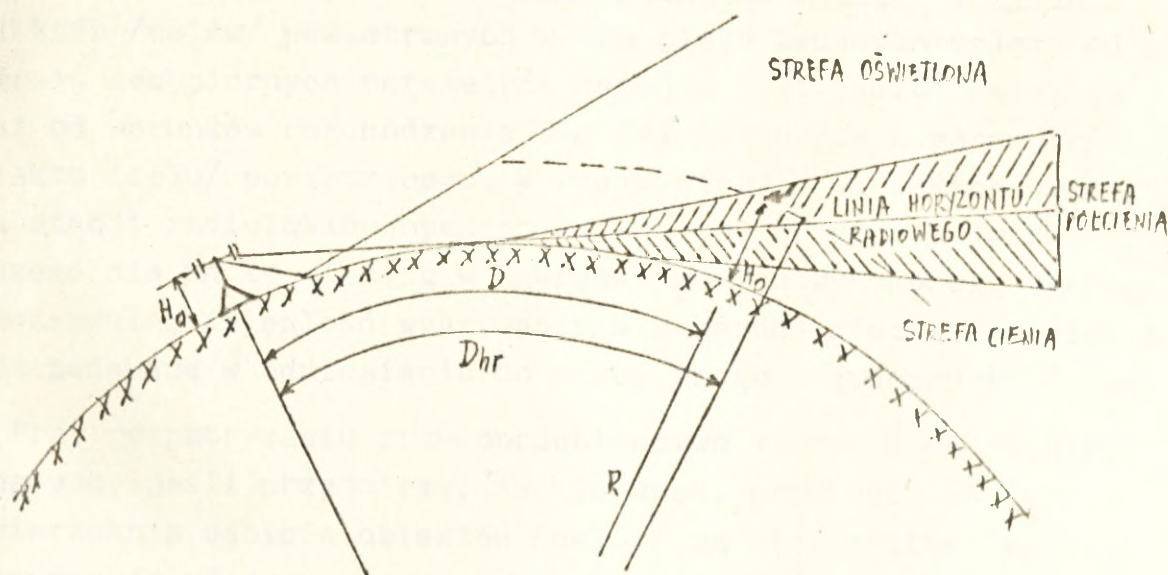
h_a - bezwzględna wysokość elektrycznego centrum anteny stacji radiolokacyjnej;

h_o - bezwzględna wysokość lotu obiektu.

Podstawiając do wzoru /1/ wartość współczynnika $k_1 \approx \frac{4}{3}$ i przyjmując promień kuli ziemskiej $R+6370$ km, a wartości H_a i H_o podając w metrach, otrzymuje się zależność na określenie odległości zasięgu horyzontalnego /w kilometrach/

$$D_n = 4.12 / \sqrt{H_a} + \sqrt{H_o} / \quad /2/$$

Odległość horyzontu radiowego stanowi dla stacji radiolokacyjnej graniczny zasięg wykrywania /rys.12/



Rys.12. Wpływ krzywizny ziemi na odległość wykrycia obiektu powietrznego

Poza tym należy brać pod uwagę to, że odległość wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej jest ustalona wymogami taktycznymi i technicznymi. Może być ona obliczona za pomocą podstawowego równania radiolokacji:

$$D_{\text{maks}} = \sqrt[4]{\frac{P_i \cdot G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{4\pi / 3 \cdot P_{\text{odb.min.}}}} \quad /3/$$

gdzie:

- D_{maks} - maksymalna odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej;
- P_i - moc nadajnika w impulsie;
- λ - długość fali roboczej;
- $P_{\text{odb.min.}}$ - minimalna moc sygnału, odbitego od obiektu powietrznego, odbierana przez odbiornik /czułość odbiornika/;
- G - zysk anteny;
- σ - skuteczna powierzchnia odbijająca obiektu powietrznego;
- 4π - współczynnik.

Z równania /3/ wynika, że maksymalna odległość wykrywania obiektów /celów/ powietrznych w tym nisko lecących zależy od szeregu technicznych parametrów samej stacji radiolokacyjnej oraz od warunków rozchodzenia się fal radiowych i parametrów obiektu /celu/ powietrznego. W rzeczywistych warunkach wykorzystania stacji radiolokacyjnych podlegają one przypadkowym zmianom - szczególnie na to miejsce w zakresie małych wysokości. Dlatego też i maksymalna odległość wykrywania dla każdej stacji radiolokacyjnej jest podawana w odniesieniu do określonego prawdopodobieństwa.

Przy rozpatrywaniu prawdopodobieństwa wykrycia celów nisko lecących, jeśli przyjmiemy, że kierunek, prędkość, skuteczna powierzchnia odbicia obiektów /celów/ są wielkościami stałymi oraz sposób zdejmowania danych o obiektach /celach/ i rodzaj pracy stacji radiolokacyjnej jako dane /znane/ to prawdopodobieństwo wykrycia celu będzie w głównej mierze zależało od jego odległości i wysokości lotu oraz niektórych parametrów stacji radiolokacyjnej.

Ze zwiększeniem odległości i zmniejszeniem wysokości lotu celu nisko lecącego oraz zmniejszeniem potencjału energetycznego stacji radiolokacyjnej, prawdopodobieństwo wykrycia zmniejsza się z powodu pogorszenia się stosunku sygnału użytecznego do szumów na wejściu urządzenia odbiorczego. Kształt charakterystyki kierunkowej anteny w płaszczyźnie pionowej z tychże przyczyn znacznie wpływa na prawdopodobieństwo wykrycia obiektu /celu/. Prędkość obrotowa anteny, szerokość charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie

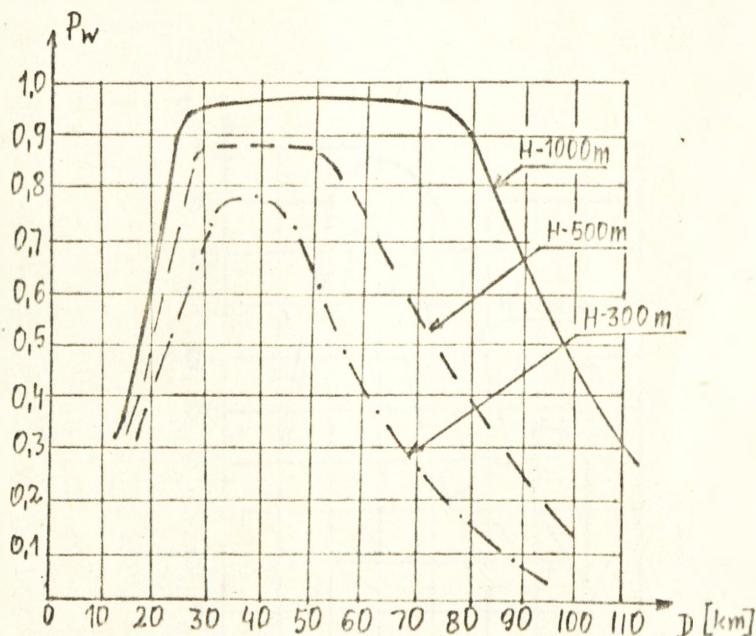
poziomej i częstotliwość powtarzania stacji określają ilość impulsów w paczce echosygnалу, a od tego przede wszystkim zależy prawdopodobieństwo wykrycia celu.

Zależności prawdopodobieństwa wykrycia P_w obiektów /celów/ od odległości D na danych wysokościach dla stacji radiolokacyjnej P-37, RT-17 "NAREW" i P-18 przedstawione są na rys.13, 14 i 15.

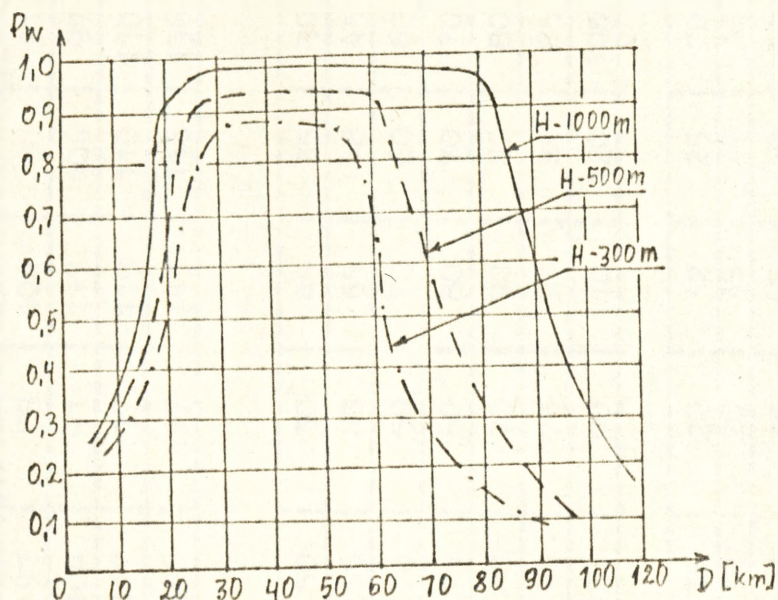
Jak wynika z przedstawionych rysunków kryterium dla określenia maksymalnej i minimalnej odległości wykrywania jest założone prawdopodobieństwo.

Dane odnośnie maksymalnych odległości wykrywania na małych wysokościach przedstawiono w tabeli 4.

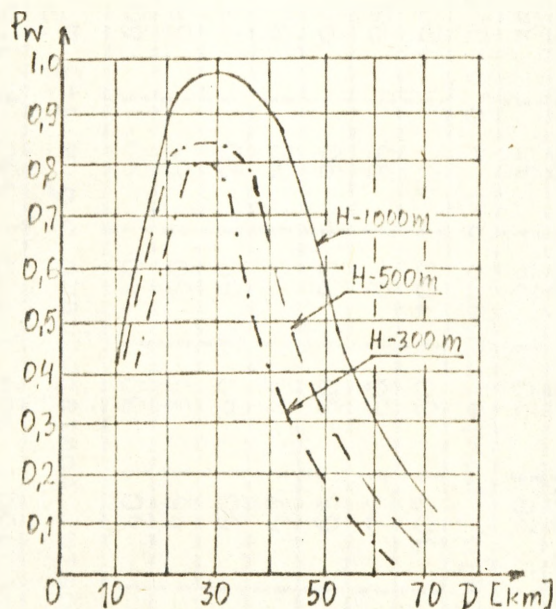
Wynika z nich, że odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach przez rozpatrywane stacje radiolokacyjne są niezbyt duże, a szczególnie na wysokościach poniżej 200 m.



Rys.13. Prawdopodobieństwo wykrycia przez stację radiolokacyjną P-37 obiektów /celów/ powietrznych w zależności od odległości i wysokości ich lotu



Rys.14. Prawdopodobieństwo wykrycia przez stację radiolokacyjną RT-17 "NAREW" obiektów /celów/ powietrznych w zależności od odległości i wysokości ich lotu



Rys.15. Prawdopodobieństwo wykrycia przez stację radiolokacyjną P-18 obiektów /celów/ powietrznych w zależności od odległości i wysokości ich lotu

a. obiektu /celu/ powietrznego o $\sigma = 5-10 \text{ m}^2$

WYSOKOŚĆ LOTU OBIEKTU /CELU/ POWIETRZNEGO W m	TYP STACJI RADIOLOKACYJNYCH ORAZ ICH ODLEGŁOŚĆ WYKRYWANIA W km												
	5N87	P-37	P-40	RT-17	PRW-13	RW-31	JAWOR -M2M	JAWOR -M2P	NUR-31	P-15N	P-14F	5N84	P-18
100	52	39	52	65	65	52	52	65	39	58	45	39	39
200	58	45	65	84	84	65	65	71	52	71	62	58	52
300	65	52	78	91	94	84	78	91	65	91	78	65	65
400	73	58	101	104	104	97	84	97	78	104	91	91	71
500	84	65	104	117	114	110	101	104	91	117	104	97	78
600	97	78	110	119	127	117	104	117	97	119	110	110	84
1000	130	104	130	130	156	143	143	156	117	143	156	136	104

b. obiektu /celu/ powietrznego o $\sigma = 1-5 \text{ m}^2$

100	40	30	40	50	40	40	40	50	30	45	35	30	30
200	45	35	50	65	55	50	50	55	40	55	48	45	40
300	50	40	60	70	73	65	60	70	50	70	60	60	50
400	57	45	70	80	80	75	65	75	60	80	70	70	55
500	65	50	80	90	95	85	70	80	70	90	80	80	60
600	75	60	85	95	98	90	80	90	75	95	85	85	65
1000	100	80	100	100	120	110	110	120	90	110	120	105	80

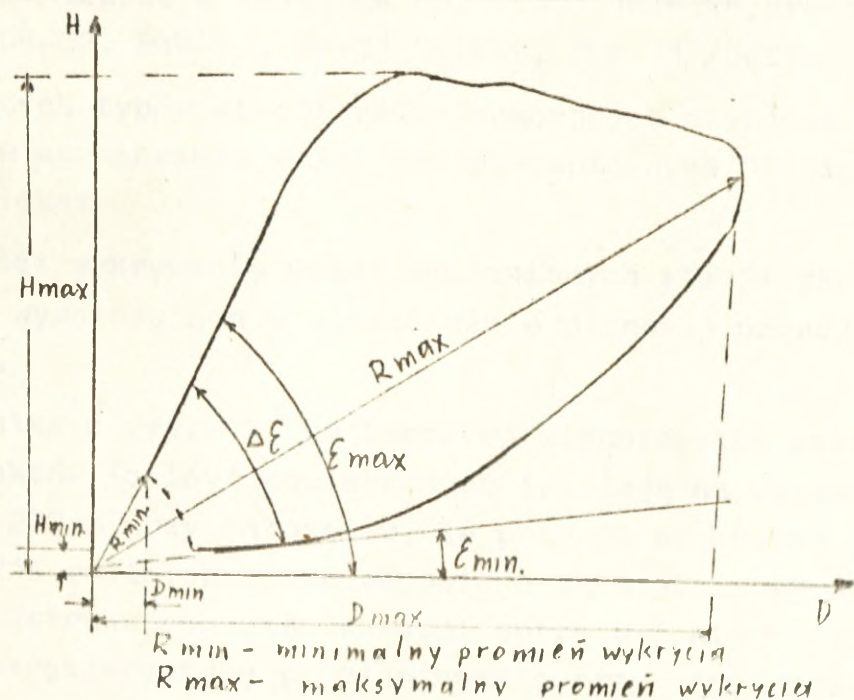
c. obiektu /celu/ powietrznego o $\sigma = 0,1-0,5 \text{ m}^2$

100	28	20	28	35	35	28	28	35	20	32	25	20	20
200	32	25	35	40	40	35	35	39	28	39	34	32	28
300	35	28	40	49	51	46	40	49	35	49	40	40	35
400	39	32	49	56	56	53	46	53	40	56	49	49	39
500	46	35	56	63	63	61	49	56	49	63	56	56	42
600	53	42	61	65	65	63	56	63	53	65	59	59	46
1000	70	56	70	70	84	77	77	84	63	77	84	74	56

Strefa 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.

Strefa wykrywania w płaszczyźnie pionowej /rys.16/ jest przedstawiona w postaci wykresu we współrzędnych wysokości H - odległość D . Odległość obserwacji jest różna dla różnych kątów położenia . Kształt strefy wykrywania zależy od przeznaczenia stacji radiolokacyjnej i zastosowanych w niej rozwiązań technicznych.



Rys.16 Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie pionowej

Jak wynika z wykresu 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 ϵ /. Z zasady dla każdej stacji radiolokacyjnej ustalony jest minimalny kąt położenia ϵ_{min} oraz maksymalny kąt położenia ϵ_{maks} .

Maksymalny kąt położenia dla współczesnych stacji radiolokacyjnych mieści się w granicach od 30° do 45° .

Najczęściej minimalny kąt położenia ξ_{\min} jest równy kilku dziesiątym stopnia dla stacji zakresu centymetrowego oraz 1° - 3° dla stacji radiolokacyjnych zakresu decymetrowego i metrowego.

Wartości minimalnego kąta położenia ma znaczny wpływ na odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach, ponieważ zmniejszenie wielkości minimalnego kąta położenia $|\xi_{\min}|$ umożliwia zwiększenie odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej na małej wysokości.

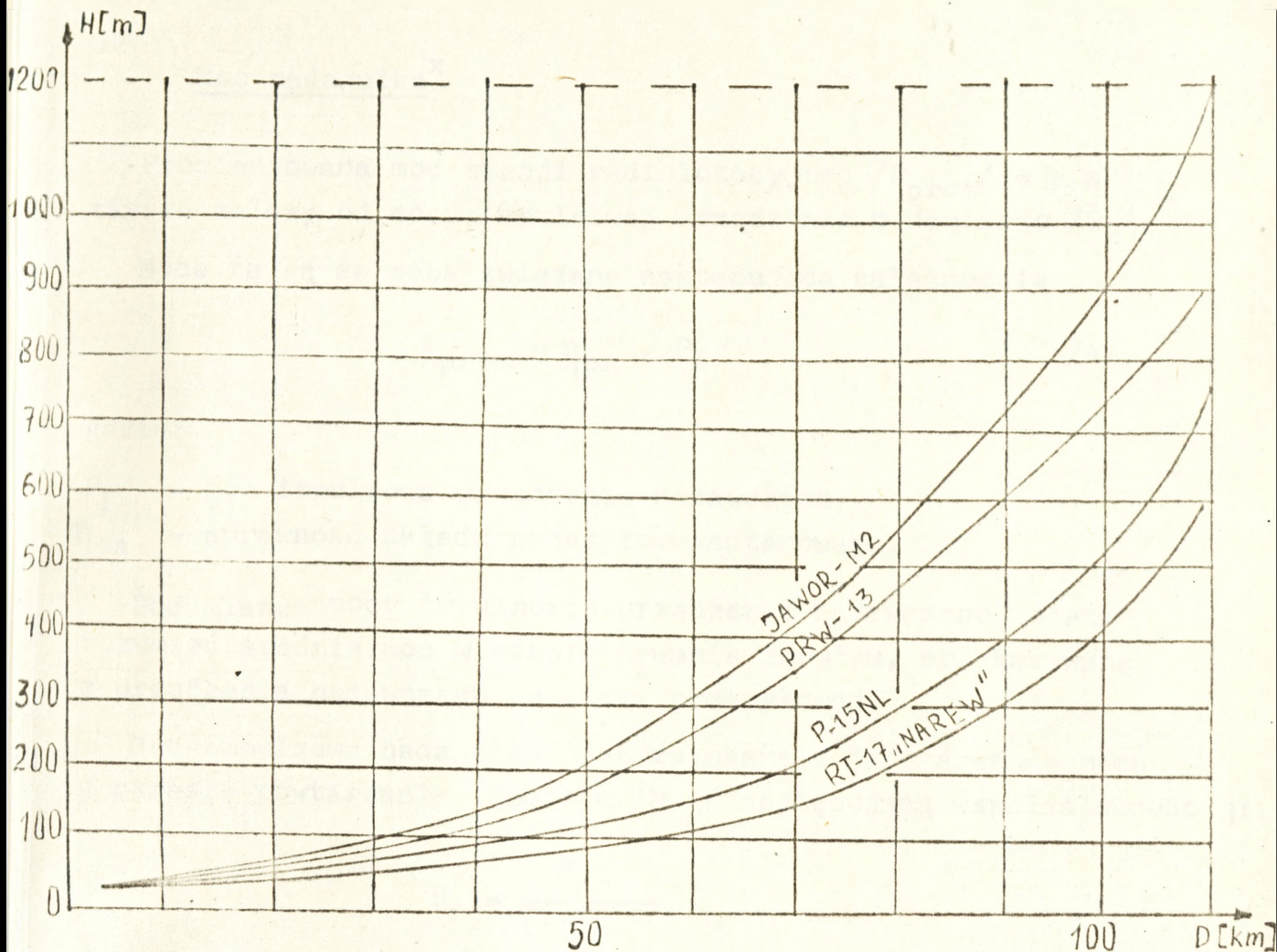
Biorąc pod uwagę wyżej wymienione ustalenia, należy do organizacji pola radiolokacyjnego na małych wysokościach zastosować te stacje radiolokacyjne których zasięgi na małych wysokościach są najlepsze i zbliżone np. RT-17 "NAREW", P-15, P-15M, P-15N JAWOR-M2, PRW-13, RW-31 "NIDA", PRW-11 /patrz tabela 4/.

Wybór tych typów stacji radiolokacyjnych nie jest przypadkowy, ponieważ w ugrupowaniu wojsk radiotechnicznych OPK ich ilość jest największa.

Odległości wykrywania wyżej wymienionych stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach w płaszczyźnie pionowej przedstawione są na rys.17.

Jak wynika z rys. 17, najbardziej niekorzystne warunki wykrywania obiektów /celów/ powietrznych istnieją na wysokościach: 50, 100 i 200 m przy założeniu, że pozycja na której jest rozwinęta stacja radiolokacyjna odpowiada całkowicie wymaganiom ujętym w instrukcjach eksploatacji sprzętu i nie wnosi żadnych zmian w charakterystykę promieniowania przy jej formowaniu.

Analizując dotychczasowe rozważania dotyczące odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach dochodzimy do wniosku, że jest ona bardzo ważnym taktycznym wskaźnikiem i parametrem każdej stacji radiolokacyjnej. Zależy ona jednak od wielu czynników, warunków i właściwości, do których między innymi zalicza się: moc urządzenia nadawczego /moc w impulsie/; czułość urządzenia odbiorczego; konstrukcja urządzenia antenowego /zysk kierunkowy anteny/; długość fali na jakiej pracuje stacja radiolokacyjna; szerokość charakterystyki promieniowania anteny w płaszczyźnie poziomej i pionowej; częstotliwość powtarzania;



Rys.17. Odległości wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach obiektów /celów/ powietrznych o $\sigma = 1 \text{ m}^2$

prędkość obrotowa anteny, czas trwania impulsu sondującego; pasmo przepuszczenia odbiornika; skuteczna powierzchnia odbicia obiektu /celu/ powietrznego.

Wyżej wymienione czynniki w procesie eksploatacji stacji radiolokacyjnych mogą ulec odchyleniom od założonych wartości.

Większość z wymienionych czynników posiada charakter czysto techniczny i jest zależna od przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych rozpatrywanych stacji radiolokacyjnych. Ponadto są one wzajemnie ze sobą powiązane i ich zmiana nie leży w gestii autorów. W związku z tym rozpatrzone zostaną tylko niektóre czynniki mające zdaniem autorów największy wpływ na zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnych.

Moc nadajnika^x

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

Moce te są ze sobą związane następującą zależnością:

$$P_{\text{prom}} = \eta_{\text{pa}} \cdot P_i \quad /4/$$

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 nadajnika jest związana z jego średnią mocą w okresie powtarzania impulsów $P_{\text{śr}}$ następującą współzależnością:

$$P_i = \frac{P_{\text{śr}}}{\tau_i \cdot f_p} \quad /5/$$

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:

$$P_{\text{śr}} = \tau_i \cdot f_p \cdot P_i \quad /6/$$

Przy pomocy wzoru /6/ może być także określana energia impulsu urządzenia nadawczego W_i

$$W_i = P_i \cdot \tau_i = P_{\text{śr}} \cdot T_p \quad /7/$$

x/ Definicje i określenia oraz wzory do powyższego zagadnienia zaczerpnięto z podręcznika "Technika radiolokacji".

gdzie: T_p - okres powtarzania impulsów.

W związku z powyższym zasięg /odległość/ wykrywania stacji radiolokacyjnej jest wprost proporcjonalny do pierwiastka czwartego stopnia z wartości energii impulsu.

$$D = \sqrt[4]{W_i} \quad /8/$$

Wynika z tego, że przy założonym czasie trwania impulsu zwiększenie zasięgu stacji radiolokacyjnej można uzyskać przez zwiększenie mocy impulsowej nadajnika oraz odwrotnie: przy określonej mocy impulsowej nadajnika zasięg stacji zwiększa się ze zwiększeniem czasu trwania impulsu. Zwłaszcza ostatni wariant jest realizowany w stacjach radiolokacyjnych z kompresją impulsu i z fazowym kodowaniem impulsu.

Czułość odbiornika

Czułością odbiornika jest $P_{\text{odp.min.}}$ minimalna moc sygnału doprowadzonego do wejścia odbiornika przy której jest jeszcze zapewniony odbiór i wykrycie sygnałów odbitych z założonym prawdopodobieństwem.

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

$$P_{\text{odp.min.}} = \Psi_r \cdot P_{\text{sz.o.}} \quad /9/$$

gdzie:

$P_{\text{sz.o.}}$ - moc szumów w paśmie przepuszczania odbiornika przy temperaturze T_0 / $T_0 = 300\text{K}$ /;

Ψ_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 stacji radiolokacyjnej jest określana jako czułość graniczna lub rzeczywista.

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

Rzeczywistą czułością odbiornika $/P_{\text{odb.min.}}$ lub $U_{\text{odb.min.}}$ nazywa się taką moc /lub napięcie/ sygnału doprowadzoną z anteny do wejścia odbiornika, przy której na wyjściu liniowej części odbiornika jest zapewniony stosunek sygnału do mocy szumów równy wartości współczynnika rozróżnialności $/\sqrt{\rho}$.

W zakresie fal centymetrowych i decymetrowych czułość odbiornika jest mierzona w watach lub w decybelach, natomiast w zakresie fal metrowych w mikrowoltach.

Czułość odbiornika jest tym większa, im mniejsza jest wartość $P_{\text{odb.min.}}$ lub $U_{\text{odb.min.}}$.

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

Matematycznie problem ten można przedstawić wykorzystując wzór /3/

$$D_{\text{maks.}} = \sqrt[4]{\frac{P_1 \cdot G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{4\pi^3 P_{\text{odb.min.}}}}$$

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

$$D_{\text{maks.}} = \frac{1}{\sqrt[4]{P_{\text{odb.min.}}}} \quad /10/$$

Współczesne odbiorniki stacji radiolokacyjnych zakresu fal centymetrowych i decymetrowych legitymują się czułością rzędu 10^{-13} do 10^{-14} wat /W/, natomiast odbiorniki metrowego zakresu fal posiadają czułość w granicach 2 do 50 μV .

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

$$P_{\text{odn. min.}} [\text{dB}] = 10 \lg \frac{P_{\text{odn. /W/}}}{P_{\text{odn. min. /W/}}} \quad /11/$$

gdzie: $P_{\text{odn.}}$ - moc poziomu odniesienia.

Jako poziom mocy odniesienia przyjmuje się $P_{\text{odn.}} = 10^{-5} \text{W}$ albo $P_{\text{odn.}} = 10^{-3} \text{W} = 1 \text{mW}$. Na przykład: $P_{\text{odn. min.}} = 10^{-14} \text{W}$ odpowiada 90 dB w stosunku do $P_{\text{odn.}} = 10^{-5} \text{W}$, albo 110 dB w stosunku do $P_{\text{odn.}} = 1 \text{mW}$.

W tym ostatnim wypadku można też powiedzieć, że czułość jest wyrażona w decybelo-miliwatach.

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 szумы 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:

$$F = \frac{\left(\frac{P_s}{P_{sz}} \right)_{\text{wej.}}}{\left(\frac{P_s}{P_{sz}} \right)_{\text{wyj.}}} \quad /12/$$

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

$$F_{dB} = 10 \lg F \text{ jedn.} \quad /13/$$

Współczynnik szumów idealnego urządzenia odbiorczego powinien być równy jedności $/F=1/$. Współczesne stacje radiolokacyjne będą w uzbrojeniu wojsk radiotechnicznych posiadają współczynniki 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 układów przeciwwzakłóceń nastąpi wzrost poziomu szumów własnych urządzenia odbiorczego. W konsekwencji 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 stacji radiolokacyjnych/ podaje się, że na wskutek włączenia dodatkowych układów w urządzenia odbiorcze stacji radiolokacyjnych, ich odległości zmniejszają się średnio o 20%.

Rozpatrywany problem nabiera szczególnego znaczenia przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ powietrznych na małych wysokościach. Obrazuje to tabela 5.

TABELA 5

WYSOKOŚĆ LOTU OBIEKTÓW /CEŁÓW/ POWIETRZ- NYCH W m	ODLEGŁOŚCI WYKRYWA- NIA STACJI RADIOLOKA- CYJNYCH BEZ WŁĄCZANIA UKŁADÓW PRZECIWI- ZAKŁÓCENIOWYCH					ODLEGŁOŚCI WYKRYWANIA STACJI RADIOLOKACYJ- NYCH Z WŁĄCZONYMI UKŁADAMI PRZECIWI- ZAKŁÓCENIOWYMI				
	50	100	200	300	500	50	100	200	300	500
TYP STACJI RADIOLO- KACYJNEJ										
P-14F	30	40	50	60	80	23	30	38	45	60
P-15M	20	30	40	50	70	15	23	30	38	52
JAWOR-M2	-	36	50	56	70	-	25	38	42	52
P-37	-	30	35	40	50	-	23	26	30	38
RT-17 "NAREW"	32	50	65	70	90	24	38	50	55	75
PRW-11	30	34	40	50	60	23	26	30	38	45
PRW-13	38	50	63	73	95	29	38	47	55	72

UWAGA: tabelę zestawiono dla obiektu /celu/ powietrznego o skutecznej powierzchni odbicia $\sigma = 1-5 \text{ m}^2$. Dane w niej zawarte są wielkościami przybliżonymi.

Jak wynika z tabeli 5, ograniczenia w odległościach wykrywania poszczególnych stacji radiolokacyjnych są znaczne, szczególnie na wysokościach poniżej 200 m.

Zysk kierunkowy anteny

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

Zysk anteny zależy od skutecznej powierzchni anteny S_a i odległości fali stacji radiolokacyjnej λ .

Powyższą współzależność określa następujący wzór:

$$G = \frac{4\pi \cdot S_a}{\lambda^2} \quad /14/$$

Ze wzoru /13/ wynika, że zysk anteny jest tym większy, im większa jest skuteczna powierzchnia anteny, a długość fali stacji radiolokacyjnej λ jest najmniejsza.

Przy założeniu, że oprócz G pozostałe wartości są niezmiennie /const./, to odległość wykrycia stacji radiolokacyjnej w dużej mierze zależy od wartości G , ponieważ odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej jest wprostproporcjonalna do pierwiastka drugiego stopnia z wartości G /patrz wzór radiolokacji 3/.

Powyższą współzależność można zapisać następująco:

$$D = \sqrt{G} \quad /15/$$

Obecnie w celu zwiększenia odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej /w tym i na małych wysokościach/ stosuje się anteny o większych wymiarach. Wariant ten może mieć zastosowanie przy pracy stacji radiolokacyjnej P-18 na urządzenie antenowe stacji radiolokacyjnej P-14F.

Skuteczna powierzchnia odbicia

Bardzo duży wpływ na odległość wykrywania każdej stacji radiolokacyjnej wywiera skuteczna **powierzchnia** odbicia obiektów /celów/ powietrznych.

Wielkość skutecznej powierzchni odbicia umownie oznacza się jako σ . 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 odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej posłużymy się raz jeszcze podstawowym wzorem radiolokacji /3/.

Z wzoru wynika, że odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej jest wprostproporcjonalna do pierwiastka czwartego stopnia z wartości skutecznej powierzchni odbicia. Proporcjonalność ta oznacza, że jeżeli skuteczna powierzchnia odbicia zwiększy się o dwa razy, przy constans pozostałych wielkości, to odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej zwiększy się około 20%. Inaczej mówiąc, jeżeli chcemy zwiększyć odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej o 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 - fluktujący/.

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 obiektu /celu/ w porównaniu z długością fali, tym większą energię będzie on odbijał 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 wielokrotność 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 obiektu /celu/ grupowego będzie zawsze większa niż od obiektu /celu/ pojedynczego.

W wyniku przeprowadzonych rozważań można stwierdzić, że ze wzrostem skutecznej powierzchni odbicia obiektów /celów/ powietrznych wzrastać będzie także 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 podwieszonych do obiektu /celu/ powietrznego; zakresu częstotliwości, którą obiekt /cel/ powietrznych jest opromieniany; rodzaju materiału lub rodzaju pokrycia /malowania/, z którego obiekt /cel/ powietrzny został wykonany lub pomalowany.

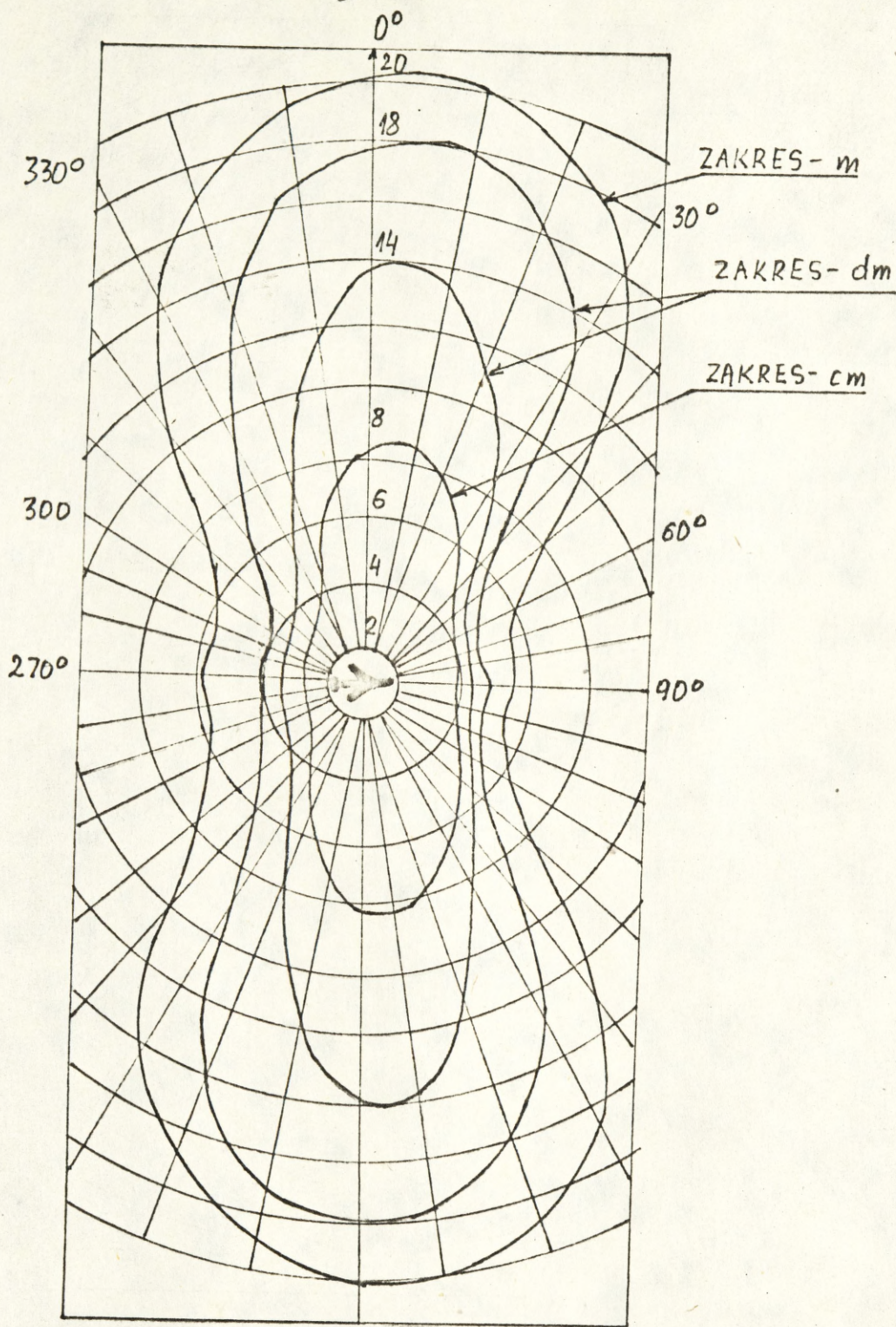
Przykładowy rozkład wartości skutecznej powierzchni odbicia samolotów typu myśliwsko-bombowych i bombowych w zależności od ich kąta położenia w stosunku do miejsca stania naziemnych stacji radiolokacyjnych oraz zakresu częstotliwości tych stacji, ilustrują rys. 18 i 19.

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.

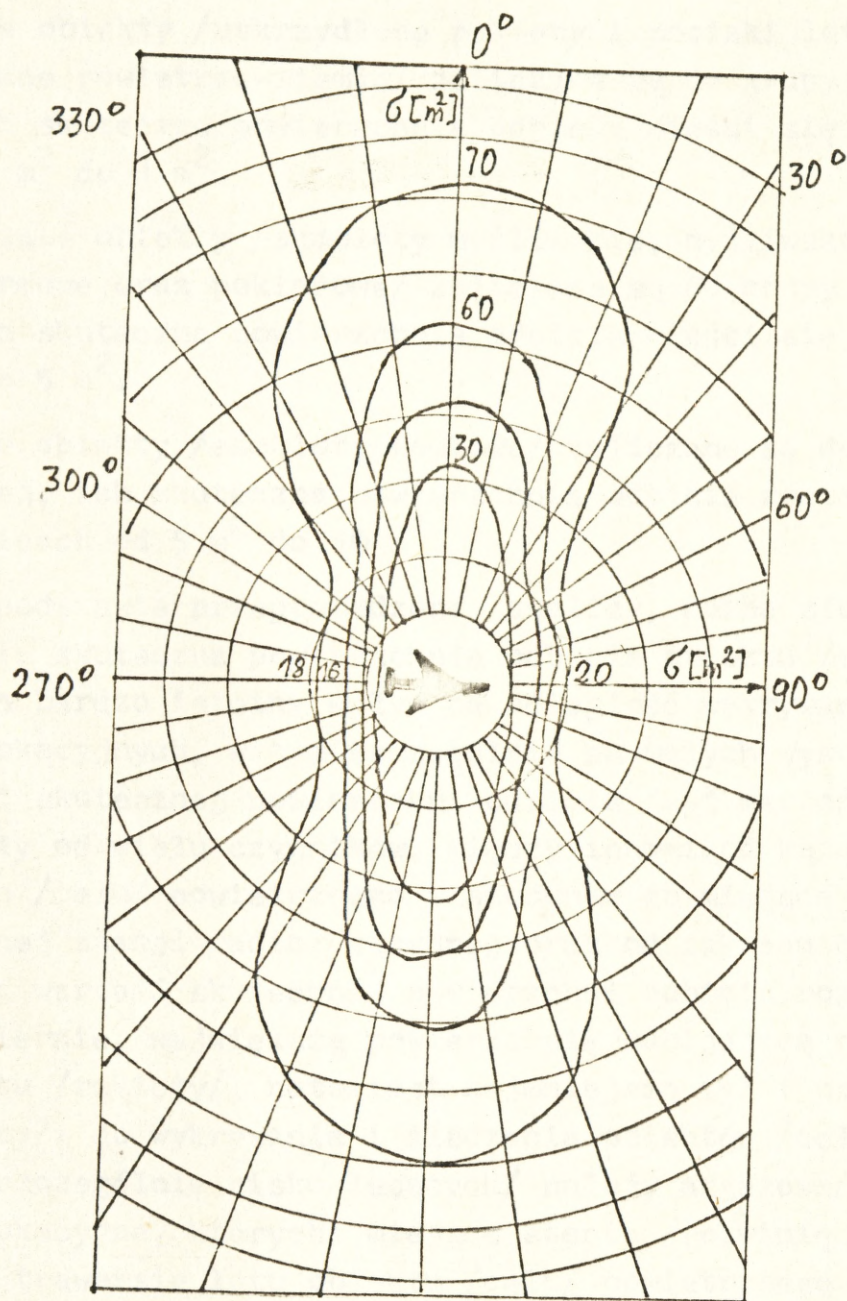
Największą skuteczną powierzchnią odbicia posiada samolot kiedy wykonuje lot /w stosunku do stacji radiolokacyjnej/ po trawersie.

Z powyższej analizy wynika, że do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych /szczególnie nisko lecących/ należy angażować te 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.



Rys. 18. Rozkład wartości skutecznej powierzchni odbicia samolotów myśliwsko-bombowych



Rys.19. Rozkład wartości skutecznej powierzchni odbicia samolotów bombowych

Małe obiekty /uskrzydłone rakiety i pociski lotnicze kierowane powietrze-ziemia/ zaliczane są do grupy pierwszej, których skuteczna powierzchnia odbicia mieści się w granicach od $0,3 \text{ m}^2$ do 1 m^2 .

Średnie obiekty /samoloty myśliwskie, myśliwsko-bombowe i szturmowe oraz pokładowe/ zaliczane są do grupy drugiej, których skuteczna powierzchnia odbicia mieści się w granicach 1 m^2 do 5 m^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 .

Na podstawie przeprowadzonej analizy, można sformułować wnioski: skuteczna powierzchnia odbicia obiektu /celu/ powietrznego ma bardzo istotny wpływ na odległość wykrywania stacji radiolokacyjnych, w tym szczególnie na małych wysokościach; 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 stacji; wartość skutecznej powierzchni odbicia rozkłada się nierównomiernie, największą powierzchnię odbijającą posiada bok samolotu /rakiety/, natomiast najmniejszą tył i przód samolotu /rakiety/; do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych /szczególnie nisko lecących/ należy angażować te stacje radiolokacyjne, których miejsce stania /rozwinęcia/ znajduje się na trawersie lotu obiektu /celu/ powietrznego co w konwencji zabezpiecza wykrywanie tych obiektów /celów/ powietrznych na dalszych odległościach /zasięgach/ i pewne śledzenie za ich lotem.

2.2. Wpływ zakłóceń radiolokacyjnych

Przeciwnik powietrzny przy pomocy pokładowych urządzeń zakłócających może oddziaływać w poważnym stopniu na jakość pracy urządzeń odbiorczych stacji radiolokacyjnych, stosując zakłócenia o odpowiednim poziomie mocy.

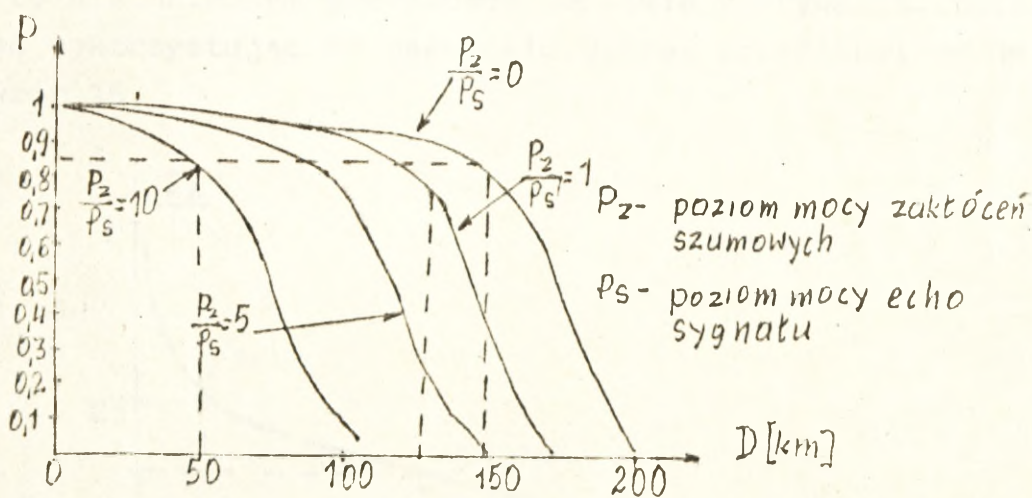
Dla stacji radiolokacyjnych aktualnie będących w uzbrojeniu wojsk radiotechnicznych, najbardziej niekorzystne są zakłócenia

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: zakłócenie szumowe, zakłócenia odzwonowe 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 odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej z uprzednio założonym prawdopodobieństwem.

Przedstawione na rys. 20 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 i prawdopodobieństwa wykrywania obiektu /celu/ powietrznego w zależności od stosunku mocy zakłóceń i mocy echa sygnału.



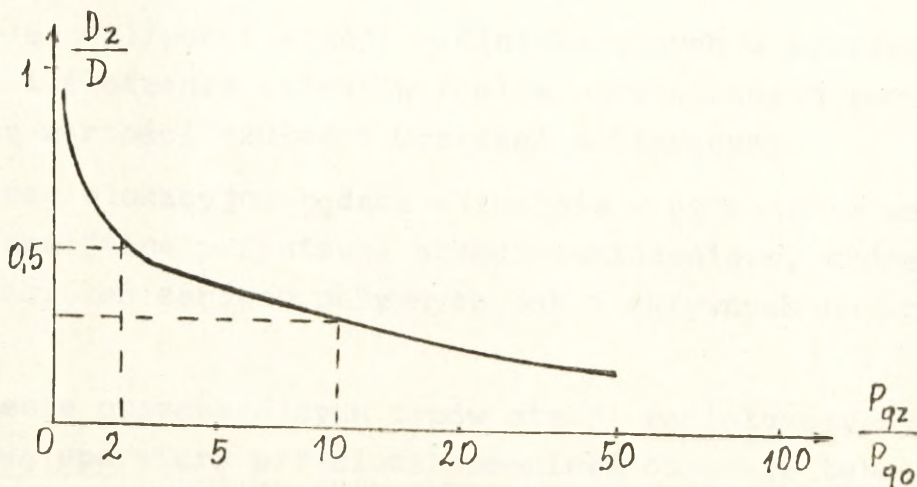
Rys. 20. Prawdopodobieństwo wykrywania obiektów /celów/ powietrznych przez RLS przy oddziaływaniu na odbiornik RLS zakłóceń szumowych

Z rys. 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 sygnałowi $\frac{P_z}{P_s} = 1$, jeśli zostanie zachowane prawdopodobieństwo 0,85, odległość wykrywania zmniejszy się około 13%. W wypadku, jeżeli poziom mocy zakłóceń przewyższa o dziesięć razy poziom mocy echa sygnału, odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej przy zachowaniu $P=0,85$ zmniejszy się o 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.

Ocenę ilościową, charakteryzującą wpływ poziomu mocy zakłóceń szumowych na odległość /zasięg/ wykrywania stacji radiolokacyjnej przy niezmiennym prawdopodobieństwie wykrywania, można uzyskać wykorzystując do tego celu wykres przedstawiony na rys.21 oraz wzór 16.



Rys.21. Odległość wykrywania RLS w zależności od spektralnej gęstości mocy zakłóceń szumowych

$$D_z = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{P_{gz}}{P_{go}}}} \cdot D_w \quad /16/$$

gdzie:

- D_z i D_w - odległość 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 rysunku /21/ i wzoru /16/ wynika, że ze zwiększeniem spektralnej gęstości mocy zakłóceń szumowych zmniejsza się odległość wykrywania stacji radiolokacyjnych. Zakłócenia oddziałują nie tylko w kierunku głównego listka promieniowania, ale także i w kierunku listków bocznych powodując dookrężne zmiany w zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej.

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 wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych, w tym i na małych wysokościach.

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

Stacje radiolokacyjne będące aktualnie w uzbrojeniu wojsk posiadają specjalne przystawki przeciwzakłóceńowe, które eliminują wpływ zakłóceń zarówno pasywnych jak i aktywnych na urządzenia odbiorcze.

Wyposażenie poszczególnych typów stacji radiolokacyjnych w podstawową aparaturę przeciwzakłóceńową obrazuje tabela 6.

TABELA 6

Lp.	Typ stacji radiolokacyjnej	Rodzaj aparatury przeciwzakłóceńowej	Dopuszczalna gęstość mocy zakłóceń aktywnych i gęstość zakłóceń pasywnych
1	2	3	4
1.	5N87/K-66/	<ul style="list-style-type: none"> - układy obrony przed zakłóceniami zaporowymi; - autokompensator do eliminacji zakłóceń szumowych od listków bocznych; - układ eliminacji zakłóceń odzewowych; - układ zabezpieczenia przed fałszywymi celami; - układ zabezpieczający przed zakłóceniami niesynchronicznymi. 	<p>10-100W/MHz 1,5+3 paczki na 100 m drogi</p>
2.	P-40	<ul style="list-style-type: none"> - diwersity częstotliwości; - układy przestrajania częstotliwości; - układy tłumienia ech stałych; - układy szumowej automatycznej regulacji wzmocnienia; - układy eliminacji zakłóceń niesynchronicznych; - układy zabezpieczające przed zakłóceniami pełzającymi; - układ określania źródła zakłóceń. 	
3.	P-37	<ul style="list-style-type: none"> - układy różniczkujące; - układy: szumowej automatycznej regulacji wzmocnienia, natychmiastowej automatycznej regulacji wzmocnienia, zasięgowej automatycznej regulacji wzmocnienia, tłumienia ech stałych /w każdym kanale/; - przystawka do eliminacji zakłóceń niesynchronicznych pochodzących od innych stacji; - układ zabezpieczenia przed pociskami samonaprowadzającymi 	<p>1,1W/MHz 0,6-2 paczek na 100 m drogi</p>

1	2	3	4
4.	RT-17 "NAREW"	<ul style="list-style-type: none">- układ tłumienia ech stałych;- układ szumowej automatycznej regulacji wzmocnienia;- szerokopasmowy wzmacniacz-ogranicznik-wąskopasmowy;- układy eliminujące zakłócenia niesynchroniczne;- układ utrzymania stałego poziomu fałszywego alarmu.	
5.	JAWOR-M2	<ul style="list-style-type: none">- układ przestrajanania;- układ eliminacji zakłóceń o krótkim czasie trwania;- układy tłumienia ech stałych;- układy: kompensacji listków bocznych, eliminacji zakłóceń niesynchronicznych;- układy: szumowej automatycznej regulacji wzmocnienia, natychmiastowej automatycznej regulacji wzmocnienia, zasięgowej automatycznej regulacji wzmocnienia, różniczkujący.	
6.	NUR-31/32/	<ul style="list-style-type: none">- układy tłumienia ech stałych, kompensacji listków bocznych, zwalczania zakłóceń niesynchronicznych, zasięgowej regulacji wzmocnienia;- układ peleng;- układ wizji czarno-białej.	
7.	P-14F	<ul style="list-style-type: none">- układ przestrajanania;- układy: tłumienia ech stałych, różniczkujący;- układ eliminujący zakłócenia niesynchroniczne;- układ zabezpieczenia przed pociskami samonaprowadzającymi;- układ zmiennych częstotliwości powtarzania.	1,3-2 W/MHz 1-2 paczki na 100 m drogi

1	2	3	4
8.	P-18	<ul style="list-style-type: none"> - układ przestrajania; - układy: tłumienia ech stałych, szumowej automatycznej regulacji wzmocnienia; - układ eliminacji zakłóceń impulsowych niesynchronicznych; - układ zabezpieczenia przed pociskami samonaprowadzającymi. 	<p>2W/MHz 1,5 paczki na 100 m drogi</p>
9.	PRW-16	<ul style="list-style-type: none"> - układ przestrajania częstotliwości; - układy: tłumienia ech stałych, zasięgowej automatycznej regulacji wzmocnienia, natychmiastowej automatycznej regulacji wzmocnienia, różniczkujące; - układy eliminacji zakłóceń niesynchronicznych; - układ zabezpieczenia przed pociskami samonaprowadzającymi. 	<p>2-10 W/MHz 2,1-2,4 paczki na 100 m drogi</p>
10.	PRW-13	<ul style="list-style-type: none"> - możliwość przejścia na nadajnik rezerwowy; - układy: tłumienia ech stałych, kompensacji listków bocznych; - układy eliminacji zakłóceń odzewowych i niesynchronicznych; - układ określania namiaru źródła zakłóceń w kącie położenia i w azymucie; - układ zabezpieczenia przed pociskami samonaprowadzającymi. 	<p>2-10 W/MHz 2,4 paczki na 100 m drogi</p>
11.	PRW-11	<ul style="list-style-type: none"> - układ przestrajania częstotliwości; - zmiana częstotliwości powtarzania; - układy: tłumienia ech stałych, zasięgowej automatycznej regulacji częstotliwości, różniczkujący. 	<p>2,2 W/MHz 2,1 paczki na 100 m drogi</p>

1	2	3	4
12.	PRW-9	<ul style="list-style-type: none"> - układy przestrajanania częstotliwości: sterowanie roczne, z ustawieniem częstotliwości na dowolną wielkość w zakresie przestrajanania, od impulsu do impulsu-ciągłe, automatyczne skokowe; - układ eliminacji zakłóceń niesynchronicznych; - układy: tłumienia ech stałych, natychmiastowej automatycznej regulacji wzmocnienia, zasięgowej automatycznej regulacji wzmocnienia, różniczkujące. 	2,1-2,4 paczki na 100 m drogi
13.	RW-31 "NIDA"	<ul style="list-style-type: none"> - układ przestrajanania częstotliwości; - układy: eliminacji zakłóceń impulsowych o bardzo małym czasie trwania, eliminacji zakłóceń niesynchronicznych; - układy: tłumienia ech stałych, natychmiastowej automatycznej regulacji wzmocnienia, szumowej automatycznej regulacji wzmocnienia, zasięgowej automatycznej regulacji wzmocnienia, różniczkujący. 	
14.	5N84 "OBRONA"	<ul style="list-style-type: none"> - układ przestrajanania częstotliwości; - układy szumowej automatycznej regulacji częstotliwości, różniczkujący, natychmiastowej automatycznej regulacji częstotliwości, kompensacji listków bocznych, eliminacji zakłóceń impulsowych o bardzo małym czasie trwania; - układy: tłumienia ech stałych, zasięgowej automatycznej regulacji częstotliwości. 	1,3-2 W/MHz 1-2 paczki na 100 m drogi

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.

2.3. Wpływ wysokości zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej

Możliwości stacji radiolokacyjnych w zakresie wykrywania obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących w znacznym stopniu zależą od wysokości zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej nad ziemią.

Dla stacji radiolokacyjnych, których charakterystyka promieniowania anteny kształtuje się z wykorzystaniem odbicia energii od ziemi, zwiększenie wysokości zawieszenia anteny zmniejsza kąt wzniesienia maksimum promieniowania dolnego listka anteny, który może być obliczony z zależności:

$$\varepsilon = \arcsin \frac{\lambda}{4H_a} \quad /17/$$

gdzie:

λ - długość fali roboczej stacji radiolokacyjnej w metrach;

H_a - wysokość zawieszenia anteny nad ziemią w metrach.

Posługując się wzorem /18/ na odległość horyzontu radiowego, przy uwzględnieniu normalnego stanu atmosfery /refrakcji normalnej/

$$D_{hr} = 4,12 \sqrt{H_a + H_o} \quad /18/$$

gdzie:

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

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

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

I współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego możemy określić maksymalną odległość wykrywania stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach wg następującego wzoru:

$$D_{hr} = D_{wykr} = K_{whr} \cdot 2\sqrt{R_z} \sqrt{H_a + H_o} \quad /19/$$

gdzie:

- D_{wykr} - maksymalna odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach /w km/;
- K_{whr} - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego;
- R_z - ekwiwalentny promień ziemi równy 6500 km;
- H_a - wysokość zawieszenia /umieszczenia/ anteny stacji radiolokacyjnej w kilometrach;
- H_o - wysokość lotu obiektu /celu/ powietrznego w km.

W praktyce wygodniej jest określać wartość H_a i H_o w metrach, a D_{wykr} w kilometrach. Wówczas wzór 19 przyjmie postać:

$$D_{wykr} = K_{whr} \cdot 4,12 \sqrt{H_a + H_o}^x \quad /20/$$

Z analizy wzoru /20/ wynika, że odległość wykrywania stacji radiolokacyjnych w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących zależy głównie od wysokości zawieszenia /umieszczenia/ anten nad powierzchnią odbijającą.

Wpływ wysokości zawieszenia anteny na odległość wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących dla stacji radiolokacyjnej zakresu decymetrowego np. typu P-15 przedstawiony jest w tabeli 7 i stacji radiolokacyjnych zakresu centymetrowego RT-17 i PRW-16 w tabelach 8 i 9.

x We wzorze nie uwzględniono wpływu podłoża odbijającego

TABELA 7^x

Odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej P-15 w zależności od wysokości zawieszenia anteny i wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego o skutecznej powierzchni odbicia $\sigma = 1 \text{ m}^2$.

Stacja radiolokacyjna P-15	Odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych w km, na wysokościach:				
	100m	200m	300m	400m	500m
Na otwartej pozycji z etatową anteną	30	40	50	60	65
Na otwartej pozycji z dodatkową sekcją masztu	38	48	60	68	75
Na otwartej pozycji z anteną zawieszoną na wysokości 31,5 m	55	65	75	84	90

TABELA 8^x

Odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej RT-17 "NAREW" w zależności od wysokości zawieszenia anteny i wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego o skutecznej powierzchni odbicia $\sigma = 1 \text{ m}^2$.

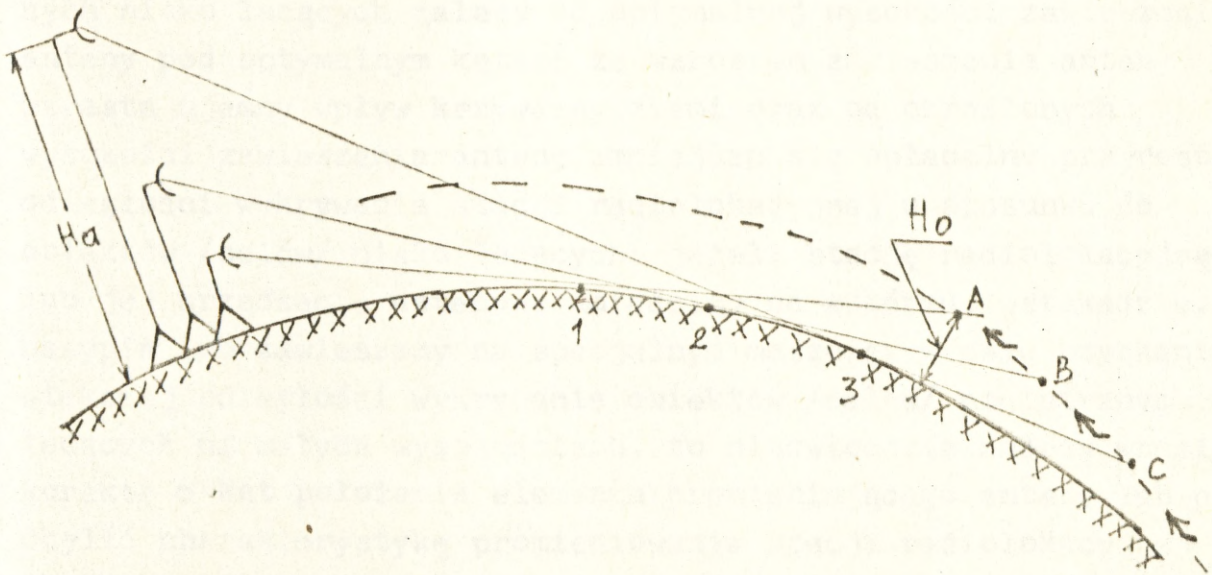
Stacja radiolokacyjna RT-17 "NAREW"	Odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych w km, na wysokościach:				
	100m	200m	300m	400m	500m
Na otwartej pozycji $H_a = 19 \text{ m}$	40	55	60	70	80
Na otwartej pozycji $H_a = 25 \text{ m}$	50	65	70	80	90

TABELA 9^x

Odległości wykrywania RLS PRW-16 w zależności od wysokości ustawienia anteny i wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego o $\sigma = 1 \text{ m}^2$.

Stacja radiolokacyjna PRW-16	Odległość wykrywania obiektów /celów/ powietrz- nych w km, na wysokościach:		
	100m	300m	500m
$H_a + H_{\text{poz.}} = 8,5 \text{ m}$	35	70	80
$H_a + H_{\text{poz.}} = 108,5 \text{ m}$	64	80	99

Wpływ odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej od wysokości zawieszenia jej anteny ilustruje także rys. 22.



Rys.22. Odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej w zależności od wysokości zawieszenia anteny

^xTabele 7,8 i 9 sporządzono na podstawie danych zawartych w informatorze sprzętu radiolokacji i automatyzacji. Sygn. OPK 945/83

Z przedstawionych danych, zawartych w tabelach 7, 8 i 9 oraz rys. 22 wynika, że podnoszenie anten stacji radiolokacyjnych na większe wysokości nad powierzchnię odbijającą /przy stałej wysokości lotu obiektu/ staje się nieopłacalne, ponieważ:

- wzrasta ujemny wpływ krzywizny ziemi na odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach;
- wzrasta wielkość stożka martwego na małych wysokościach;
- zwiększają się wymagania w stosunku do pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej oraz zwiększa się niewspółmiernie wymagany promień powierzchni odbijającej.

Poza tym zastosowanie wysokich anten nie zawsze jest możliwe z uwagi na rzeźbę terenu w rejonach wyżynnych i górskich naszego kraju.

W toku rozpatrywania i analizowania powyższego problemu można dojść do następujących wniosków: odległość wykrywania stacji radiolokacyjnych w stosunku do obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących zależy od optymalnej wysokości zawieszenia anteny pod optymalnym kątem; ze wzrostem zawieszenia anteny wzrasta ujemny wpływ krzywizny ziemi oraz od określonych wysokości zawieszenia anteny zmniejsza się opłacalny przyrost odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej w stosunku do obiektów /celów/ nisko lecących; jeżeli stację radiolokacyjną lub jej urządzenie antenowe umieścimy na wzgórzu, estakadzie, nasypie lub zawieszamy na specjalnym maszcie, w celu uzyskania większej odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych lecących na małych wysokościach, to niezwłocznie należy wnieść korektę o kąt położenia elementu promieniującego anteny lub pochylić charakterystykę promieniowania stacji radiolokacyjnej tak, aby stykała się ona z podłożem odbijającym; wraz ze wzrostem wysokości ustawienia lub zawieszenia anteny zwiększa się minimalna odległość stacji radiolokacyjnej /zwiększa się stożek martwy/. Szczęólnego znaczenia nabiera ten problem, gdy stacja radiolokacyjna posiada wąską charakterystykę promieniowania w płaszczyźnie pionowej. W związku z tym posterunki radiolokacyjne przeznaczone do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących powinny mieć w swym wyposażeniu jedną stację radiolokacyjną o szerokiej charakterystyce promieniowania w płaszczyźnie

pionowej /np. stację radiolokacyjną typu RT-17 "NAREW" lub P-15 z anteną "UNŻA"/; nie wykonanie wyżej wymienionych przedsięwzięć może poważnie wpłynąć na zmniejszenie odległości wykrywania przez stację radiolokacyjną obiektów /celów/ powietrznych lecących na małych wysokościach.

2.4. Wpływ kąta nachylenia elektrycznej osi anteny stacji radiolokacyjnej

Antena stacji radiolokacyjnej zakresu metrowego, np. typu P-18, posiada możliwość pochylania elektrycznej osi anteny w płaszczyźnie pionowej od -5° do $+10^{\circ}$. Na podstawie teoretycznych obliczeń, przy ujemnych kątach nachylenia anteny zapewnia się maksymalną odległość wykrycia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

W tabeli 10 przedstawione są średnie statystyczne wartości odległości wykrycia obiektów /celów/ powietrznych przez stację radiolokacyjną typu P-18 przy kątach nachylenia anteny 0° i -5° na wysokości zawieszenia anteny dolnego piętra 7,9 m i górnego piętra 10,35 m.

Należy podkreślić, że odległość wykrycia obiektów /celów/ nisko lecących przez stację radiolokacyjną zależy jest od typu anteny, pozycji stacji, długości fali /częstotliwości/ i innych parametrów sprzętu. Dla każdej stacji odległości te są różne. Oprócz tego, nachylenie anteny w kierunku kątów ujemnych prowadzi do obniżenia odległości wykrycia obiektów /celów/ powietrznych lecących na średnich i dużych wysokościach oraz wystąpienia w charakterystyce promieniowania anteny "martwych" stref pod niektórymi kątami wzniesienia. Powoduje to nieciągłość w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej.

TABELA 10

Kąty nachylenia anteny stacji radiolokacyjnej P-18	Odległość wykrycia w kilometrach na wysokościach:			Uwagi
	300m	500m	1000m	
0°	40	50	65	Dla objektu o $\sigma = 1 \text{ m}^2$
-5°	50	62	80	

W stacjach radiolokacyjnych zakresu centymetrowego, np. P-37, kąty wzniesienia poszczególnych listków promieniowania anteny w płaszczyźnie pionowej są różne, dla każdego kanału stacji. Przy zerowym położeniu elektrycznej osi anteny, kąty nachylenia dwóch dolnych listków /kanałów/, wynoszą +2° i +1,5°. Dzięki temu stacja radiolokacyjna P-37 zabezpiecza stosunkowo dużą odległość wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących przedstawionych w tabeli 11.

TABELA 11

Typ stacji radiolokacyj- nej	Odległość wykrycia w kilome- trach na wysokościach:				Uwagi
	300m	400m	500m	1000m	
P-37	52	60	70	86	Dla obiektu o $\sigma = 1 \text{ m}^2$

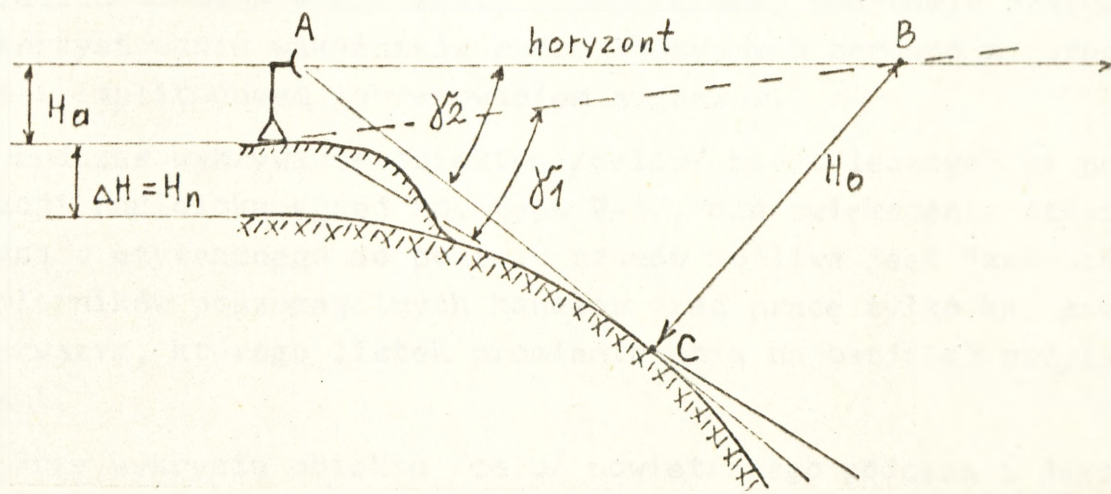
Stacja radiolokacyjna P-37 posiada możliwość pochylania elektrycznej osi anteny w granicach $\pm 4,5^\circ$ w płaszczyźnie pionowej, co pozwala na jej pracę przy ujemnych kątach nachylenia anteny. W związku z tym listki kierunkowego promieniowania obniżają się w kierunku ziemi i tym samym zwiększa się możliwość wykrycia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących na większych odległościach. Zależności te przedstawiono w tabeli 12.

TABELA 12

Stacja radiolokacyjna P-37 kąt nachylenia w stopniach	Odległości wykrycia w kilometrach na wysokościach:			Uwagi
	300m	500m	1000m	
0°	52	70	86	Dla obiektu o $\sigma = 1 \text{ m}^2$
-1°	58	75	90	
-1,5°	60	78	93	

Z doświadczeń eksploatacji stacji radiolokacyjnej wynika, że stosowanie pracy przy kątach nachylenia anteny poniżej -2° nie jest celowe, ponieważ zniekształca się dolny listek promieniowania oraz znacznie obniża się górna strefa wykrywania stacji.

Wartości kątów nachylenia anteny stacji radiolokacyjnych powinny być tak dobrane, aby ich kierunkowe charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie pionowej stykały się z podłożem odbijającym w punkcie "O" /rys.23/. Punkt "O" leży na prostej łączącej środek kuli ziemskiej z punktem "B", który odpowiada odległości równej około 0,7 maksymalnej energii wypromieniowanej przez kierunkową charakterystykę promieniowania stacji radiolokacyjnej.



Rys.23. Określenie kąta nachylenia kierunkowej charakterystyki promieniowania stacji radiolokacyjnej

gdzie:

β_1 - kąt odpowiadający wysokości Δh ;

β_2 - kąt odpowiadający wysokości równej $h_a + \Delta h$;

h_a - wysokość zawieszenia etatowej anteny;

Δh - wysokość nasypu, wzgórza lub masztu.

Dlatego też, ustawienie kąta nachylenia elektrycznej osi anteny stacji radiolokacyjnej ma bardzo ważne znaczenie przy wykrywaniu i śledzeniu obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących.

2.5. Wpływ rodzajów pracy stacji radiolokacyjnej

Rodzaj pracy stacji radiolokacyjnej oraz wykorzystanie odpowiedniego reżimu pracy aparatury odbiorczej i wskaźnikowej w zasadniczym stopniu wpływa na wykrywanie obiektów /celów/ nisko lecących.

W celu lepszej obserwacji ekranu wskaźnika radiolokacyjnego stacji, a tym samym zwiększenia prawdopodobieństwa wykrycia obiektów /celów/ powietrznych nisko lecących, wskazane jest pracować: przy zmniejszonych obrotach anteny /co zwiększa ilość impulsów w paczce, opromieniowujących obiekt /cel/ nisko lecący/, przy rozciągniętej podstawie czasu w odległości i azymucie, włączonych układach tłumienia ech stałych, opóźnionej podstawie czasu, wykorzystywaniu wskaźników radiolokacyjnych zarówno z jasnościowym, jak i amplitudowym zobrazowaniem sygnałów.

Podczas wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących za pomocą stacji radiolokacyjnej np. typu P-37, dla zwiększenia stosunku sygnału użytecznego do poziomu szumów możliwe jest "zatykanie" odbiorników poszczególnych kanałów oraz pracę tylko kanałem pierwszym, którego listek promieniowania najbardziej przylega do ziemi.

Przy wykryciu obiektu /celu/ powietrznego podczas i jego śledzeniu, należy stopniowo zmniejszać wzmocnienie odbiornika, jeżeli obiekt /cel/ przybliży się do stacji, i zwiększać wzmocnienie w wypadku, gdy obiekt /cel/ oddala się od stacji radiolokacyjnej. Ma to szczególne znaczenie w wypadku, gdy obiekt /cel/ obserwowany jest na tle odbić od przedmiotów terenowych.

Stała gotowość bojowa sprzętu i obsługi, umiejętne wykorzystanie rodzajów pracy stacji oraz dobra znajomość możliwości wykorzystania stacji radiolokacyjnej, jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ nisko lecących. Dlatego też w pododdziałach i oddziałach wojsk radiotechnicznych konieczne jest poświęcenie dużej uwagi na odpowiednie przygotowanie operatorów i techników w zakresie teorii i praktyki wykorzystania sprzętu oraz odpowiednie trenowanie nawyków pracy operatora.

Wykorzystując wszystkie możliwości stacji radiolokacyjnych w zakresie zwiększenia odległości wykrycia obiektów /celów/ nisko lecących można zwiększyć odległość wykrycia o 10% do 15%.

2.6. Wpływ warunków terenowych oraz rzeźby terenu

Odległość wykrycia obiektów /celów/ powietrznych szczególnie nisko lecących, przez naziemne stacje radiolokacyjne w znacznym stopniu zależy od terenu, w rejonie którego rozwija się stacje radiolokacyjne do pracy bojowej. Nieuwzględnienie właściwości terenu przy wyborze pozycji może w decydujący sposób wpłynąć na pracę stacji radiolokacyjnych i uniemożliwić wykonanie zadań stawianych przed sprzętem.

Każda pozycja posterunków radiolokacyjnych charakteryzuje się wielkościami kątów zakrycia, charakterem płaszczyzny odbicia, rozmiarem i konfiguracją pozycji, kątami nachylenia, zagłębieniami i nierównościami terenu, rodzajem gruntu itp.

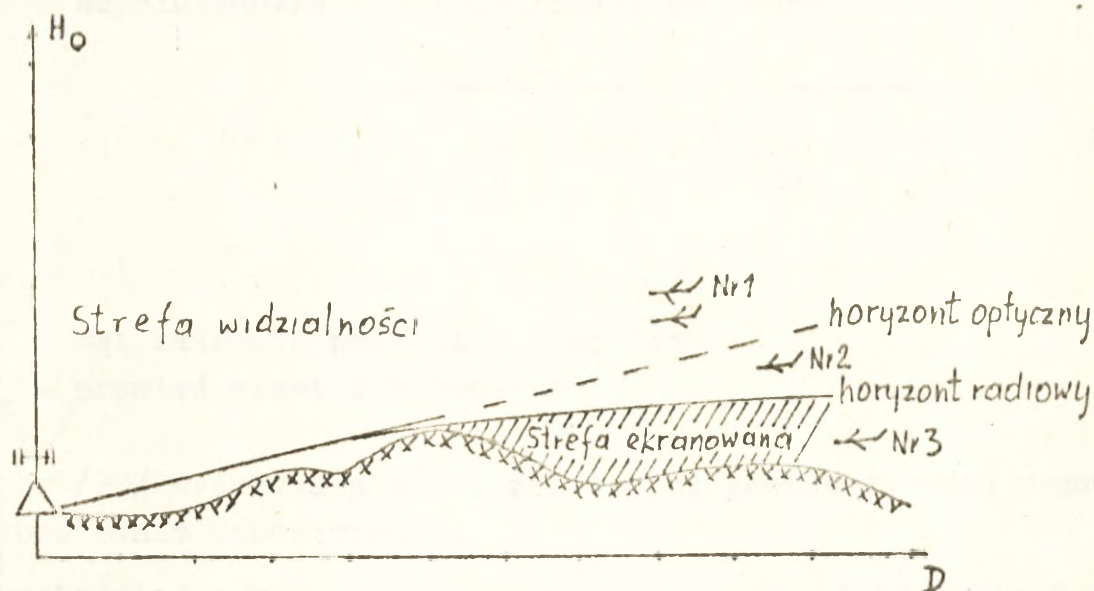
Wymagania, w stosunku do wymienionych właściwości terenu, określa się w zależności od typu rozwijanego na pozycji sprzętu radiolokacyjnego i jego taktycznego przeznaczenia.

Możliwa odległość wykrycia obiektów /celów/ powietrznych przez stacje radiolokacyjne z danej pozycji, może być oceniona dopiero po uwzględnieniu wpływu kątów zakrycia, krzywizny ziemi oraz ogólnego charakteru danego stanowiska stacji radiolokacyjnej.

Wpływ kątów zakrycia pozycji stacji radiolokacyjnej na odległość wykrywania

Kąty zakrycia tworzą się na skutek znajdowania się w terenie różnych przeszkód, zwanych przedmiotami terenowymi, takich za którymi obiekty /cele/ powietrzne szczególnie nisko lecące

nie mogą być wykryte, ponieważ za nimi występuje strefa ekranowa. Ilustruje to rys.24.



Rys.24. Wpływ przedmiotów terenowych na strefę widzialności stacji radiolokacyjnej

Jak wynika z rysunku /24/ przedmioty terenowe pozycji stanowią naturalną przeszkodę wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących, które mogą niepostrzeżenie przeniknąć w naszą strefę obrony.

Biorąc pod uwagę prostoliniowe rozchodzenie się fal radiowych, wykorzystywanych w radiolokacji poza horyzontem /uwzględniając kulistość Ziemi/ obiekty /cele/ powietrzne nie mogą być wykryte.

Oceniając zasięg horyzontalny, bez względu na parametry techniczne stacji radiolokacyjnej, cele powietrzne nie mogą być wykryte na odległościach większych niż to wynika ze wzoru 2.

Wzór /2/ słuszny jest dla pozycji, na której nie występują przedmioty terenowe /brak kątów zakrycia/. Jeżeli w terenie występują przedmioty terenowe /rys.24/ to w tym wypadku należy uwzględnić kąty zakrycia pozycji, wprowadzając współczynniki $K / \alpha /$.

Wartość współczynnika $K / \alpha /$ obliczamy ze wzoru:

$$K / \alpha / = \sqrt{1 + \frac{R_z}{2H_0} \sin^2 \alpha} - \sqrt{\frac{R_z}{2H_0} \sin^2 \alpha} \quad /20/$$

gdzie:

- α - kąt zakrycia pozycji w stopniach;
- R_z - promień ziemi w kilometrach.

Wzór /20/ wyprowadza się z zależności geometrycznych rysunku 24 po odpowiednim uproszczeniu.

Uwzględniając kąty zakrycia pozycji na danych kierunkach, horyzontalny zasięg radiolokacyjny możemy obliczyć z zależności /2/ z uwzględnieniem współczynnika $K / \alpha /$:

$$D / \text{km} / = 4,12 K / \alpha / \cdot \sqrt{H_a} + \sqrt{H_0} / \quad /21/$$

gdzie:

- $K / \alpha /$ - współczynnik obliczany ze wzoru /20/;
- α - kąt zakrycia pozycji w stopniach;
- H_a - wysokość anteny w metrach;
- H_0 - wysokość obiektu /celu/ powietrznego w metrach.

Wartość współczynnika $K / \alpha /$, wskazuje ile razy zmniejszy się horyzontalna odległość wykrycia dla zasięgu radiowego, w zależności od kątów zakrycia pozycji stacji radiolokacyjnej przedstawione są w tabeli nr 13.

TABELA 13^x

Lp.	Kąty zakrycia	Wartość K/H_c / dla obiektu /celu/ na								Uwagi
		100	200	300	400	500	600	700	1000	
1.	0°20'	0,38	0,50	0,56	0,60	0,64	0,66	0,72	0,79	
2.	0°30'	0,28	0,37	0,43	0,47	0,51	0,54	0,61	0,70	
3.	0°40'	0,22	0,30	0,35	0,40	0,43	0,46	0,53	0,62	
4.	0°50'	0,18	0,25	0,29	0,33	0,37	0,39	0,46	0,57	
5.	0°00'	0,14	0,21	0,27	0,30	0,32	0,35	0,44	0,53	
6.	1°30'	0,11	0,16	0,18	0,21	0,23	0,25	0,29	0,40	
7.	2°00'	0,08	0,11	0,14	0,15	0,17	0,19	0,24	0,32	
8.	2°30'	0,06	0,09	0,11	0,13	0,14	0,15	0,19	0,26	
9.	3°00'	0,05	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,17	0,23	

Z tabeli wynika, że obecność na pozycji nawet niewielkich kątów zakrycia stanowiska stacji radiolokacyjnej, znacznie obniża możliwą odległość wykrycia obiektów /celów/ powietrznych, a w szczególności obiektów /celów/ nisko lecących.

Teoretyczne, możliwe odległości horyzontalne dla stacji radiolokacyjnej rozwiniętej na pozycji bez kątów zakrycia, przy uwzględnieniu krzywizny Ziemi i normalnej refrakcji fal radiowych, w zależności od wysokości anteny stacji radiolokacyjnej i wysokości lotu obiektu /celu/ powietrznego, przedstawione są w tabeli nr 14.

^x Tabełę zestawiono na podstawie otrzymanych wyników obliczeń wykonanych wg wzoru /20/

TABELA 14^x

H_a /m/ \ H_c /m/	Zasięg horyzontalny w km przy $\alpha = 0^\circ$								Uwagi
	100	200	300	400	500	600	1000	2000	
7,90	52	69	82	93	103	112	141	195	
19,00	54	71	84	95	104	113	143	197	
32,00	64	82	95	106	115	124	154	208	

Znajomość bezpośredniej widzialności radiowej stacji radiolokacyjnej oraz współczynników K/α , /patrze tabela 13/, pozwala na obliczanie realnych odległości wykrycia, poprzez przemnożenie wartości odległości horyzontalnej, bez kątów zakrycia, przez odpowiedni współczynnik K/α . Na przykład: obliczyć odległość wykrywania obiektu /celu/ lecącego na wysokości $H_o=100$ m przez stację radiolokacyjną P-18 z kierunku, gdzie: $\alpha=0^\circ 30'$. Obliczenie: dla stacji radiolokacyjnej P-18 wysokość anteny $H_a=7,9$ m z tabeli nr 14 znajdujemy, że możliwa odległość teoretyczna wynosi $D=52$ km.

Z tabeli nr 13 odczytujemy $K/\alpha/=0,28$. Podstawiając do wzoru /21/ obliczamy:

$$D/\text{km}/ = 4,12 \sqrt{H_a + H_o} \cdot K/\alpha/ = 52 \cdot 0,28 = 14,56 \text{ km}$$

Z przytoczonego przykładu wynika, że kąt zakrycia pozycji $\alpha = 0^\circ 30'$ spowodował zmniejszenie się odległości wykrycia obiektu /celu/ powietrznego z 52 km do około 15 km, co stanowi zmniejszenie odległości o 72%.

Widzimy więc jak duże znaczenie posiadać może właściwy wybór pozycji dla rozwinięcia stacji radiolokacyjnej, nie uwzględniając nawet innych czynników wpływających na odległość wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących.

^x Tabele zestawiono na podstawie otrzymanych wyników obliczeń wykonanych wg wzoru /2/

Teoretyczne odległości wykrycia obiektów /celów/ nisko lecących, przy uwzględnieniu kątów zakrycia pozycji, dla stacji radiolokacyjnej z anteną zawieszoną na wysokości $H_a=9$ m przedstawione są w tabeli 15.

TABELA 15^x

α° c/m/	Odległości wykrycia w km, przy uwzględnieniu kątów zakrycia pozycji, w km									Uwagi
	0°20'	0°30'	0°40'	0°50'	1°00'	1°30'	2°00'	2°30'	3°00'	
100	21	15	12	10	7	6	4	3	2	
200	36	26	21	18	15	11	8	6	5	
300	47	36	29	24	22	15	11	9	7	
400	57	44	38	31	28	20	14	12	10	
500	66	53	45	38	33	24	17	14	12	
600	74	61	52	44	39	28	21	17	14	
000	103	87	76	66	63	41	34	27	24	
000	155	138	122	112	104	79	63	51	45	

Dane odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej, w tabeli nr 3, obliczone zostały teoretycznie bez uwzględnienia danych parametrów stacji radiolokacyjnych. Są to maksymalne odległości bezpośredniej widzialności radiowej.

Dla konkretnych stacji radiolokacyjnych odległości wykrycia mogą być zbliżone do danych zamieszczonych w tabeli. Obliczyć je można uwzględniając parametry techniczne stacji oraz wpływ czynników zewnętrznych konkretnej pozycji.

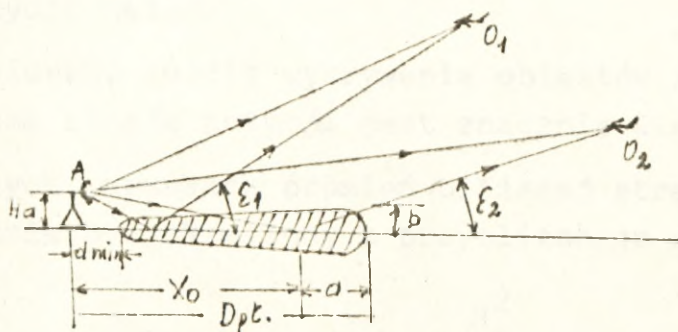
Przedmioty terenowe, występujące na realnych pozycjach, tworzą kąty zakrycia pozycji, za którymi obiekty /cele/ powietrzne nie mogą być obserwowane.

^x Tabele zestawiono na podstawie otrzymanych wyników obliczeń

Oprócz strefy ekranowej, za przedmiotami terenowymi, występuje zjawisko odbicia /echo radiolokacyjne/ od pozostałych przedmiotów terenowych, na tle których obiekty /cele/ powietrzne również nie mogą być wykryte przez operatora stacji radiolokacyjnej. Sygnały echa radiolokacyjnego od przedmiotów terenowych posiadają większą intensywność od sygnałów echa obiektów /celów/ realnych, dlatego też współczesne stacje radiolokacyjne wyposaża się w efektywne urządzenia tłumienia ech stałych, zwanych w skrócie TES, dzięki którym obiekty /cele/ ruchome skutecznie wykrywa się na tle odbić od przedmiotów terenowych. Należy przy tym podkreślić i mieć na uwadze, że włączenie do pracy urządzeń koherentno-impulsowych TES, powoduje zmniejszenie się odległości wykrycia obiektów /celów/ powietrznych o około 10% - 15%.

Bliższa strefa pozycji i jej wpływ na zasięg wykrywania

Praca naziemnych stacji radiolokacyjnych zakresu metrowego i decymetrowego związana jest z wykorzystaniem energii elektromagnetycznej odbitej od ziemi, na której rozwinięta jest stacja radiolokacyjna. W danym wypadku pole elektromagnetyczne wytworzone przez antenę stacji radiolokacyjnej jest rezultatem interferencji dwóch fal, a mianowicie: fali bezpośredniej - padającej na cel i fali odbitej od ziemi, również dochodzącej do celu. Zależność ta przedstawiona jest na rys. 25.



Rys. 25. Bliższa strefa pozycji

W rezultacie odbicia od ziemi, kierunkowa charakterystyka promieniowania anteny, w płaszczyźnie pionowej, przyjmuje listkowy charakter, przy czym wielkość i liczba listków zależy od warunków odbicia i wysokości zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej nad ziemią.

Odbicie fal radiowych od ziemi występuje na dużej płaszczyźnie dookoła stacji radiolokacyjnej mimo, że nie wszystkie punkty płaszczyzny odbicia jednakowo biorą udział w kształtowaniu kierunkowej charakterystyki promieniowania anteny.

Granice płaszczyzny odbicia, tzn. promień bliższej strefy pozycji, określa się w ten sposób, aby faza fali odbitej nie różniła się od fazy bezpośredniej więcej niż 90° . Płaszczyzna ta posiada kształt elipsy i analogicznie jak w optyce nosi nazwę strefy Fresnela.

W zależności od kąta wzniesienia obiektu /celu/ powietrznego stref Fresnela może być bardzo duża. Przy określaniu rozmiarów płaszczyzny odbicia należy uwzględnić działanie /wpływ/ tylko pierwszej strefy Fresnela, której wielkość zależna jest od kąta wzniesienia obiektu /celu/ powietrznego, długości fal radiowych i wysokości zawieszenia anteny nad płaszczyzną odbicia. Przy małych kątach wzniesienia obiektu /celu/ powietrznego elipsa płaszczyzny odbicia gwałtownie się zwiększa i posiada kształt bardziej wydłużony. Wraz ze zwiększeniem kąta wzniesienia obiektu /celu/ płaszczyzna odbicia skraca się, a promień bliższej strefy pozycji maleje.

Stąd wniosek, że dla wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących bliższa strefa pozycji jest znacznie większa.

W realnych warunkach promień bliższej strefy pozycji $R_{str.bl.}$ może być określony z przybliżonego wzoru:

$$R_{str.bl.} = 23,3 \frac{H_a^2}{\lambda} \quad /22/$$

gdzie:

$R_{str.bl.}$ - promień płaszczyzny odbicia strefy bliższej pozycji w metrach;

H_a - wysokość zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej w metrach;

λ - długość fali radiowej w metrach.

$$d_{\min} = 0,7 \frac{H_a^2}{\lambda} \quad /23/$$

Dla przykładu określimy wielkość płaszczyzny odbicia pozycji stacji radiolokacyjnej typu P-18, z wykorzystaniem typowej anteny zawieszanej na wysokości $H_a = 7,9$ m i średniej długości fali radiowej $\lambda = 2$ m.

$$R_{\text{str.bl.}} = 23,3 \frac{H_a^2}{\lambda} = 23,3 \frac{17,9^2}{2} = 733 \text{ m}$$

$$d_{\min} = 0,7 \frac{H_a^2}{\lambda} = 0,7 \frac{17,9^2}{2} = 22 \text{ m}$$

W celu zwiększenia możliwości wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących, przez stację radiolokacyjną typu P-18, możemy wykorzystać maszt antenowy typu "UNŻA" o wysokości $H_a = 32$ m. Ponieważ obiekty /cele/ nisko lecące znajdują się pod niedużymi kątami wzniesienia, dlatego też promień bliższej strefy pozycji gwałtownie wzrośnie, na przykład: przy wykorzystaniu anteny o wysokości $H_a = 32$ m, dla $\lambda = 2$ m otrzymujemy:

$$R_{\text{str.bl.}} = 23,3 \frac{32^2}{2} = 23,3 \cdot 512 = 11,929 \text{ m}$$

$$d_{\min} = 0,7 \cdot 512 = 385 \text{ m}$$

Widzimy z powyższego, że w realnych warunkach niemożliwe jest wybranie pozycji, dla stacji radiolokacyjnej zakresu metrowego, o promieniu strefy bliższej w granicach rzędu 12 km. Dlatego też nie wykorzystuje się w 100% możliwości wynikających z odbicia energii elektromagnetycznej od ziemi.

Na przykład, dla stacji radiolokacyjnych zakresu metrowego i decymetrowego, intensywność odbicia energii elektromagnetycznej od płaszczyzny strefy bliższej pozycji, dla kąta wzniesienia obiektów /celów/ $\xi = 1^\circ$ przedstawiona jest w tabeli 16.

TABELA 16

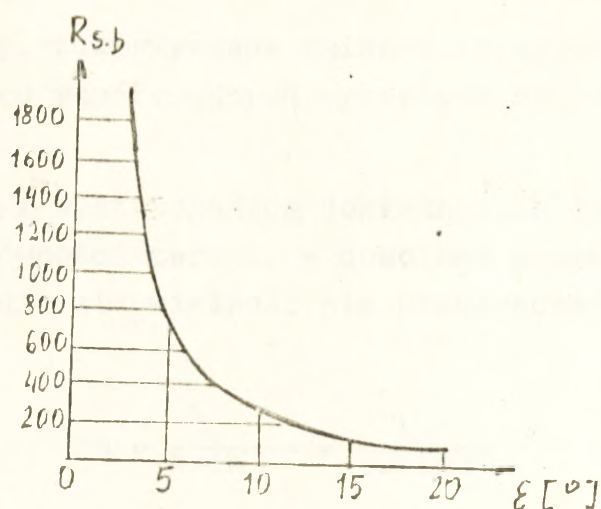
Przyjęta umownie całość odbijanej energii	Wymiary w metrach i liczba stref Fresnela oraz wartość odbijanej energii w każdej strefie w %					
	I	II	III	IV	V	
100%	50-260	260-400	400-540	540-850	850-1600	>1600
/E _{maks} /	55	20	10	7	5	3

Dla stacji radiolokacyjnej typu P-18 promień bliższej strefy pozycji obliczony ze wzoru /22/ wynosi 733 m. Strefa energii odbitej poza odległością strefy bliższej, w granicach 3%-5%, w praktyce jest pomijana.

Z tabeli 16 widzimy, że energia elektromagnetyczna odbita od ziemi i dochodząca do obiektu /celu/ powietrznego, wynosi około 95% E_{max}.

Pozostałe 5% energii tracone jest, co przy wykrywaniu obiektów /celów/ powietrznych na średnich i dużych wysokościach nie ma praktycznego znaczenia, natomiast przy wykrywaniu obiektów /celów/ nisko lecących nie należy rezygnować /o ile to jest możliwe/ z pozostałych 5% energii odbitej od ziemi.

Orientacyjna zależność promienia strefy bliższej pozycji /R_{s.b}/ od kąta wzniesienia /ξ/ obiektu /celu/ przedstawiona jest na wykresie rys.26.



Rys. 26. Zależność promienia strefy bliższej pozycji od kąta wzniesienia obiektu /celu/ powietrznego

Wykres ten dotyczy stacji radiolokacyjnych zakresu metrowego i decymetrowego, które pracują z wykorzystaniem odbicia energii elektromagnetycznej od ziemi.

Jeżeli rozmiary płaszczyzny odbicia są mniejsze od wymaganych, to charakterystyka kierunkowego promieniowania anteny stacji radiolokacyjnej w granicach małych kątów wzniesienia, będzie bardzo zniekształcona, a odległość wykrycia obiektów /celów/ na tych kierunkach zmniejszy się oraz pociągnie za sobą powstawanie dużych błędów pomiaru współrzędnych.

Bliższa strefa pozycji oprócz swoich rozmiarów liniowych charakteryzuje się również charakterem powierzchni, jej nachyleniem, nierównościami, rodzajem gruntu, wilgotnością itp.

Mówimy, że płaszczyzna odbicia powinna być gładka. Pojęcie "gładka" jest umowne i zależy od stosunku wielkości nierówności płaszczyzny do długości fali, pod którym dana nierówność jest opromieniowana energią elektromagnetyczną.

Nierówności znajdujące się na płaszczyźnie odbicia powodują, że odbicie energii ma charakter dyfuzyjny /rozproszony/, przy tym występują zniekształcenia kierunkowej charakterystyki promie-

niowania anteny, towarzyszące zmianom odległości wykrywania i błędom pomiaru współrzędnych wykrytych obiektów /celów/ powietrznych.

W praktyce, z wystarczającą dokładnością dopuszczalnych wielkości nierówności terenu, w dowolnym punkcie płaszczyzny odbicia przyjmuje się wielkość nie przekraczającą h , która wynosi:

$$\Delta h = \frac{\lambda}{k \sin \xi} = \frac{\lambda}{30 \sin \xi} \quad /24/$$

gdzie:

Δh - dopuszczalna wielkość nierówności terenu w metrach;

λ - długość fali roboczej stacji radiolokacyjnej w metrach;

ξ - kąt opromieniowania nierówności terenu energią elektromagnetyczną, w stopniach;

k - współczynnik eksperymentalny, w optyce mieści się w granicach $k=16 - 32$.

Kąt opromieniowania nierówności terenu, bliższej strefy pozycji, zależy od kąta nachylenia anteny, wysokości zawieszenia anteny i odległości anteny do nierówności. Kąt ten możemy obliczyć z zależności:

$$\operatorname{tg} E = \frac{H_a}{d} \quad /25/$$

gdzie:

d - odległość od anteny do nierówności, w metrach;

H_a - wysokość zawieszenia anteny w metrach;

E - kąt opromieniowania nierówności terenu w stopniach odczytujemy go z tablic trygonometrycznych.

Wpływ spadku i wzniesienia terenu bliższej strefy pozycji stacji radiolokacyjnej na odległość wykrywania obiektów /celów/ powietrznych

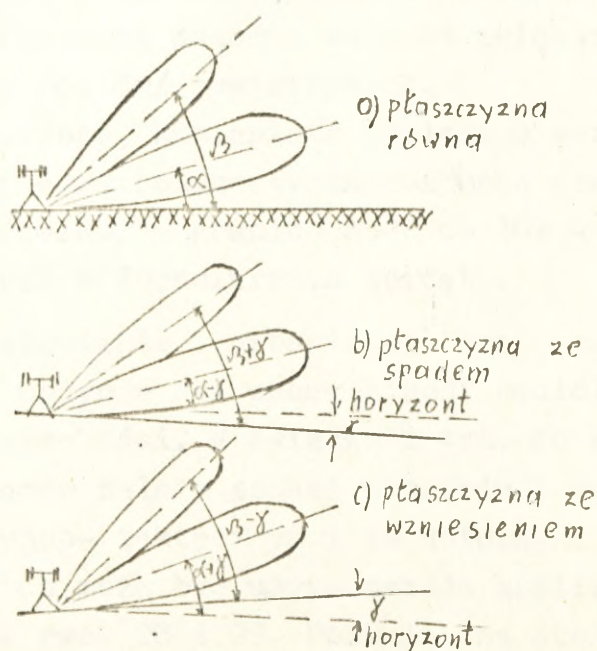
Bliższa strefa pozycji charakteryzuje się, między innymi, wzniesieniem lub spadkiem terenu w stosunku do horyzontu.

Wzniesienie lub spadek terenu, na poszczególnych kierunkach określa się średnim kątem spadku terenu, na poszczególnych kierunkach określa się średnim kątem spadku /wzniesienia/, który ma decydujący wpływ na odległość wykrywania obiektów /celów/ powietrznych.

Przy rozwinięciu systemu antenowego stacji radiolokacyjnej na płaszczyźnie posiadającej spadek lub wzniesienie, kierunkowa charakterystyka promieniowania anteny, w płaszczyźnie pionowej, zmienia swoje położenie w stosunku do horyzontu o kąt równy w przybliżeniu, średniemu kątowi nachylenia płaszczyzny bliższej strefy pozycji.

Jak widać z rys. 27 przy kącie spadku wiązka promieniowania anteny opuszcza się o ten sam kąt - γ . Obiekty /cele/ nisko lecące w tym wypadku mogą być wykrywane na większych odległościach.

Przy wzniesieniu płaszczyzny pozycji o kąt $+\gamma$ wiązka kierunkowego promieniowania anteny podnosi się o kąt $+\gamma$. W tym wypadku na większych odległościach można wykrywać obiekty /cele/ lecące na średnich i dużych wysokościach. Obiekty /cele/ nisko lecące wykrywane będą w tym wypadku na mniejszych odległościach.



Rys.27. Wpływ płaszczyzn spadku lub wzniesienia na kierunkową charakterystykę promieniowania anteny

Należy mieć przy tym na uwadze, że nachylenie płaszczyzny bliższej strefy pozycji, dopuszczalne jest w granicach 3° - 5° . Przy większych bezwzględnych nachyleniach pozycji stacji radiolokacyjnej wiązka kierunkowego promieniowania anteny zniekształca się i doprowadza do zmniejszenia zasięgu wykrywania oraz powoduje powstawanie dużych błędów przy określeniu współrzędnych wykrytych obiektów /celów/ powietrznych.

Kąty nachylenia płaszczyzny pozycji stacji radiolokacyjnej dotyczą tylko bliższej strefy $D_{str.bl.}$ w granicach 150 - 600 m, ponieważ tylko ta strefa bierze udział w kształtowaniu kierunkowej charakterystyki promieniowania anteny w płaszczyźnie pionowej. Dalsza strefa pozycji, sięgająca do 30-50 km wpływa jedynie na tworzenie się odbić od przedmiotów terenowych i kątów zakrycia pozycji.

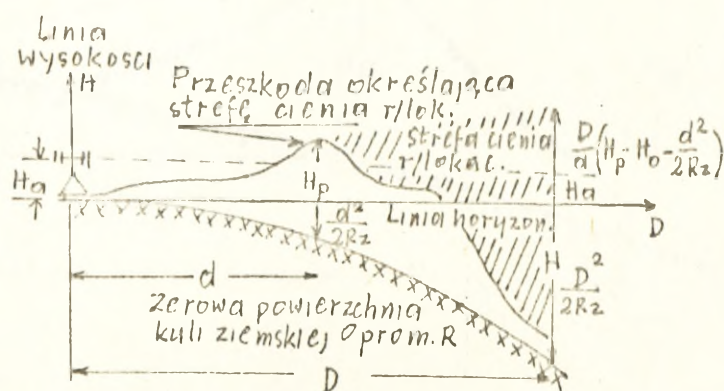
Przy wyborze pozycji do rozwinięcia stacji radiolokacyjnej należy brać również pod uwagę rodzaj gruntu, wilgotność gleby i poszycia terenu, ponieważ te czynniki stwarzają lepsze lub gorsze warunki odbicia energii elektromagnetycznej i wpływają na zwiększenie lub zmniejszenie się odległości wykrycia obiektów /celów/ nisko lecących.

Najlepszymi pozycjami dla rozwinięcia stacji radiolokacyjnej są tereny z wilgotnym gruntem, w pobliżu jezior i wybrzeża morskiego, które stwarzają dogodne warunki zwiększenia odległości wykrywania obiektów /celów/ powietrznych. Suche grunty piaszczyste, kamieniste posiadają gorsze właściwości odbicia się energii elektromagnetycznej i mogą zmniejszyć zasięg wykrycia obiektów /celów/ w granicach 20 do 30% w stosunku do danych zamieszczonych w formularzach sprzętu.

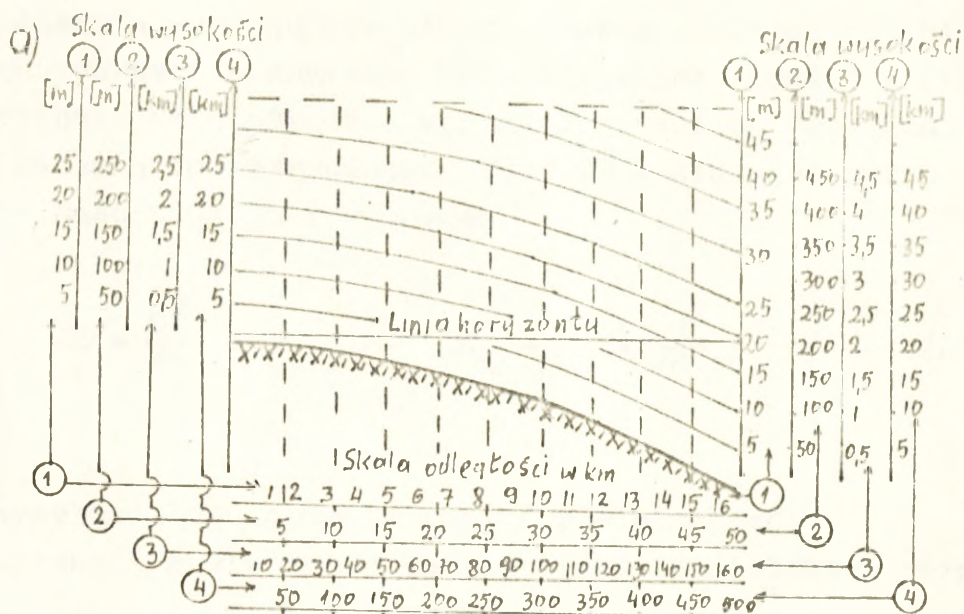
W dobie uprzemysłowienia i urbanizacji kraju coraz trudniej wybrać odpowiednie pozycje dla pracy stacji radiolokacyjnych w zakresie małych wysokości. W związku z tym, do rozwiązywania powstających problemów należy szukać sposobów i metod zarówno w sensie organizacyjno-taktycznym i technicznym. Do rozwiązywania niektórych z nich może być użyta metoda graficzno-matematyczna przedstawiona na rys. 28 i 29. Pozwala ona stosunkowo szybko i z dostateczną dokładnością określić także wielkości, jak: odległość horyzontu optycznego na poszczególnych kierunkach; realne strefy wykrywania /strefy widzialności/ stacji radio-

lokacyjnych na małych wysokościach; strefy cienia radiolokacyjnego na małych wysokościach; granice odległości działania radiotechnicznych środków nawigacji i łączności, zakresu UKF; kąty zakrycia występujące na pozycji stacji radiolokacyjnej; wysokość sztucznych nasypów, w celu likwidacji kątów zakrycia; wysokość zawieszenia anteny dla zwiększenia odległości wykrywania na małych wysokościach.

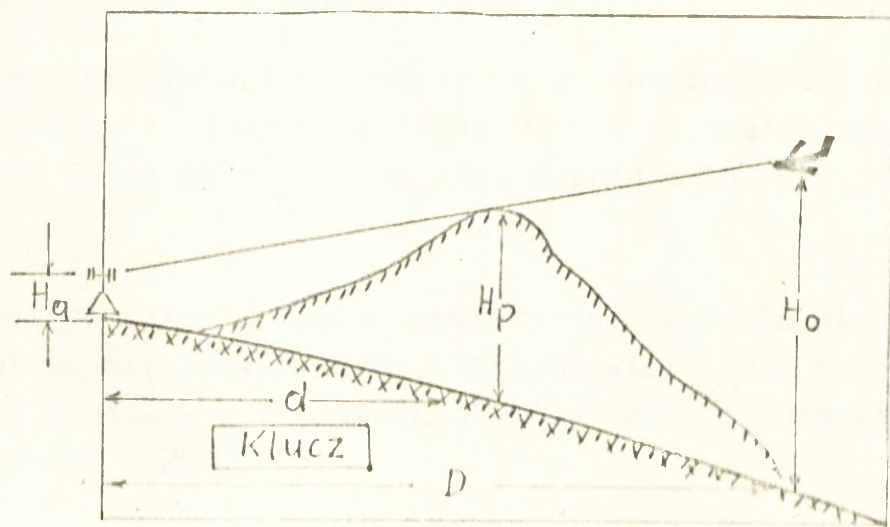
Powyższa metoda polega na graficzno-matematycznym modelowaniu przebiegu linii optycznej widzialności w terenie. Po trasie przebiegu linii wybiera się z mapy przeszkody, które tworzą obszar cienia radiolokacyjnego w rozpatrywanym sektorze /kierunku/. Źródłem powstawania radiocienia mogą być: przewyższenia terenowe, zwarta zabudowa, wysokopienny las, linie przesyłowe wysokiego napięcia, różnego rodzaju konstrukcje stalowe i żelbetowe itp. Po określeniu granic radiocienia oraz odległości widzialności optycznej, można aproksymować strefę wykrywania stacji radiolokacyjnej na małej wysokości. Metoda ta pozwala wyeliminować błędy towarzyszące innym znanym metodom i sposobom w zakresie prognozowania pola radiolokacyjnego na małych wysokościach.



Rys.28. Graficzno-matematyczna metoda określania stref cienia radiolokacyjnego



b)



Rys. 29. Graficzno-matematyczna metoda określania granicy zasięgu działania stacji radiolokacyjnych, gdzie:

$$H = \frac{D^2}{12,7} + H_a + \frac{D}{d} / H_p - H_a - \frac{d^2}{12,7} /$$

H_a - wysokość zawieszenia elementu promieniującego;

H_p - wysokość przeszkody;

d - odległość od przeszkody;

D - odległość do celu;

H w m, D i d w km. b. schemat ideowy

Nomogram zamieszczony na rys. 29 schematycznie odzwierciedla realne powiązania występujące między prawem rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w zakresie UKF, krzywizną ziemi i rzeźbą jej powierzchni. Matematycznie współzależności te rozwiązuje się za pomocą zadania geometrycznego /rys. 29 - klucz/ i można je przedstawić następującym równaniem:

$$H = \frac{D^2}{2R} + H_a + \frac{D}{d} \left[H_p - H_a - \frac{d^2}{2R} \right] \quad /26/$$

gdzie:

- H - wysokość lotu obiektu /celu/ powietrznego;
- H_a - wysokość zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej;
- D - odległość do obiektu /celu/ powietrznego;
- H_p - wysokość przeszkody;
- d - odległość od stacji radiolokacyjnej do przeszkody;
- R - promień kuli ziemskiej /6360 km/.

Do budowy nomogramu i uproszczenia prowadzonych obliczeń przyjęto określoną tolerancję błędu. I tak np. za zerową powierzchnię ziemi przyjęto nie koło o promieniu /R/, lecz parabolę $-\frac{D^2}{2R}$.

Odległość do obiektu /celu/ powietrznego określa się nie po powierzchni ziemi, lecz zgodnie z przebiegiem linii horyzontu. Błędy jakie powstają w praktycznych obliczeniach, nie powinny być większe niż 1-2%.

3. PRZEDSIĘWZIĘCIA ZWIĘKSZAJĄCE MOŻLIWOŚCI STACJI RADIO- LOKACYJNYCH W ZAKRESIE WYKRYWANIA I ŚLEDZENIA OBIEKTÓW /CEŁÓW/ NISKO LECĄCYCH

3.1. Wybór pozycji pod rozwinięciem stacji radiolokacyjnych

Jednym z podstawowych zagadnień organizacji pola radiolokacyjnego do wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ powietrznych, w pododdziałach wojsk radiotechnicznych, jest wybór i przygotowanie pozycji dla rozwinięcia stacji radiolokacyjnych. Odpowiedni wybór pozycji i odpowiednie opracowanie topograficzne terenu umożliwia właściwe wykorzystanie stacji radiolokacyjnych oraz prognozowanie możliwości bojowych pododdziałów radiotechnicznych, które rozwijają posterunki radiolokacyjne /RLP/.

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

W celu właściwego wykorzystania stacji radiolokacyjnych w pododdziałach wojsk radiotechnicznych, należy je rozwijać w ugrupowaniu bojowym na odpowiednio wybranych pozycjach, odpowiadających wymogom technicznym, określonym dla danego typu stacji radiolokacyjnych.

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

Każda pozycja posterunku radiolokacyjnego powinna charakteryzować się odpowiednią wielkością promienia bliższej strefy pozycji, jej konfiguracją, poszyciem i podłożem - rodzajem gruntu i wilgotności oraz odpowiednimi 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 stacji radiolokacyjnych oraz taktycznego przeznaczenia organizowanego posterunku radiolokacyjnego, a także zadań stawianych przed pododdziałem wojsk radiotechnicznych.

Z punktu widzenia potrzeb taktycznych dla każdego posterunku radiolokacyjnego wojsk obrony powietrznej kraju należy wybrać jedną pozycję zasadniczą: 2-3 pozycje zapasowe /bojowe/; 1-2 pozycje ćwiczebne oraz pozycje pozornych posterunków radiolokacyjnych, które powinny odpowiadać potrzebom realnych pozycji bojowych.

Wyboru pozycji dokonuje grupa rekonesansowa, która na miejscu w terenie wybiera odpowiednie pozycje uwzględniając wszystkie cechy terenu które powinny odpowiadać wymaganiom jakie stawia się przy wyborze pozycji.

Po wyborze pozycji grupa rekonesansowa sporządza dokumentację.

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 posterunek radiolokacyjny.

Na podstawie realnych stref wykrywania stacji radiolokacyjnych określa się strefę wykrywania pododdziału wojsk radiotechnicznych /np. brt/, sprawdza się ciągłość pola radiolokacyjnego, jego parametry oraz dokonuje się ewentualnych zmian w ugrupowaniu stacji radiolokacyjnych celem udoskonalenia ciągłości w polu radiolokacyjnym pododdziału.

W skali oddziału może być dokonany oblot kontrolny, w celu zbadania możliwości występowania "martwych stref" w polu radiolokacyjnym, a następnie dokonania ewentualnych zmian w ugrupowa-

niu bojowym pododdziałów radiotechnicznych. Dokładnej oceny parametrów i ciągłości pola radiolokacyjnego można dokonać wykorzystując ośrodki obliczeniowe, po opracowaniu algorytmu dla EMC. W części czwartej opracowania zostanie przedstawione modelowanie pola radiolokacyjnego na małych wysokościach.

3.2. Prognozowanie możliwości bojowych stacji radiolokacyjnych rozwiniętych na pozycji posterunku radiolokacyjnego

Po wyborze pozycji dla rozwinięcia i pracy bojowej stacji radiolokacyjnych na stanowisku, decydujące znaczenie posiada prognozowanie możliwości bojowych stacji radiolokacyjnych 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 obiektów /celów/ powietrznych przez wykorzystanie stacji radiolokacyjnych na danym posterunku radiolokacyjnym.

Możliwości bojowe stacji radiolokacyjnych mogą być oceniane na podstawie danych parametrów charakterystyk kierunkowego promieniowania anten stacji radiolokacyjnych w płaszczyznach pionowych. W ogólnym wypadku strefa wykrywania stacji radiolokacyjnych, pracujących w zakresie fal metrowych i decymetrowych, można określić następującym równaniem:

$$D = D_{\text{maks}} \cdot F / \Theta / \Phi_z / \Theta / \quad /27/$$

gdzie:

- D_{maks} - maksymalny zasięg wykrycia obiektu /celu/ powietrznego przez stację radiolokacyjną 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 stacji radiolokacyjnej;
- Θ - kąt wzniesienia obiektu /celu/ powietrznego.

Maksymalna odległość wykrywania stacji radiolokacyjnej zależy jest jak to już opisano w rozdziale 2, od parametrów technicznych stacji, efektywnej powierzchni odbicia obiektu /celu/ powietrznego oraz metod opracowania sygnału radiolokacyjnego. Odległość ta może być obliczona z podstawowego równania radiolokacji /wzór nr 3/. Dla stacji radiolokacyjnych rozwiniętych na pozycji D_{maks} oblicza się w zasadzie metodami statystycznymi.

Iloczyn wielkości $F/\theta / \Phi_z / \theta /$ przedstawia sobą znormalizowaną charakterystykę kierunkowego promieniowania anteny stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie pionowej pod danym kątem wzniesienia θ , z uwzględnieniem wpływu ziemi, określonego współczynnikiem $k/\theta /$. Charakterystyka promieniowania może być wyliczona dla dyskretnych 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 charakterystykę antenową określa się kierunkowością promieniowania anteny stacji radiolokacyjnej i wpływem ziemi, bliższej strefy pozycji, to znaczenie realnej charakterystyki będzie zmieniało się w zależności od wielkości kąta wzniesienia θ i wielkości modułu 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 stacji radiolokacyjnej 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 opromieniania - 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 stacji radiolokacyjnej/ maksymalnej odległości wykrycia D_{\max} oraz określonego współczynnika interferencyjnego $K/ /$, określa się strefę wykrywania stacji radiolokacyjnej na średnich i dużych wysokościach.

W strefie dyfrakcyjnej, strefę wykrywania stacji radiolokacyjnej 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 50-100 m.

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

Rozpatrzmy metodykę obliczeń kierunkowej charakterystyki promieniowania anteny w strefie dyfrakcyjnej, tzn. na małych wysokościach.

3.3. Obliczanie strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach

Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach formowana jest w strefie dyfrakcyjnej, dlatego też pole elektromagnetyczne przy obiekcie /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, uwzględniony jest poprzez wprowadzenie mnożnika tłumienia pola elektromagnetycznego w swobodnej przestrzeni, określonego symbolem V .

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

$$D = D_{\max} \quad V = V \cdot \sqrt{C \cdot J \cdot \frac{1}{m}} \quad /28/$$

gdzie:

- C - energetyczna charakterystyka stacji radiolokacyjnej, zależna od parametrów technicznych stacji;
- J - współczynnik odbicia energii elektromagnetycznej od obiektu /celu/ radiolokacyjnego;
- m - graniczny stosunek energii echosygnału do spektralnej gęstości szumów, przy którym w stacji radiolokacyjnej zapewnia się zadane prawdopodobieństwo prawidłowego wykrycia obiektu /celu/ radiolokacyjnego.

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

$$V = f /x \cdot y_1 \cdot y_2 \cdot g/ \quad /29/$$

gdzie:

- x - odległość stacji radiolokacyjnej do obiektu /celu/ radiolokacyjnego;
- y_1, y_2 - odpowiednia wysokość anteny stacji radiolokacyjnej i obiektu /celu/ radiolokacyjnego;
- g - wielkość stała, zależna od długości fali roboczej, polaryzacji fali oraz elektrycznych właściwości gruntu bliższej strefy pozycji.

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

$$40 \log \frac{D}{V} = C/db/ + J /db/ - m /db/ \quad /30/$$

Lewa część równania /30/ przedstawia sobą całkowite tłumienie gęstości strumienia energii elektromagnetycznej na drodze rozchodzenia się fali tj. od anteny stacji radiolokacyjnej do celu i od celu do urządzeń zobrazowania sygnału radiolokacyjnego.

Sens graficzny metody, rozwiązania równania zasięgu stacji radiolokacyjnej, polega na obliczeniu całkowitego tłumienia $40 \log \frac{D}{V}$ dla różnych odległości, według danych wysokości anteny i wysokości obiektu /celu/, dla odpowiadającej fali i efektywnego promienia Ziemi. Szukane odległości wykrycia /przy danych h anteny, h nasypu, h obiektu /celu// określa się jako odległość, której odpowiada całkowite tłumienie energii obliczone zgodnie ze wzorem /30/.

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

$$D/\text{km}/ = 4,12 \cdot K \sqrt{H_a/\text{m}/ + H_n/\text{m}/} + \sqrt{H_o/\text{m}/} \quad /31/$$

gdzie:

K - współczynnik uwzględniający możliwości wykorzystania horyzontu radiowego, przez daną stację radiolokacyjną;

H_a, H_n, H_o - odpowiednia wysokość anteny, nasypu i obiektu /celu/ radiolokacyjnego.

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:

$$D < K < 1$$

Dane wartości współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K , w zależności od wielkości całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej, dla fali $\lambda = 3$ m, przedstawione są w tabeli 17.

TABELA 17

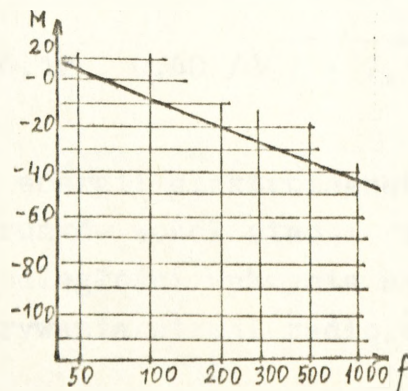
$40 \log \frac{D}{V}$ /db/	205	210	215	220	225	230	240
K	0,40	0,55	0,60	0,66	0,74	0,83	0,95

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:

$$40 \log \frac{D}{V} = C/db/ + J/db/ - m/db/ - M/db/ \quad /32/$$

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. 30.



Rys. 30. Wykres częstotliwościowej zależności odchylenia wielkości całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej

Obliczenia odległości wykrywania stacji radiolokacyjnej dla małej wysokości np. $H_0 = 200$ m, można dokonać w następujący sposób. Przede wszystkim z danych charakterystyk stacji radiolokacyjnej znajdujemy całkowite tłumienie energii elektromagnetycznej.

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

Następnie z tabeli 17 znajdujemy wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K dla naszej stacji radiolokacyjnej, przy obliczonym tłumieniu 215 db. Wartość współczynnika wynosi:

$$K = 0,60$$

Korzystając ze wzoru /31/ otrzymujemy dla odległości wykrycia:

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

Przy przeszkodach terenowych pozycji, nie przekraczających $H_p = 20-30$ m, uwzględniamy również wielkość tłumienia dyfrakcyjnego, znajdując z wykresu rys.30 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 tabeli 17 widzimy, że współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego, po uwzględnieniu tłumienia dyfrakcyjnego, zmalał do wartości $K=0,40$, a odległość wykrycia wyniesie:

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

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

Przy obliczaniu strefy wykrywania stacji radiolokacyjnych konieczna jest znajomość wartości współczynników wykorzystania horyzontu radiowego K, dla posiadanych stacji radiolokacyjnych oraz współczynników kątów zakrycia pozycji K/00 /. Omówmy je pokrótce.

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

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

Dla stacji radiolokacyjnych, znajdujących się aktualnie w wyposażeniu np. wojsk radiotechnicznych OPK, średnie wartości współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K przedstawione są w tabeli 18.

Wartości współczynników K dotyczą danego typu stacji radiolokacyjnej, dla skutecznej powierzchni odbicia obiektu /celu/ radiolokacyjnego $\sigma = 10 \text{ m}^2$ i $\sigma = 1 \text{ m}^2$.

TABELA 18

Typ stacji σ / m^2	Wartość współczynnika K						
	P-18	P-14F	RT-17 "NAREW"	JAWOR -M2	P-37	PRW-13	PRW-9
$\sigma = 10 \text{ m}^2$	0,48	0,71	0,69	0,80	0,64	0,77	0,57
$\sigma = 1 \text{ m}^2$	0,34	0,47	0,51	0,63	0,47	0,58	0,41

Znajomość wartości współczynników wykorzystania horyzontu radiowego K, dla posiadanych stacji radiolokacyjnych, umożliwia służbie technicznej wojsk radiotechnicznych obliczanie realnych stref wykrywania obiektów /celów/ powietrznych, szczególnie dolnej warstwy pola radiolokacyjnego po rozwinięciu stacji radiolokacyjnych na pozycji. Metodyka obliczeń omówiona została powyżej.

- H_a - wysokość masztu antenowego stacji radiolokacyjnej;
 H_n - wysokość nasypu, na którym rozwinięta jest stacja radiolokacyjna;
 H_{t_1} - wysokość terenu nad poziomem morza, w punkcie rozwinięcia stacji radiolokacyjnej;
 H_o - rzeczywista wysokość obiektu /celu/ radiolokacyjnego;
 H_{t_2} - wysokość terenu nad poziomem morza w punkcie, nad którym znajduje się obiekt /cel/ radiolokacyjny;
 - kąt zakrycia pozycji.

Odległość wykrycia obiektu /celu/ radiolokacyjnego przez stację radiolokacyjną, przy uwzględnieniu kątów zakrycia pozycji, w strefie dyfrakcyjnej możemy obliczyć ze znanego wzoru:

$$D/\text{km}/ = 4,12 \cdot K/\alpha/ \cdot K\sqrt{H_{\text{RLS}}} + \sqrt{H_o}$$

gdzie:

$$H_{\text{RLS}} = H_a + H_n + H_{t_1};$$

$$H_o = H_o + h_{t_2};$$

$K/\alpha/$ - 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 /20/

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

gdzie:

R_z - efektywny promień Ziemi /z uwzględnieniem refrakcji/

$$R_z = 8500 \text{ km}$$

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

$$0 \leq K/\alpha/ \leq 1$$

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

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

Przy większych kątach zakrycia pozycji, przy których $K/|\alpha|$ przyjmuje wartość powyżej 6, wzór /20/ może być niesłuszny.

Reasumując należy stwierdzić, że celem prawidłowego wykorzystania stacji radiolokacyjnych i zorganizowania ciągłego pola radiolokacyjnego na małych wysokościach o wymaganych parametrach, należy posługiwać się realnymi strefami wykrywania stacji radiolokacyjnych, przy rozwinięciu ich na konkretnych pozycjach. Należy uwzględnić wszystkie właściwości pozycji, posługując się przy tym obliczonymi współczynnikami, do których należą: współczynnik interferencyjny $K/|\alpha|$; współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego K ; współczynnik kątów zakrycia pozycji $K/|\alpha|$; mnożnik tłumienia dyfrakcyjnego M ; parametry taktyczno-techniczne stacji radiolokacyjnych.

Uwzględnienie wszystkich czynników wpływających na ciągłość i parametry pola radiolokacyjnego w pododdziałach wojsk radiotechnicznych nie zawsze jest możliwe i dlatego też należy dążyć do udoskonalenia algorytmów opracowania realnego pola radiolokacyjnego przy użyciu programów dla EMC, co zostanie przedstawione w dalszej części opracowania.

3.4. Przedsięwzięcia organizacyjno-techniczne stosowane w wojskach radiotechnicznych zabezpieczające wykrywanie i śledzenie obiektów /celów/ nisko lecących

W celu wykonania zadań bojowych, w zakresie wykrywania i śledzenia obiektów /celów/ nisko lecących, w wojskach radiotechnicznych może być stosowany cały szereg przedsięwzięć organizacyjno-technicznych, do których można zaliczyć: wybór optymalnych warunków pracy i odpowiednich pozycji odpowiadających potrzebom wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących przez stacje radiolokacyjne; wykorzystanie stacji radiolokacyjnej RT-17 "NAREW" z anteną na maszcie przystosowanym do pracy na wysokości 19 lub 25 m; wykorzystanie naziemnych wysokościomierzy radiolokacyjnych

typu PRW-11, PRW-13, RW-31 "NIDA" do wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących w dookrężnym rodzaju pracy wysokościomierza. Wykorzystuje się przy tym wskaźniki obserwacji okrężnej, przy zsynchronizowaniu wysokościomierzy impulsami spustowymi stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej pracujących w zakresie fal cm. Kąty nachylenia elektrycznej osi anten wysokościomierzy mogą być ujemne. Optymalne nasypy o wysokości 6 m; wykorzystanie możliwości przystosowania stacji radiolokacyjnej P-37 do pracy z pokrywającymi się osiami maksymalnego promieniowania anteny pierwszego i czwartego kanału oraz potęgowym sumowaniu sygnałów radiolokacyjnych. Odległość wykrycia zmodernizowanej w ten sposób stacji P-37, w porównaniu z normalną, może zwiększyć się do około 40%, przy prawdopodobieństwie wykrycia obiektu /celu/ nisko lecącego równym 0,5; sprzężenie stacji radiolokacyjnej P-37 ze stacją P-18 i pracą obu stacji na wspólny wskaźnik, przy nachyleniu elektrycznej osi anteny w kierunku kątów ujemnych. Sprzężenie takie zapewnia obserwację obiektów /celów/ nisko lecących przez stację radiolokacyjną P-18, w rejonie wygaszanych sygnałów echa od przedmiotów terenowych; sprzężenie stacji radiolokacyjnej RT-17 "NAREW" z wysokościomierzem radiolokacyjnym i wykorzystanie tego zestawu do naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele nisko lecące, w nieskomplikowanej sytuacji powietrznej; pracę stacji radiolokacyjnej RT-17 "NAREW" na wskaźnik wyośny lub radiolinię RL-30 "FAZA". Umożliwi to przekazywanie na SD pełnej informacji radiolokacyjnej bez zniekształceń oraz rozwinięcie wyżej wymienionej stacji na odpowiednio wybranej pozycji i wykorzystanie systemu antenowego stacji radiolokacyjnych serii P-14 /P-14, P-14F, P-14E/ do pracy stacji P-18. Odległość wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących oraz na wysokościach średnich i dużych, zwiększa się około dwukrotnie; wykorzystanie stacji P-18 do pokrycia stożka martwego stacji P-14F /P-14E/ i pracy obu stacji na wspólny wskaźnik obserwacji okrężnej stacji radiolokacyjnej P-14F /P-14E/; wydzielenie w rejonach nadmorskich specjalnych samolotów lub okrętów dozoru radiolokacyjnego w celu zwiększenia odległości wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących i przekazywanie informacji radiolokacyjnej.

Uwzględniając te właściwości należy: nakierowywać stacje radiolokacyjne na obiekty /cele/ nisko lecące; wydzielać specjalne

kanały łączności dla przekazywania informacji o obiektach /celach/ nisko lecących; rozgraniczać zadania dla sprzętu wydzielonego do wykrywania obiektów /celów/ nisko lecących i wykrywania na innych wysokościach; utrzymywać sprzęt radiolokacyjny w ciągłej sprawności technicznej; dbać o odpowiedni poziom wykszolenia operatorów stacji radiolokacyjnych.

4. MODELOWANIE POLA RADIOLOKACYJNEGO NA MAŁYCH
WYSOKOŚCIACH

4.1. Projekt technologiczny programu

"P-WRT-1"

WPLYW PARAMETRÓW STACJI RADIOLOKACYJNYCH
I KONFIGURACJI TERENU NA CIĄGŁOŚĆ POLA
RADIOLOKACYJNEGO NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH
"P-WRT-1"

AUTORZY:

ZADANIA PROJEKTOWEGO
ORAZ PROJEKTU KONCEPCYJNEGO

ROMAN KULCZYCKI
RYSZARD BŁOMKA

PROGRAMU ORAZ DOKUMENTACJI
EKSPLOATACYJNEJ

BOGDAN PAPIERNIK

PROPOZYCJE

1. CHARAKTERYSTYKA PROGRAMU
2. OZNACZENIA SYSTEMOWE
3. WPLYW PARAMETROW TECHNICZNYCH RLS NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA
4. WPLYW KĄTÓW ZAKRYCIA RLS NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA
5. WPLYW WYSOKOŚCI ANTENY I OBIEKTU NA HORYZONTALNĄ ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA
6. WPLYW WYSOKOŚCI ANTENY, NASYPU, OBIEKTU ORAZ HORYZONTU RADIOWEGO NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA
7. WPLYW ZAKŁOCEŃ NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA
8. WPLYW PARAMETROW RLS I KONFIGURACJI TERENU NA CIĄGŁOŚĆ POLA RADIOLOKACYJNEGO

1. CHARAKTERYSTYKA PROGRAMU

PROGRAM UMOŻLIWIA ANALIZĘ WPŁYWU PARAMETRÓW STACJI RADIOLOKACYJNYCH I KONFIGURACJI TERENU NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA OBIEKTÓW POWIETRZNYCH A WIĘC CIĄGŁOŚĆ POLA PRZY WIELU RLS /SZCZEGÓLNICIE NA MAŁYCH WYSOKOŚCIACH/. PARAMETRY RLS WYSTĘPUJĄCE WE WZORACH ZAPISANE SĄ W PIERWSZYM WIERSZU METRYKI JAKO ZMIENNE. ICH WPŁYW NA POLE MOŻE BYĆ ANALIZOWANY POJEDYNCZO LUB GRUPOWO. WYNIKI ANALIZY MOGĄ BYĆ ILUSTROWANE W POSTACI LICZB W TABELI ORAZ GRAFICZNIE W KOLORACH.

PROGRAM MOŻE BYĆ WYKORZYSTYWANY W CELACH PROJEKTOWYCH, PROGNOZOWANIA KONFIGURACJI POLA ORAZ W PROCESIE DYDAKTYCZNYM W SZKOLNICTWIE WOJSKOWYM.

2. OZNACZENIA SYSTEMOWE

- X, Y KM - WSPÓLZĘDNE PUNKTU BAZOWEGO /PRAWY DOLNY RÓG EKRANU/
 T, D - AZYMUT /STOP/ I ODLEGŁOŚĆ /KM/ OD PUNKTU XY DO RLS /prt, krt, brt/
 P - NUMER PROGRAMU ROZWIĄZUJĄCEGO ZADANIE
 F - KOLOR ZOBRAZOWANIA WYNIKÓW /1 + 9/
 Z - ZNAK ZOBRAZOWANIA POŁOŻENIA RLS /prt, krt, brt/ - Z KLAWIATURY
 N - CYFRA Z KLAWIATURY /0 + 9/
 ZN - KOD UMOŻLIWIAJĄCY ODSZUKANIE W PO METRYKI Z DANymi O "Z"
 METRYKA - OSTATNIE DWA WIERSZE EKRANU, 11 KOLUMN PO 5 ZNAKÓW, DWIE KOLUMNY
 PO 6 ZNAKÓW
 S - SKALA ZOBRAZOWANIA
 P - WARTOŚĆ LINIOWA PUNKTU NA EKRANIE W PRZYJĘTEJ SKALI

3. WPLYW PARAMETROW TECHNICZNYCH RLS NA ODLEGLOSC WYKRYCIA D_w /KM/

$$D_w = \sqrt[4]{\frac{P G^2 L^2 d}{4A/3 C}}$$

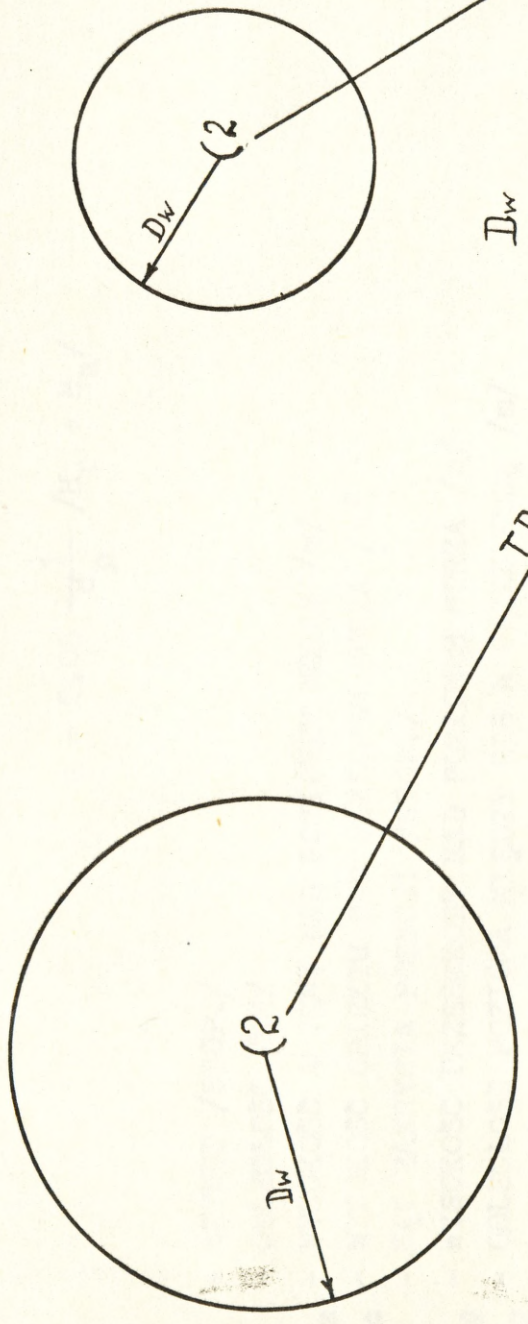
- T - AZYMUT /STOP./
- D - ODLEGLOSC /KM/
- P - MOC NADAJNIKA /W /
- G - ZYSK ANTENOWY
- L - DLUGOSC FALI /m /
- d - POWIERZCHNIA ODBICIA /m²/
- A - 3, 14
- C - CZULOŚĆ ODBIORNIKA /W /

WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANEJ W CISNIJ RETURN

NAZWA	T	D	P	G	L	d	A	C

WYNIK
 $D_w =$

3A. WPLYW PARAMETROW TECHNICZNYCH RLS NA ODLEGŁOSC WYKRYCIA D_w /KM/



$D_w =$
P

D_w
P =

WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANEJ WCISNIJ RETURN

NAZWA	T	D	P	G	L	d	A	C

WYNIK
 $D_w =$

4. WPLYW KĄTA ZAKRYCIA RLS NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA D_w /KM/

$$D_w = 4,12 \cdot K/a / \cdot / \sqrt{H_a} + \sqrt{H_o}; \quad K/a/ = \sqrt{1 + \frac{6800}{2H_o}} \cdot \sin^2 a - \sin a \sqrt{\frac{6800}{2H_o}}$$

$$a = 0,06 \frac{1}{d_p} /H_p + H_a/$$

- T - AZYMUT /STOP./
- D - ODLEGŁOŚĆ /KM/
- H_a - WYSOKOŚĆ ANTENY NAD POZIOMEM MORZA /m/
- H_o - WYSOKOŚĆ OBIEKTU NAD POZIOMEM MORZA /m/
- a - KĄT ZAKRYCIA POZYCJI /STOP./
- H_p - WYSOKOŚĆ PRZESZKODY NAD POZIOMEM MORZA /m/
- d_p - ODLEGŁOŚĆ POZIOMA MIĘDZY RLS A PRZESZKODĄ /m/
- R_z = 6800 km - PROMIEN ZIEMI

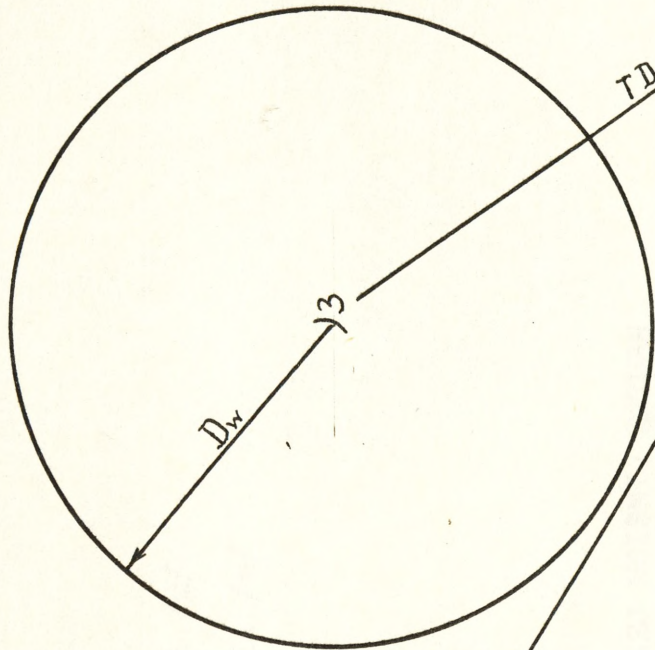
WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANEJ WCISNIJ RETURN

NÁZWA	T	D	H_a	H_o	a	d_p

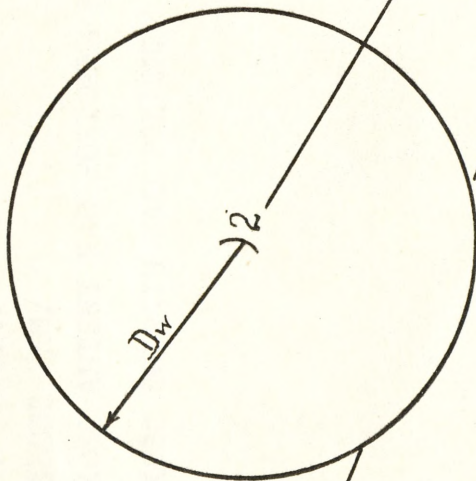
WYNIK

D_w =

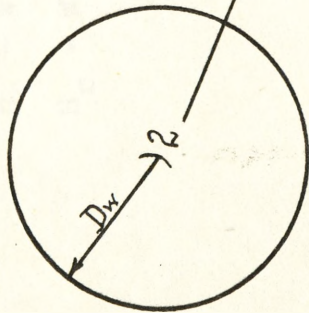
4A. WPEŁN KĄTA ZAKRYCIA RLS NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA D_w /KM/



$K(\alpha) =$



$K(\alpha) =$



$K(\alpha) =$

WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANEJ WCIŚNIJ RETURN

NAZWA	T	D	H _a	H _o	a	d _p

WYNIK

$D_w =$

5. WPŁYW WYSOKOŚCI ANTENY I OBIEKTU NA HORYZONTALNĄ ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA D_h /KM/

$$D_h = 4,12 / \sqrt{H_a} + \sqrt{H_o} /$$

T - AZYMUT /STOP./

D - ODLEGŁOŚĆ /KM/

H_a - WYSOKOŚĆ ANTENY NAD POZIOMEM MORZA /m/

H_o - WYSOKOŚĆ OBIEKTU NAD POZIOMEM MORZA /m/

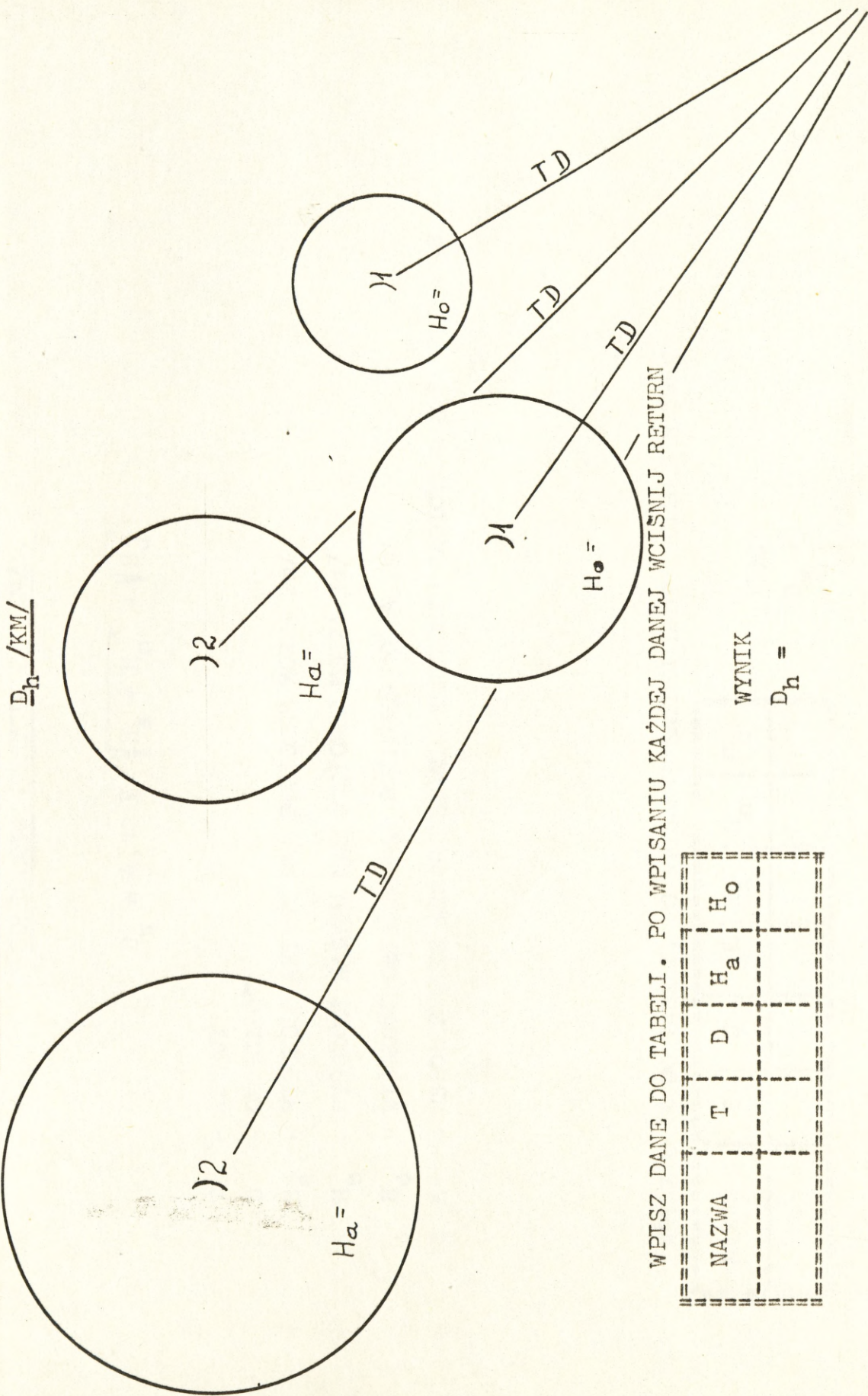
WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANEJ WCISNIJ RETURN

NAZWA	T	D	H_a	H_o

WYNIK

$D_h =$

5A. WPŁYW WYSOKOŚCI ANTENY, OBIEKTU NA HORYZONTALNA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA



D_h / KM /

WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANEJ WCISNIJ RETURN

NAZWA	T	D	H_a	H_o

WYNIK
 $D_h =$

6. WPŁYW WYSOKOŚCI ANTENY, NASYPU, OBIEKTU ORAZ HORYZONTU RADIOWEGO NA
ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA D_w /KM/

$$D_w = 4,12 K / \sqrt{H_a + H_n} + \sqrt{H_o}$$

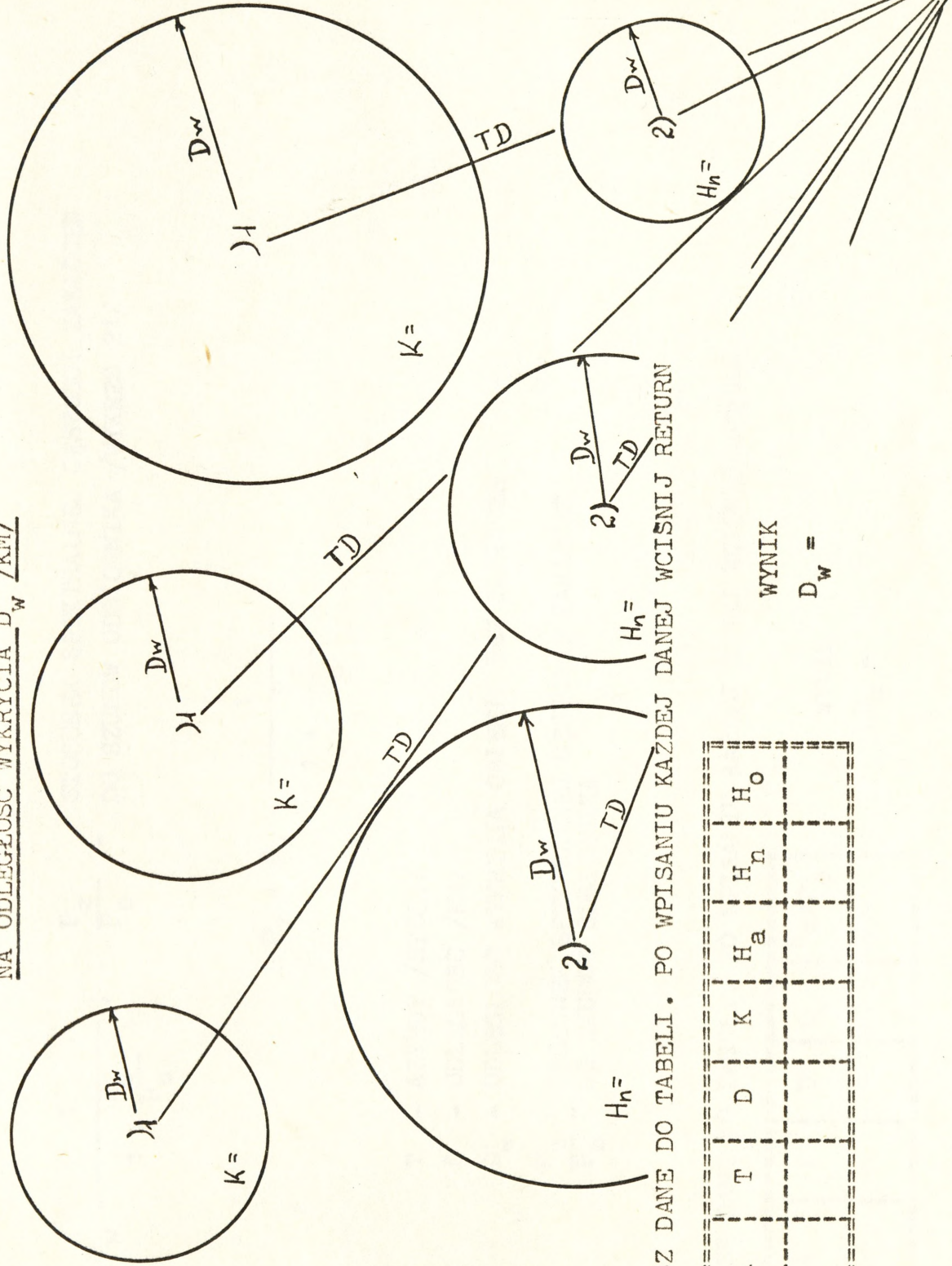
- T - AZYMUT
- D - ODLEGŁOŚĆ
- H_a - WYSOKOŚĆ ANTENY NAD POZIOMEM MORZA /m/
- H_n - WYSOKOŚĆ NASYPU NAD POZIOMEM MORZA /m/
- H_o - WYSOKOŚĆ OBIEKTU NAD POZIOMEM MORZA /m/
- K - WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA HORYZONTU RADIOWEGO Z TABELI - 18

WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANEJ WCISNIJ RETURN

NAZWA	T	D	K	H_a	H_n	H_o

WYNIK
 $D_w =$

6A. WPŁYW WYSOKOŚCI ANTENY, NASYPU, OBIEKTU ORAZ HORYZONTU RADIOWEGO
NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA D_w /KM/



WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAZDEJ DANEJ WCISNIJ RETURN

NAZWA	T	D	K	H_a	H_n	H_o

WYNIK
 $D_w =$

7. WPLYW ZAKŁOCEŃ NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA D_z /KM/

$D_z = D_w \cdot \frac{1}{1 + \frac{P_z}{P_o}}$; $\frac{P_z}{P_o}$ - STOSUNEK SPEKTRALNEJ GĘSTOŚCI ZAKŁOCEŃ DO SZUMÓW ODBIORNIKA /WYKRES 21/

$$D_z = D_w \cdot \frac{1}{1 + \frac{P_z}{P_o}}$$

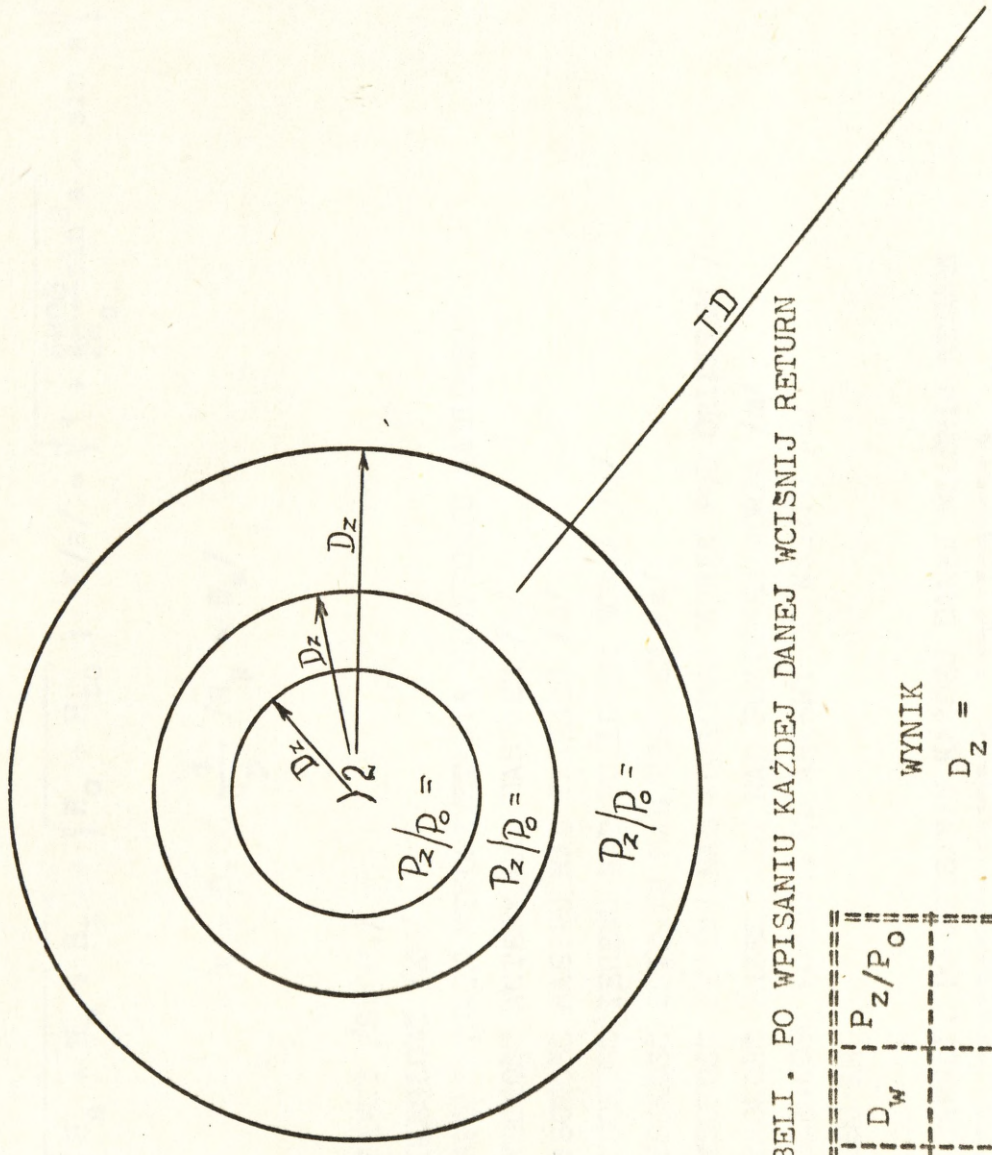
- T - AZYMUT /STOP./
- D - ODLEGŁOŚĆ /KM/
- D_w - ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA OBIEKTU BEZ ZAKŁOCEŃ
- $\frac{P_z}{P_o}$ - STOSUNEK SPEKTRALNEJ GĘSTOŚCI ZAKŁOCEŃ DO SZUMÓW ODBIORNIKA

WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANEJ WCISNIJ RETURN

NAZWA	T	D	D_w	$\frac{P_z}{P_o}$

WYNIK
 $D_z =$

7A. WPŁYW ZAKŁÓCEN NA ODLEGŁOŚĆ WYKRYCIA D_z /KM/

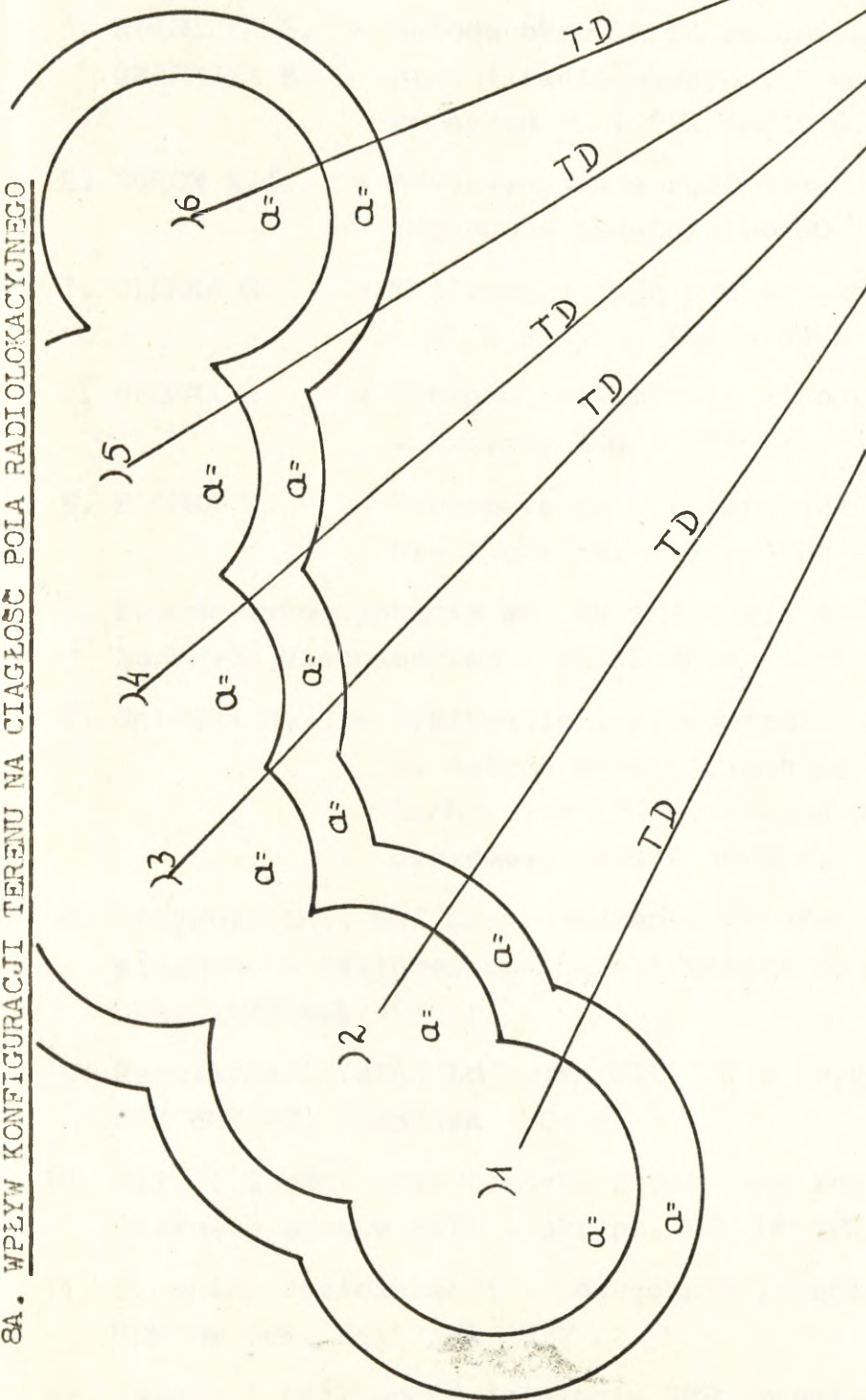


WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANEJ WCISNIJ RETURN

NAZWA	T	D	D _w	P _z /P _o

WYNIK
D_z =

8A. WPŁYW KONFIGURACJI TERENU NA CIĄGŁOŚĆ POLA RADIOLOKACYJNEGO



WPISZ DANE DO TABELI. PO WPISANIU KAŻDEJ DANJE WCISNIJ RETURN

NAZWA	T	D	K _a	H _a	H _n	H _t	H _o	H _{tc}	d _p

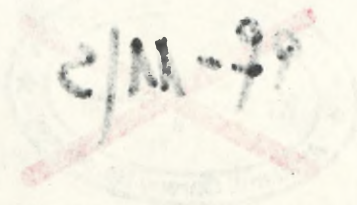
WYNIK
D_w =

LITERATURA

1. ADAMCZYK A. - Metoda określania realnych stref wykrywania
GRZESZEK E. stacji radiolokacyjnych na małych wysokościach.
Przegląd WL i OPK 10/1976.
2. BUROW N.J. - "Małowysotnaja radiolokacja" - podręcznik.
Wojennoje izdatelstwo MO ZSRR MOSKWA 1977 r.
3. BŁOMKA R. - Naziemne stacje radiolokacyjne wojsk OPK
i WL - skrypt. ASG - 1966 r.
4. BŁOMKA R. - Wybrane zagadnienia z podstaw radiolokacji
- skrypt. ASG - 1965 r.
5. BŁOMKA R. - Zabezpieczenie techniczne WRT OPK - opracowa-
nie studyjne. ASG - 1984 r.
6. Bojowe wykorzystanie WRT na podstawie doświadczeń z działań
bojowych Wietnamskiej Armii Ludowej. Szt.Gen. 332/69.
7. JAŁOCHA Z. - Wykrywanie i prowadzenie celów powietrznych
na małych wysokościach przez wojska radio-
techniczne OPK na kierunku nadmorskim - praca
dyplomowa. ASG - 1975 r.
8. Przygotowanie WRT do prowadzenia działań bojowych w warunkach
stosowania zakłóceń radioelektronicznych - podręcznik. MON DW
OPK, WARSZAWA 1973 r.
9. Regulamin działań bojowych WRT OPK - Brygada - Kompania.
OPK 884/80. WARSZAWA 1980 r.
10. Siły i środki oraz taktyka stosowania zakłóceń radioelektro-
nicznych państw NATO - skrypt. MON DW OPK. Oddział II 1975 r.
11. Technika radiolokacji - podręcznik /praca zbiorowa/.
MON DW OPK. WARSZAWA 1972 r.
12. Zasady i możliwości działania SNP przeciwnika na małych
wysokościach. MON Szt.Gen. Zarząd II. WARSZAWA 1968 r.
13. Zasady wykorzystania systemu radiolokacyjnego oraz prowadzenie
pracy bojowej na SD WRT OPK - podręcznik. MON DW OPK.
WARSZAWA 1970 r.

14. Taktyka Wojsk Radiotechnicznych WOPK, WARSZAWA 1977 r.
15. Wybrane problemy organizacyjne i taktyczno-operacyjne WOPK.
Zbiór prac akademii 2/60 / ASG 1973 r.

Wydrukowano w 5 egz.
egz. nr 1-5 Bibli.Nauk.DZS
Wyd. ppłk Kulezycki
ppłk Błomka
druk Jk. dnia 06.02 87r.
Druk ASG WP nr pf-192/37
Korekta autorska





2/12/72



Instrukcja obsługi zestawu WRT-1

1. Po włączeniu komputera włożyć dyskietkę
2. Naciśnąć i run "wrt1"
3. Postępować według napisów na ekranie

UWAGA !

1. Czas ulamkowa liczby odzyskiwy kropką, a nie przecinkiem
2. W przypadku powstania niezręcznej sytuacji nacisnąć jednocześnie:
CONTROL + SHIFT + ESC
i rozpocząć od punktu 2

