

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

**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP**  
im. gen. broni Karola Świerczewskiego

WYDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA  
KATEDRA TAJNYCH WOJSK OPK

ASG wewn. 3356/78

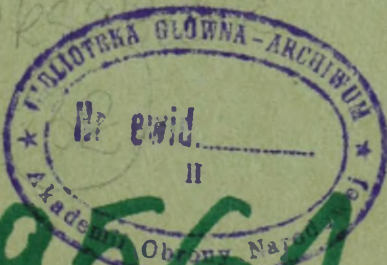


**JAWNE**

Egz. nr ..... 1

Ppłk dypl. Hieronim CEGŁA  
Mjr dypl. Antoni ADAMCZYK

**METODY OBLICZANIA MOŻLIWOŚCI  
BOJOWYCH WOJSK RADIOTECHNICZNYCH  
OBRONY POWIETRZNEJ KRAJU W ZAKRESIE  
WYKONYWANIA ZADAŃ ZABEZPIECZENIA  
RADIOLOKACYJNEGO DZIAŁAŃ BOJOWYCH  
WOJSK OPK**



49567

WARSZAWA

MARZEC

1978



Colour Chart #13

Blue  
Cyan  
Green  
Yellow  
Red  
Magenta  
White  
3/Color  
Black

Inches  
Centimetres  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP  
im. gen. broni Karola Świerczewskiego

WYDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK OPK

ASG wewn. 3356/78



**JAWNE**

~~\_\_\_\_\_~~

Egz. nr ..... 1

Ppłk dypl. Hieronim CEGŁA  
Mjr dypl. Antoni ADAMCZYK

**METODY OBLICZANIA MOŻLIWOŚCI  
BOJOWYCH WOJSK RADIOTECHNICZNYCH  
OBRONY POWIETRZNEJ KRAJU W ZAKRESIE  
WYKONYWANIA ZADAŃ ZABEZPIECZENIA  
RADIOLOKACYJNEGO DZIAŁAŃ BOJOWYCH  
WOJSK OPK**



49567

PRZEKLASYFIKOWANO

Protokół Nr 54305

37

A

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

JAWNE

WYDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK OPK

PODSIĄWA  
Ustawa z dnia 22 stycznia 1959 roku  
art. 86 ust. 2 (Dz.U. RP Nr 11 poz. 95)  
[Signature]

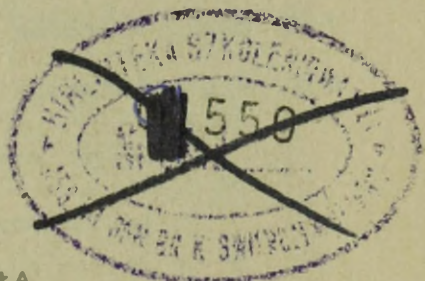
ASG wewn. 3356/78

Broszura

ZATWIERDZAM  
ZASTĘPCA KOMENDANTA  
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO WP  
im.gen.broni K.Świerczewskiego  
do spraw dydaktycznych

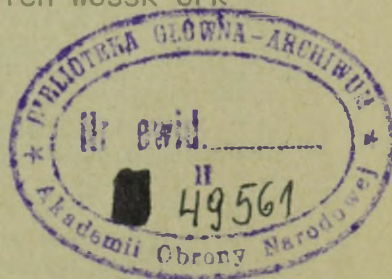
Egz.nr .... 1

/-/ płk prof. Jakub BROCH  
Grudzień 1977 r.



płk dypl. Hieronim CEGŁA  
Mjr dypl. Antoni ADAMCZYK

„METODY OBLICZANIA MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH WOJSK  
RADIOTECHNICZNYCH OBRONY POWIETRZNEJ KRAJU  
W ZAKRESIE WYKONYWANIA ZADAŃ ZABEZPIECZENIA  
RADIOLOKACYJNEGO DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK”



W A R S Z A W A

marzec

1978 rok

Poszczególne rozdziały opracowali:

Ppłk dypl. Hieronim CEGŁA - rozdziały: 1,2,3,4

Mjr dypl. Antoni ADAMCZYK - rozdział 5.

## SPIS TREŚCI

	<u>Str.</u>
1. Wstęp .....	5
2. Metody obliczania możliwości bojowych w zakresie pola radiolokacyjnego .....	9
2.1. Metoda analityczna .....	9
2.2. Metoda wykreślno-analityczna .....	13
2.3. Parametry pola radiolokacyjnego .....	18
2.4. Określanie strefy pełnej informacji kompanii radiotechnicznej .....	21
2.5. Obliczanie parametrów pola triangula- cji .....	23
3. Obliczanie liczby jednocześnie prowadzonych celów .....	26
4. Obliczanie stopnia dokładności informacji radiolokacyjnej .....	32
5. Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojo- wych lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakie- towych .....	36
5.1. Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych lotnictwa myśliwskiego przez WRT .....	36
5.1.1. Ogólna informacja radiolokacyjna ...	36
5.1.2. Dokładna informacja radiolokacyjna .	39
5.1.2.1. Rubież dokładnej informacji radio- lokacyjnej .....	40
5.1.2.2. Prawdopodobieństwo realizacji koń- cowego etapu procesu naprowadzania	43
5.1.3. Ilość jednoczesnych naprowadzeń ....	56
5.2. Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych wojsk rakietowych przez WRT .	57
5.2.1. Ogólna informacja radiolokacyjna ...	58
5.2.2. Dokładna informacja radiolokacyjna .	60

- 5.2.2.1. Rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej ..... 61
- 5.2.2.2. Prawdopodobieństwo nacelowania stacji naprowadzania rakiet na wskazany cel powietrzny ..... 64
1. Rysunek nr 1 - Parametry pola radiolokacyjnego.
  2. Rysunek nr 2 - Strafa pełnej informacji kompanii radiotechnicznej.
  3. Rysunek nr 3 - Zasięgi wykrywania RLS P-14 i P-35 w płaszczyźnie pionowej.
  4. Rysunek nr 4 - Zależność współczynnika przekrycia od "H" przy  $\sigma_{sk} = 1 \text{ m}^2$ .
  5. Rysunek nr 5 - Przekrój poziomy strefy namierzenia źródła zakłóceń.
  6. Rysunek nr 6 - Schemat kanałów informacji /wariant/.

## 1. W S T Ę P

Znajomość zasad określania możliwości bojowych poszczególnych ogniw systemu wykrywania wojsk radiotechnicznych jest niezbędna w celu racjonalnego organizowania ich działań bojowych, stawiania przed nimi realnych do wykonania zadań, a także do określenia ich zdolności bojowej.

Istota oceny możliwości bojowych polega na obliczeniu wartości ilościowych poszczególnych wskaźników, porównaniu uzyskanych wartości z wymaganymi i określeniu stopnia wykonania postawionego zadania.

Ocena możliwości bojowych wojsk radiotechnicznych jest częścią składową oceny możliwości bojowych wojsk OPK, a także jedną z ważniejszych przesłanek do wypracowania przez wszystkie szczeble dowodzenia wojsk OPK uzasadnionej decyzji na ich użycie bojowe.

Co w naszym zrozumieniu możemy przyjąć pod pojęciem "możliwości bojowe WRT OPK"? Słuszną chyba będzie definicja mówiąca, że: "możliwości bojowe WRT to zdolność poszczególnych ogniw systemu radiolokacyjnego do wykonania zadań bojowych w konkretnych warunkach sytuacji taktyczno-operacyjnej. Charakteryzują one skuteczność działania określonych sił i środków kompanii radiotechnicznej, batalionu radiotechnicznego i brygady radiotechnicznej, użytych zgodnie z ich przeznaczeniem".

Zdolność bojową poszczególnych ogniw systemu radiolokacyjnego określa się, w zakresie trzech

podstawowych grup wskaźników:

- 1/ wielkości i konfiguracji radiolokacyjnego pola wykrywania i naprowadzania;
- 2/ zdolności informacyjnej o sytuacji powietrznej, zarówno pod względem ilości przetworzonej i przekazanej informacji, jak też jej dokładności;
- 3/ radiolokacyjnego zabezpieczenia dowodzenia wojskami obrony powietrznej kraju oraz radiolokacyjnego zabezpieczenia działań bojowych lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych OPK.

#### Wyróżnić można cząstkowe i uogólnione kryteria oceny możliwości

Kryteria cząstkowe charakteryzują część procesu bojowego. Kryteria uogólnione pozwalają oceniać wykonanie zadania jako całość.

Jako kryteria możliwości bojowych mogą służyć tylko takie wskaźniki ilościowe, które wyczerpująco dokładnie określają zasadniczą treść końcowych rezultatów wykonania zadania bojowego i są wrażliwe na zmiany warunków jego wykonania, a ponadto dają się obliczyć.

Miarą możliwości bojowych może być prawdopodobieństwo. Dlatego też, kryterium oceny możliwości bojowych - jako zasada - posiada charakter prawdopodobieństwa lub statystyczny.

Decydujące znaczenie w wyborze kryteriów oceny posiada treść zadania, w imię którego dokonuje się oceny możliwości bojowych. Jeżeli sens zadania sprowadza się do uzyskania jakiegokolwiek wyniku, a ten wynik zostanie osiągnięty, to możliwe są tylko

dwa wyjścia: albo zadanie zostanie wykonane, lub też zadanie nie zostanie wykonane.

Jako kryterium oceny wykonania takiego zadania przyjmuje się prawdopodobieństwo jego wykonania/np.: prawdopodobieństwo wykrycia celu, prawdopodobieństwo zabezpieczenia naprowadzania i inne/.

Jeśli sens zadania polega na osiągnięciu jakiegoś określonego rezultatu granicznego /maksymalnego lub minimalnego/, to miarą jego wykonania jest nadzieja matematyczna /średnia oczekiwana wartość np. przeprowadzonych lub wykrytych celów powietrznych/. Niewątpliwie w codziennej praktyce, wygodniej jest wykorzystywać w charakterze kryterium średniostatystyczne wartości - minimalne bądź maksymalne, uzyskane przy statystycznym opracowaniu danych doświadczalnych, a obliczonych zgodnie z wzorami statystyki matematycznej /np.: liczba jednocześnie prowadzonych celów/.

Możliwości wykonania zadań w zakresie radiolokacyjnego zabezpieczenia działań bojowych lotnictwa myśliwskiego i artylerii raketowej można ocenić, albo według stopnia zadośćuczynienia wymaganom co do jakości tego zabezpieczenia, bądź też według stopnia wpływu zabezpieczenia radiolokacyjnego na powodzenie wykonania zadań przez jednostki lotnictwa myśliwskiego i artylerii raketowej OPK. Praktycznie, w wojskach radiotechnicznych wykorzystywać można obydwa sposoby.

Ponieważ całość procesu radiolokacyjnego zabezpieczenia działań bojowych wojsk OPK należy rozpat-

rywać jako łączne wykonanie zadań w zakresie radiolokacyjnego rozpoznania sytuacji powietrznej oraz radiolokacyjnego zabezpieczenia dowodzenia wojskami i radiolokacyjnego zabezpieczenia działań lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych OPK, to niezbędne jest posiadanie kryteriów, które umożliwiłyby ocenianie możliwości poszczególnych szczebli dowodzenia wojskami radiotechnicznymi w zakresie wykonania każdego spośród stawianych zadań. Przy ocenie radiolokacyjnego zabezpieczenia dowodzenia wojskami OPK, zdecydowanego znaczenia nabierają możliwości informacyjne poszczególnych ogniw krt, brt, BRT oraz całego systemu wykrywania i rozpoznania wojsk radiotechnicznych OPK. Dlatego też, jako kryterium możliwości informacyjnych można przyjąć liczbę jednocześnie prowadzonych celów.

Przy ocenie możliwości w zakresie radiolokacyjnego zabezpieczenia działań bojowych lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych /chodzi tutaj o zabezpieczenie naprowadzania samolotów lub wskazywanie celów dywizjonom ogniowym/ jako kryterium można przyjąć odpowiednio: prawdopodobieństwo zabezpieczenia naprowadzania lub prawdopodobieństwo wskazania celów.

Również i to kryterium charakteryzuje możliwości wykonania powyższych zadań przez kompanie i bataliony radiotechniczne a także brygadę i całe ugrupowanie wojsk radiotechnicznych OPK.

## 2. METODY OBLICZANIA MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH W ZAKRESIE POLA RADIOLOKACYJNEGO

W dotychczasowej praktyce stosuje się dwie metody określania możliwości bojowych w zakresie pola radiolokacyjnego: 1/ metodę analityczną; 2/ metodę wykreślno-analityczną.

### 2.1. Metoda analityczna

Metoda analityczna polega na wykorzystaniu wzorów obliczeniowych stosowanych dla następujących warunków:

- w formowaniu pola biorą udział stacje radiolokacyjne posiadające praktycznie jednakowe strefy wykrycia;
- stacje radiolokacyjne powinny być rozwinięte na pozycjach nie zniekształcających ich strefy wykrywania;
- kompanie radiotechniczne rozwinięte są na wierzchołkach trójkątów równobocznych.

Ponieważ w rzeczywistości trudno jest rozwinąć ugrupowanie wg ww. warunków, dlatego metoda analityczna - jako zasada - stosowana może być wyłącznie do wstępnych obliczeń na etapie planowania działań bojowych lub obliczenia pola r/lok. rozwiniętego już ugrupowania bojowego WRT. Do zorganizowania pola radiolokacyjnego tą metodą wymagane są następujące dane: powierzchnia terytorium, na której ma być rozwinięte ugrupowanie /batalionu lub brygady/, liczba rozwijanych kompanii, oraz strefy pełnej informacji kompanii radiotechnicz -

nych według danych taktyczno-technicznych RLS. Ponadto znane muszą być minimalne odległości pomiędzy sąsiednimi kompaniami /"d"/.

Powyższe dane można obliczyć z następujących zależności:

$$1/ \quad d = 1,73 \cdot R_w$$

gdzie:  $R_w$  - promień wykrywania RLS na zadanej wysokości dolnej granicy pola radiolokacyjnego z tabel ttd RLS.

Z kolei musimy obliczyć potrzebną ilość kompanii radiotechnicznych. Do tego celu posługujemy się wzorem:

$$2/ \quad N = \frac{S_{\text{ter.}}}{S_{\text{RLP}}}$$

gdzie:  $N$  - ilość pododdziałów;

$S_{\text{ter.}}$  - powierzchnia terytorium;

$S_{\text{RLP}}$  - powierzchnia pola radiolokacyjnego kompanii obliczona dla wariantu trójkąta ze wzoru:

$$3/ \quad S_{\text{RLP}} = 2,6 \cdot R_w^2$$

Mając określone wymienione wartości przystępujemy do rozmieszczania krt na mapie, a następnie dokonujemy rekonesansu pozycji i niezbędnych korekt w proponowanym ugrupowaniu, wynikających z rekonesansu.

Prześledźmy taki przykład:

- nad terytorium o rozmiarach 250 km x 350 km mamy zorganizować ciągłe pole radiolokacyjne z dolną

granicę od wysokości 300 m. W wyposażeniu posiadamy w każdej kompanii stacje radiolokacyjne JA-WOR-M2 i P-35. Ugrupowanie kompanii w trójkąt równoboczny.

Przystępujemy do obliczeń:

$$d = 1,73 \cdot 60 = 103,8; \text{ przyjmujemy } d = 100 \text{ km.}$$

$$S_{RLP} = 2,6 \cdot 60^2 = 9360 \text{ km}^2$$

$$N = \frac{87.500}{9.360} = 9 \div 10 \text{ kompanii}$$

W przypadku gdy ugrupowanie jest już rozwinięte, tok postępowania jest nieco inny. Dla określenia wysokości dolnej granicy pola radiolokacyjnego, początkowo obliczamy wartość zasięgu wykrycia typowej dla rozpatrywanego ugrupowania bojowego RLS, na wysokości dolnej granicy pola na podsta - wie wzoru:

$$D_0 = \sqrt{\frac{S_{\text{ter.}}}{2,6 \cdot N}}; \text{ gdzie: } N - \text{ ilość pododdziałów ugrupowania}$$

Założmy, że na obszarze 250 x 350 km ugrupowanych jest 15 kompanii radiotechnicznych. Wówczas zasięg wykrycia wynosi:

$$D_0 = \sqrt{\frac{87.500}{2,6 \cdot 15}} = 47,3 \text{ km}$$

Z kolei, znając wartość "D<sub>0</sub>", szukamy ze strefy wykrywania typowej RLS w płaszczyźnie pionowej odpowiadającej wysokości - jako że D wykrycia = f/H/.

znajdujemy wartość wysokości odpowiadającej dla zasięgu 47 km. Wysokość tę przyjmujemy jako dolną granicę pola radiolokacyjnego. W tym konkretnym przypadku dla stacji typu P-14, P-15, P-35, JAWOR, odpowiada to wysokości w przedziale 250-300 m.

Wysokość górnej granicy ciągłego pola /H<sub>gg</sub>/ przyjmuje się jako równą pułapowi strefy wykrycia RLS. Przy tym, należy mieć na uwadze, że na dużej wysokości w strefach wykrywania RLS występują martwe stożki. Zależą one od maksymalnego kąta położenia „ $\xi$ ”<sub>max.</sub> pod jakim możliwe jest wykrycie celu. Promień martwego stożka „R<sub>sm</sub>” dla dużych wysokości wynosi:

$$R_{sm} = H \cdot \text{ctg } \xi_{max.};$$

Pamiętać jednak należy, że pole radiolokacyjne powinno być ciągłe, a więc zachowany musi być warunek wzajemnego przekrycia martwych stożków przez sąsiadujące ze sobą kompanie. Przekrycie to nastąpi wówczas, jeżeli zachowany jest wzajemny stosunek, w którym:

$$2 R_{sm} \leq d \leq (D_{gg} - R_{sm})$$

gdzie: D<sub>gg</sub> - zasięg wykrycia RLS na pułapie strefy wykrycia.

Promienie martwych stożków można określić również w przybliżeniu w następujący sposób:

- dla RLS P-35 i P-12 - R<sub>sm</sub> = 2 H lotu celu;
- dla RLS P-14 - R<sub>sm</sub> = 5 H lotu celu;

- dla RLS JAWOR M    -  $R_{sm} = 1,5-2 H$  lotu celu;
- dla RLS P-15        -  $R_{sm} = 2 H$  lotu celu.

Rozpatrzmy przykład dla RLS P-14 i P-35 przy założeniu, że cel leci na wysokości 20 km przy skutecznej powierzchni odbicia  $= 0,3 \text{ m}^2$ :

a/ według wzoru:

- dla RLS P-14: -  $R_{sm} = 20 \cdot \text{ctg } 13^\circ =$   
 $= 20 \cdot 4,3315 = 86,63 \text{ km};$
- dla RLS P-35: -  $R_{sm} = 20 \cdot \text{ctg } 17^\circ =$   
 $= 20 \cdot 3,2709 = 65,41 \text{ km};$

b/ w przybliżeniu:

- dla RLS P-14: -  $R_{sm} = 5 H$  celu  $= 5 \cdot 20 =$   
 $= 100 \text{ km};$
- dla RLS P-35: -  $R_{sm} = 2 H$  celu  $= 2 \cdot 20 =$   
 $= 40 \text{ km}.$

Z porównania wyników zauważyć można, że metoda przybliżona jest bardzo niedokładna gdyż różnice wynoszą około  $\pm 25 \text{ km}$ . Pamiętając jednak, iż są to rozważania czysto teoretyczne na etapie planowania rozwijania ugrupowania, można je przyjąć jako wyjściowe do dalszych kalkulacji.

## 2.2. Metoda wykreślno-analityczna

Metoda wykreślno-analityczna jest metodą podstawową. Stosuje się ją przy ocenie realnych ugrupowań batalionów, brygad i całego ugrupowania WRT OPK. Może być realizowana zarówno przy pomocy techniki obliczeniowej, jak również bez niej.

Istota tej metody polega na wykonaniu wielu przekrojów pola radiolokacyjnego na różnych wysoko-

ściach względem rzeźby terenu i analizie uzyskanych przekrojów pola, celem określenia parametrów pola.

W celu wykonania przekrojów pola radiolokacyjnego rozpatrywanego ugrupowania /brt, BRT/ na małych wysokościach określa się strefę pełnej informacji dla każdej kompanii radiotechnicznej z uwzględnieniem wysokości geograficznej /wyniosłości/ pozycji RLP. Powyższe czynności wykonać można według algorytmu, jak niżej:

#### I. Przyjmujemy założenie:

- wariant dla  $H \leq 500$  m. Dane wyjściowe:
  - a/ typ RLS i wysokość względna antenty;
  - b/ wysokość względna lotu celu o założonej skutecznej powierzchni odbicia /np.  $\sigma = 1 \text{ m}^2$ /;
  - c/ kąty zakrycia mierzone teodolitem z punktu stania RLS.

#### II. Kolejność postępowania:

1. a/ przygotować mapę w skali 1:200 000 o obszarze obejmującym promień 100 km od miejsca stania RLS;
- b/ podzielić obszar znajdujący się wewnątrz określonego promienia 100 km na elementarne kwadraty o boku 4 km /można wykorzystać siatkę topograficzną mapy/;
- c/ z punktu stania RLS wrysować na mapę i opisać sektory równych kątów zakrycia RLS /kąty mierzone teodolitem lub określone z mapy w skali 1:50 000/;



2. a/ określić i wpisać do każdego elementarnego kwadratu najwyższą wysokość bezwzględną terenu /łącznie z przedmiotem terenowym/;
- b/ przyjąć względną wartość lotu celu nisko lecącego, dla którego określamy strefę widzialności /informacji/ RLS np. 100, 200, 300, 400, 500 m;
- c/ obliczyć i wpisać do każdego elementarnego kwadratu wysokość bezwzględną lotu celu  $/H_{bc}/$ ;
- d/ określić bezwzględną wysokość elementu promieniającego anteny i wypisać obok punktu stania RLS  $/H_{ba}/$ ;



3. a/ przystąpić do analizy elementarnych kwadratów pod względem widoczności celu na badanej wysokości i przy istniejącym kącie zakrycia, w tym celu:
- wziąć grafik badanej RLS;
  - zmierzyć odległość od punktu stania RLS do środka analizowanego elementarnego kwadratu  $/d/$ ;
  - obliczyć różnicę wysokości  $H = H_{bc} - H_{ba}$ ;
  - na grafiku na osi odciętych  $/D/$  odłożyć zmierzoną odległość "d" i wystawić prostopadłą od linii poziomu morza do tej krzywej dolnej granicy strefy widzialności /informacji/ RLS, przy której "d" liczbowo równa się kątowi zakrycia na rozpatrywanym azymucie;
  - na wystawionej prostopadłej od linii poziomu morza odłożyć odcinek równy różnicy wysokości "H". Jeżeli koniec odcinka znajduje się powyżej krzywej dolnej granicy wykrywania RLS, to cel będzie widoczny w danym kwadracie, jeżeli poniżej - to cel nie będzie widoczny.
- W pierwszym przypadku należy w tym kwadracie postawić znak "+" /plus/, w drugim - znak "-" /minus/;



4. a/ wrysować na mapę odbicia od przedmiotów miejscowych, jeżeli RLS nie jest wyposażona w TES, lub stożek martwy - jeżeli RLS jest wyposażona w układ TES;

b/ kwadraty ze znakiem "+" /plus/ podkolorować:

- dla  $H = 100$  m kolorem żółtym;
- dla  $H = 200$  m kolorem brązowym;
- dla  $H = 300$  m kolorem zielonym;
- dla  $H = 400$  m kolorem czerwonym;
- dla  $H = 500$  m kolorem niebieskim;

c/ uzyskany w jednym kolorze wielobok, składa się z elementarnych kwadratów, jest właśnie aproksymowaną realną strefą wykrywania RLS w płaszczyźnie poziomej na badanej wysokości.

Opisane w algorytmie operacje można wykonywać na kalce technicznej /dla każdej wysokości oddzielnie/ nałożonej na odpowiednio przygotowaną mapę.

Mając wykreślone strefy pełnej informacji kompanii radiotechnicznych na mapie w skali 1:200 000 i wrysowane ugrupowanie batalionu bądź brygady radiotechnicznej możemy przystąpić do określenia strefy informacji dla brygady bądź batalionu, dla określonej wysokości.

Rodziny przekrojów stref pełnej informacji każdej kompanii radiotechnicznej dla rozpatrywanych wysokości/obliczonych również względem poziomu morza/, nakłada się kolejno na mapie w punktach stania kompanii i orientuje się. Następnie przeprowadza się sprawdzanie warunku wykrycia celu na założonych minimalnych wysokościach przez każdą kompanię w granicach rozpatrywanego ugrupowania. W celu wykreślenia granicy ciągłego pola dla tych wyso-

kości, na mapie ugrupowania wrysowuje się poziome strefy informacji kompanii radiotechnicznych. Linie zamknięte, opisujące część zewnętrzną wzajemnie przecinających się stref informacji krt, stanowią granicę ciągłego pola batalionu lub brygady radiotechnicznej.

Minimalna wysokość, dla której pole okaże się ciągłe, odpowiada wysokości dolnej granicy pola rozpatrywanego ugrupowania. Zewnętrzna granica ciągłego pola powinna znajdować się poza liniami rozgraniczenia rozpatrywanych ugrupowań.

W celu określania wysokości górnej granicy pola, nakłada się na mapę kalkę techniczną i na niej kolejno wrysowuje się przekroje stref informacji wszystkich kompanii radiotechnicznych danego ugrupowania dla wysokości odpowiadającej pułapowi wykrycia. Na początku należy wziąć przekroje dla wysokości odpowiadającej najmniejszemu spośród przekrojów strefy informacji wszystkich kompanii i sprawdza się czy istnieje ciągłe pole. Jeżeli okaże się, że strefy informacji przekrywają się i istnieje ciągłe pole, wówczas wybiera się większą wartość wysokości i ponownie sprawdza. Czynności te powtarza się dotąd, dopóki w kolejnym przekroju pola nie pojawią się obszary nie obserwowane /przerwy w polu/.

Największa wysokość przekroju pola, na której nie było przerw, odpowiada wysokości górnej granicy ciągłego pola. Dopuszcza się obszary nie obserwowane, wymiary których nie przekraczają wartości

równej iloczynowi prędkości celu przez ustaloną dyskretność przekazywania informacji  $/V_c \cdot t_d/$ , a ogólna sumaryczna ich powierzchnia nie przekracza 10% obszaru całego pola.

### 2.3. Parametry pola radiolokacyjnego

Pole radiolokacyjne batalionu radiotechnicznego bądź brygady radiotechnicznej, a także całego ugrupowania wojsk radiotechnicznych OPK, tworzą strefy pełnej informacji kompanii radiotechnicznych.

Do parametrów pola radiolokacyjnego należą:

- granica ciągłego pola radiolokacyjnego na żądanej wysokości;
- wysokość dolnej granicy pola radiolokacyjnego;
- wysokość górnej granicy pola radiolokacyjnego;
- współczynnik przekrycia pola radiolokacyjnego w danym punkcie.

Posługując się rysunkiem nr 1, spróbujemy zdefiniować poszczególne parametry. I tak:

granica ciągłego pola radiolokacyjnego na żądanej wysokości, jest to linia zamknięta, uzyskana przez przecięcie pola płaszczyzną jednakowo odległą od powierzchni ziemi /morza/ we wszystkich punktach".

Przy określaniu granicy pola na małych wysokościach nad powierzchnią ziemi, odczytu wysokości powierzchni przecięcia dokonuje się względem rzeźby terenu. Na wysokościach średnich i dużych, wpływ terenu na kształt pola jest niewielki lub takowego nie ma, dlatego w tych przypadkach wyso -

kość płaszczyzny przecinającej określa się względem poziomu morza. Przy określaniu granicy pola na małych wysokościach nad powierzchnią morza, odczytu wysokości powierzchni przecięcia dokonujemy względem poziomu morza.

Natomiast:

"wysokością dolnej granicy ciągłego pola radiolokacyjnego /H<sub>dg</sub>/ nazywa się wysokość minimalną, liczoną od powierzchni rzeźby terenu, na której zapewnia się wykrycie i ciągłe prowadzenie celów powietrznych, przynajmniej przez jedną kompanię radiotechniczną".

Trzecim parametrem pola radiolokacyjnego jest górna jego granica. Można powiedzieć, że:

"wysokością górnej granicy ciągłego pola radiolokacyjnego /H<sub>gg</sub>/ nazywa się wysokość maksymalną, liczoną względem poziomu morza, na której zapewnia się wykrycie i ciągłe prowadzenie celów powietrznych przynajmniej przez jedną kompanię radiotechniczną".

Ostatnim omawianym parametrem pola radiolokacyjnego jest współczynnik przekrycia pola radiolokacyjnego. Zdefiniować go można w ten sposób:

"współczynnikiem przekrycia ciągłego pola radiolokacyjnego /K<sub>p</sub>/ nazywa się liczbę, odpowiadającą liczbie kompanii radiotechnicznych, których strefy pełnej informacji wzajemnie przekrywają się w danym punkcie tego pola".

Współczynnik ten charakteryzuje wielowarstwo -

wość pola radiolokacyjnego, w każdym punkcie przestrzeni gdzie to pole występuje. Wartość współczynnika przekrycia pola można obliczyć ze wzoru:

$$K_p = 1,2 \left( \frac{D_1}{D_0} \right)^2 ;$$

gdzie:  $D_1$  - zasięg wykrycia celu powietrznego na wysokości danego punktu pola;

$D_0$  - zasięg wykrycia celu powietrznego na wysokości dolnej granicy pola.

Założmy, że:  $D_1 = 90$  km, a  $D_0 = 60$  km; wówczas współczynnik przekrycia pola wynosi:

$$K_p = 1,2 \left( \frac{90}{60} \right)^2 = 2,7 \text{ co można przyjąć, że } K_p = 3.$$

Charakter zależności współczynnika przekrycia od wysokości przedstawia rysunek nr 4. Dla uzasadnienia racjonalnej wartości współczynnika przekrycia wystarczy wykonać nieskomplikowane obliczenie. Przyjmując, że kilka kompanii radiotechnicznych obserwuje cel jednocześnie i przekazuje informacje do tego samego stanowiska dowodzenia, możemy wypadkowe prawdopodobieństwo wykrycia w danym punkcie obliczyć z zależności, w której odejmując iloczyn prawdopodobieństwa wykrycia celu przez poszczególne kompanie radiotechniczne od jedności otrzymamy prawdopodobieństwo wypadkowe.

Zależność tę możemy wyrazić wzorem:

$$P_{\text{wyp.}} = 1 - \prod_{i=1}^{K_p} (1 - P_{\text{wykr.}_i}) ;$$

gdzie:  $P_{wyp.}$  - wypadkowe prawdopodobieństwo wykrycia;

$P_{wykr.}$  - prawdopodobieństwo wykrycia celu w danym punkcie przez kompanię radiotechniczną;

$K_p$  - współczynnik przekrycia pola w danym punkcie.

Przyjmijmy, że w rozpatrywanym punkcie przez strzeżenie wartość prawdopodobieństwa wykrycia celu przez każdą kompanię radiotechniczną jest jednako-  
wa i wynosi:

$$P_{wykr.} = P_{wykr.2} = P_{wykr.3} = \dots = 0,5;$$

wówczas:

$$P_{wyp.przy} K_{p2} = 1 - [(1 - 0,5) \cdot (1 - 0,5)] = 0,75;$$

$$P_{wyp.przy} K_{p3} = 1 - [(1 - 0,5) \cdot (1 - 0,5) \cdot (1 - 0,5)] = 0,875;$$

$$P_{wyp.przy} K_{p4} = 0,94 \quad P_{wyp.przy} K_{p5} = 0,99$$

Dalsze zwiększanie wartości współczynnika przekrycia nie daje istotnego zwiększenia prawdopodobieństwa wypadkowego, a tylko zwiększa potok równoległej informacji. Dlatego też praktycznie przy rozwijaniu ugrupowania wojsk radiotechnicznych OPK, jako wystarczające do pewnego wykrycia i prowadzenia celów przyjmuje się trzykrotne przekrycie pola.

#### 2.4. Określanie strefy pełnej informacji kompanii radiotechnicznej

Strefę pełnej informacji kompanii radiotechnicznej rys. nr 2 przedstawia się graficznie na ma-

pie. Danymi wyjściowymi do jej wykreślenia są zasięgi wykrywania poszczególnych stacji radiolokacyjnych będących w wyposażeniu kompanii. W czasie wykreślenia tych stref należy uwzględnić rzeźbę terenu i inne elementy mające wpływ na kształtowanie się charakterystyk promieniowania.

W dotychczasowej praktyce, w czasie określenia strefy informacji kompanii uwzględniano tylko odległościomierze. Założenie takie jest z gruntu niesłuszne, gdyż w kształtowaniu strefy informacji uczestniczą także: wysokościomierze, urządzenia rozpoznania przynależności oraz urządzenia aktywnej odpowiedzi, posiadające własne charakterystyki promieniowania. Strefy wykrywania wymienionych wyżej urządzeń nie pokrywają się. Na przykład naziemne radiolokacyjne urządzenia zapytujące /NRUZ/ mające autonomiczne anteny /przy RLS zakresu metrowego i decymetrowego/ posiadają zasięgi mniejsze od stacji, z którymi współpracują. Natomiast NRUZ współpracujące ze stacjami radiolokacyjnymi zakresu centymetrowego, posiadają większy zasięg od stacji /powyższe fakty potwierdzają zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych P-14 i P-35 oraz NRZ-14 i NRZ-20 przedstawione na rysunku nr 3/.

Posiadając graficzne zobrazowania zasięgów wykrycia w postaci rodziny przekrojów dla różnych wysokości wszystkich odległościomierzy, wysokościomierzy, urządzeń rozpoznania przynależności i urządzeń aktywnej odpowiedzi, dokonujemy porów-

niania tych zasięgów dla tych samych wysokości. Przy porównaniu określamy obszar wzajemnego ich przekrycia, to jest wspólnej strefy wykrycia przez rozpatrywane systemy lokacji. W ten sposób otrzymujemy strefę pełnej informacji, o której można powiedzieć, że jest to: "obszar przestrzeni powietrznej, w granicach którego kompania radiotechniczna może swoimi środkami wykryć obiekt powietrzny, określić jego trzy współrzędne oraz przynależność państwową z określonym prawdopodobieństwem".

Bardzo ważne jest to, aby strefy pełnej informacji odpowiadały realnym, a nie teoretycznym zasięgom wykrywania i rozpoznania. Strefę pełnej informacji przedstawiono na rysunku nr 2.

Jak widać na rysunku, obszar w którym występuje energia elektromagnetyczna wszystkich systemów lokacji dla danej wysokości określa granicę strefy pełnej informacji. Jeżeli takich porównań zrobimy więcej /dla kilku wysokości/ to otrzymamy rodzinę przekrojów stref pełnej informacji dla różnych wysokości dającą wyobrażenie o konfiguracji i wymiarach przestrzennych stref pełnej informacji. Należy zawsze mieć na uwadze, aby do wykreślenia strefy pełnej informacji wykorzystywać strefy wykrywania urządzeń lokacji dla tej samej skutecznej powierzchni odbicia energii od obiektów powietrznych.

## 2.5. Obliczanie parametrów pola triangulacji

Granice pola triangulacji /namierzania/ określa się graficznie na mapie. Przedstawia ona sobą

linię zamkniętą, opisującą zewnętrzną część stref namierzania kompanii radiotechnicznych biorących udział w namierzaniu źródła zakłóceń.

Granice pola namierzania przedstawiono na rys.nr 5.

Wysokość minimalna, na której możliwe jest ciągłe namierzanie, to znaczy wysokość dolnej granicy ciągłego pola namierzania - odpowiada wysokości, na której każda kompania może namierzać cel stosując zakłócenia. W przypadku gdy ogniwa namierzające rozmieszczone są na wierzchołkach trójkątów równobocznych, dolna /minimalna/ granica namierzania równa się wysokości lotu celów, dla których zasięg bezpośredniej widzialności równa się odległości między ogniwami namierzającymi /kompaniami radio - technicznymi/ "W".

Można to opisać:

$$W = D_{wb} \text{ : ponieważ } D_{wb} = 4,12 \left( \sqrt{H_c} + \sqrt{h_a} \right)$$

możemy przekształcając wzór, obliczyć wysokość dolnej granicy namierzania. I tak:

Za  $D_{wb}$  podstawiamy "W" i otrzymujemy:

$$W = 4,12 \left( \sqrt{H_c} + \sqrt{h_a} \right) \text{ ; przekształcając dalej:}$$

$$W = 4,12 \sqrt{H_c} + 4,12 \sqrt{h_a} \text{ ;}$$

$$-4,12 \sqrt{H_c} = 4,12 \sqrt{h_a} - W \text{ /} \cdot (-1)$$

$$4,12 \sqrt{H_c} = W - 4,12 \sqrt{h_a} \text{ ;}$$

dzielimy obie strony równania przez cyfrę 4, 12 i otrzymujemy:

$$\sqrt{H_c} = \frac{W - 4,12 \sqrt{h_a}}{4,12}; \text{ rozwijamy wyrażenie:}$$

$$H_c = \frac{W^2 - 2W4,12\sqrt{h_a} + (4,12)^2\sqrt{h_a}^2}{4,12^2}$$

$$H_c = \frac{W^2}{4,12^2} - \frac{2W\sqrt{h_a}}{4,12} + h_a;$$

$$H_c = \frac{W^2}{17} - 2 \frac{W\sqrt{h_a}}{4,12} + h_a.$$

Wiedząc, że  $H_c = H_{dgn}$ , wzór przyjmie postać:

$$H_{dgn} = \frac{W^2}{17} - 2 \frac{W\sqrt{h_a}}{4,12} + h_a.$$

Rozważmy to na przykładzie:

Założmy, że odległości między kompaniami namierzającymi "W" = 60 km. Element promieniujący zawieszony jest na wysokości 4 m. Wtedy:

$$H_{dgn} = \frac{60^2}{17} - 2 \frac{60\sqrt{4}}{4,12} + 4 \approx 150 \text{ m}$$

Wypływa stąd wniosek, że w podanym przypadku, wszystkie cele które stosują zakłócenia i lecą na wysokościach od 150 m wzwyż mogą być namierzone aż do pułapu wykrywania stacji biorących udział w namierzaniu.

### 3. OBLICZANIE LICZBY JEDNOCZEŚNIE PROWADZONYCH CELÓW

Liczba jednocześnie prowadzonych celów to średnia wartość maksymalnie możliwych wartości liczby celów, o których RLS, pododdział, bądź ugrupowanie zdolne jest przekazywać informację z ustaloną dyskretnością w jednostce czasu. Kryterium to charakteryzuje możliwości informacyjne.

Aby móc wydawać informację o celach powietrznych, muszą one być obserwowane /prowadzone/ przez RLS.

Pod pojęciem prowadzenia radiolokacyjnego rozumie się ciągłą obserwację celów powietrznych przez stacje radiolokacyjne, z systematycznym pomiarem ich współrzędnych i taktycznych charakterystyk, a następnie zbiór, opracowanie i przekazanie o nich informacji do odbiorców.

Dla zabezpieczenia dopływu informacji do stanowisk dowodzenia, powinny być organizowane do każdego z nich oddzielne kanały informacji. Przy tym nie wyklucza się wykorzystywania tych samych ogniw opracowania informacji jednocześnie w składzie kilku kanałów informacji, o ile jest to taktycznie uzasadnione i technicznie możliwe.

Kanałem informacji określa się ogół funkcjonalnie ze sobą połączonych ogniw, przez które kolejno przechodzi informacja, począwszy od źródła jej uzyskania do końcowego urządzenia zobrazowania na zabezpieczanym stanowisku dowodzenia.

Ogniwem określa się element kanału informacji wykonujący jedną skończoną funkcję /lokacja celu, itp./.

Każdy kanał informacji posiada określoną zdolność informacyjną. Można przyjąć, że: zdolność informacyjna kanału /ugrupowania/, to określona ilość informacji wydanej /przyjętej/ w jednostce czasu z ustaloną dokładnością.

Zdolność informacyjną określa się wydajnością ogniów rozpatrywanego kanału. Z kolei wydajność ogniów kanału informacji uzależniona jest od charakterystyk technicznych aparatury i wydajności osób funkcyjnych. Dla dokonania obliczeń liczby jednocześnie prowadzonych celów przez ogniwa kanału informacji, niezbędna jest znajomość schematu obiegu informacji i wydajność ogniów.

Na rysunku nr 6 przedstawiony jest przykładowy schemat kanałów informacji batalionu radiotechnicznego.

Batalion radiotechniczny jest w składzie miejscowej kompanii radiolokacji i trzech kompanii radiotechnicznych małej wysokości. Jedna kompania nie jest wyposażona w ASPD. Pozostałe kompanie posiadają ASPD.

Nieautomatyzowana krt zabezpiecza naprowadzanie z rozwiniętego na jej bazie WPN oraz wskazywanie celów dywizjonowi ogniowemu artylerii rakietowej. Należy określić; możliwości informacyjne brrt dla zabezpieczenia naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne, możliwości informacyjne dla

wskazywania celów dywizjonowi ogniowemu, oraz możliwości wydawania informacji do SD brygady radio - technicznej. Do tego celu batalion posiada zorganizowane trzy kanały informacyjne:

$N_{c1}$  - dla zabezpieczenia naprowadzania;  $N_{c2}$  - do wskazywania celów dla doar;  $N_{c3}$  - zautomatyzowane opracowanie informacji.

Wiadomo, że:

- operator WOO /WOOO/ może wydać 8 → 10 meld./min.;
- operator wysokościomierza może określić wysokość 4 → 5 celów w czasie 1 min. w wąskim sektorze oraz 3→4 przy położeniu celów na różnych /biegunowych/ azymutach;
- planszeczista i spiker posiadają zdolność przekazywania informacji w tempie 6 → 8 meld./min.;
- radiotelegrafista może przekazać kluczem 4 → 6 meld./min. a fonicznie 8 meld./min.;
- operator ASPD może przekazać współrzędne płaskie o 12 → 15 celach w ciągu 30 sek. a z charakterystyką 4 → 5 meldunków;
- nawigator może wykonywać jednocześnie do trzech naprowadzeń.

Na schemacie można wyliczyć, że:

A/ możliwości kanału  $N_{c1}$  są ograniczone możliwościami nawigatora ( $N_{12} < N_{11}$ ), dlatego  $N_{c1} = 3$ ;

B/ możliwości informacyjne kanału  $N_{c2}$  ogranicza operator wysokościomierza ( $N_{22} < N_{21}$ ) a jego możliwości wynoszą 5 informacji w minucie, dlatego  $N_{c2} = 5$ ;

C/ kanał  $N_{c3}$  tworzy pięć równoległych ogniw informacji:

1. Z kompanii niezautomatyzowanej  $N_{c2}$ .
2. Z kompanii zautomatyzowanej  $N_{36}$ .
3. Z kompanii zautomatyzowanej  $N_{cn}$ .
4. Z miejscowej kompanii  $N_{37}$ .
5. Z miejscowej kompanii  $N_{34}$ .

Możliwości informacji pierwszego ogniw wynikają z nierówności  $(N_{c2} < N_{30})$  i wynoszą 5 meld./min.

Wobec tego  $N_{39} = N_{c2} = 5$ .

Drugie ogniwo  $N_{36}$  składa się z dwóch równoległych gałęzi  $N_{34}$  i  $N_{35}$ , wobec czego  $N_{34} + N_{36} = 10$  do 12 meld./min.

Możliwości trzeciego ogniw  $N_{cn}$  równe są możliwościom drugiego ogniw i wynoszą 10 do 12 meld./min. Drugie i trzecie ogniwo  $N_{36}$  i  $N_{cn}$  przekazują infor-

mację na wskaźnik JWH  $N_{38}$ . Możliwości operatora  $N_{38} = 8$  do 10 meld. Możliwości czwartego i piątego ogniw wynoszą:  $N_{34} = 6$  do 7 meld.,  $N_{37} = 10$  /gdyż ograniczają operatorzy wskaźnika wysokości  $N_{33} = 5/$ .  $N_{33} = 5$ , a  $N_{32} = 12$  do 15 meld.  $(N_{33} + N_{33} < N_{32})$ . Wobec tego możliwości informacyjne kanału  $N_{c3}$  rów-

ne są sumie  $N_{34} + N_{37} + N_{38} + N_{39}$  o ile suma ta nie przewyższa technicznych możliwości przepustowych telenadajnika.

$$N_{c3} = (6 + 7) + 10 + (8 + 10) + 5 = 29 + 32 \text{ meld./min.}$$

Znane jest, że kanały informacyjne mogą posiadać odcinki o układzie szeregowym i równoległym. Ogólną zdolność informacyjną szeregowego kanału informacji można obliczyć korzystając z zależności:

$$N_{og.i} = \frac{t_{1i}}{t_{2i}}, \text{ gdzie:}$$

$t_{1i}$  = dyskretności przekazywania informacji;

$t_{2i}$  = czas analizy jednego meldunku.

Zdolność informacyjna kanału szeregowego nie może być większa od najmniejszej wartości zdolności informacyjnej spośród wszystkich ogniw kanału.

Zdolność informacyjna odcinka równoległego, równa jest sumie zdolności informacyjnych ogniw równoległych, a można ją obliczyć na podstawie wzoru:

$$N_{og.i} = \sum_{i=1}^n \frac{t_{1i}}{t_{2i}}$$

Za optymalny, z punktu widzenia ekonomicznego wykorzystania sił i środków uważa się kanał informacji, w którym zdolności poszczególnych ogniw i odcinków są jednakowe.

W procesie analizy i obiegu informacji, część jej może ulec zniekształceniu a część jest równoległa /dotyczy tych samych obiektów/. Powoduje to zmniejszenie możliwości niektórych ogniw kanału.

Zmniejszenie to możemy wyrazić następującymi współczynnikami:

a/ współczynnikiem równoległości:

$$K_{\text{równ.}} = \frac{N_{\text{og.}i} - N_{i.\text{równ.}}}{N_{\text{og.}i}}$$

gdzie:  $N_{\text{og.}i}$  - ogólna ilość informacji;

$N_{i.\text{równ.}}$  - ilość informacji równoległej;

b/ współczynnikiem zniekształcenia:

$$K_{\text{zn.}} = \frac{N_{\text{og.}i} - N_{i.\text{zn.}}}{N_{\text{og.}i}}$$

gdzie:  $N_{i.\text{zn.}}$  - ilość informacji zniekształconej.

Uwzględniając powyższe współczynniki, wzory na obliczanie zdolności informacyjnych przyjmują postać:

$$N_{\text{og.}i} = \frac{t_{1i}}{t_{2i}} \cdot K_{\text{równ.}} \cdot K_{\text{zn.}}$$

$$N_{\text{og.}i} = \sum_{i=1}^n \frac{t_{1i}}{t_{2i}} \cdot K_{\text{równ.}} \cdot K_{\text{zn.}}$$

#### 4. OBLICZANIE STOPNIA DOKŁADNOŚCI INFORMACJI RADIOLOKACYJNEJ

Przyjęto uważać, że: pod pojęciem wiarygodności informacji rozumie się dokładność określania współrzędnych obiektów powietrznych, a także czas opóźnienia przekazania informacji, wynikły z procesu sporządzania meldunków i identyfikacji obiektów oraz z przekazania informacji do zainteresowanego stanowiska dowodzenia.

Informacja radiolokacyjna podlegająca analizie obarczona jest błędami: instrumentalnymi RLS, odczytu współrzędnych przez operatorów RLS, nanoszenia współrzędnych kątowych /biegunowych/ na planszet, przekształcenia współrzędnych kątowych na prostokątne, dowiązania topograficznego, orientowania, przyjęcia odległości bezpośredniej za horyzontalną i opóźnienia tej informacji.

W niniejszym rozdziale rozpatrzemy tylko błędy mające, zasadniczy wpływ na zabezpieczenie działań bojowych WR i LM.

##### Błąd nanoszenia współrzędnych kątowych

Powstaje w czasie nanoszenia współrzędnych azymutu i odległości na planszet. Wielkość tego błędu określono statystycznie.

Dla planszetu w skali 1:500 000 błąd ten wynosi:

- w odległości  $\delta D_{\text{nan}} = 1 \text{ km};$

- w azymucie  $\delta \beta_{\text{nan}} = 1^{\circ}.$

Sumaryczny błąd liniowy nanoszenia współrzędnych kątowych możemy obliczyć ze wzoru:

$$\delta_{\text{nan}} = \sqrt{\sigma_{D_{\text{nan}}}^2 + \left( \frac{D \cdot \sigma_{\beta_{\text{nan}}}}{60} \right)^2}$$

gdzie: D - odległość do obiektu w km.

Błąd przekształcenia współrzędnych. Błąd ten powstaje przy przekształceniu współrzędnych kątowych na prostokątne wg kwadratów siatki OP. Współrzędne wg kwadratów siatki OP nanosi się i odczytuje z dokładnością określoną wymiarami małego kwadratu /12 x 12 km/. Powoduje to błąd o maksymalnej wartości równej połowie przekątnej tego kwadratu i wynosi:

$$\delta_{\text{max. siatki OP}} = \frac{1}{2} \sqrt{2a^2}$$

gdzie: a - długość boku kwadratu siatki OP.

Błędy przekształcenia współrzędnych podlegają prawu równoprawdopodobnego rozkładu. Ponieważ naniesienie współrzędnych w każdym punkcie kwadratu jest równoprawdopodobne, wobec tego średniokwadratowy błąd wyniesie:

$$\delta_{\text{śr. kw.}} = \frac{\delta_{\text{max. siatki OP}}}{\sqrt{3}}$$

### Błąd przylicia odległości bezpośredniej za horyzontalna

Błąd ten zależy od odległości i wysokości lotu obiektu powietrznego. Wiadomo, że stacje radiolokacyjne określają odległość pochyłą, która na wskaźnikach zobrazowana jest jako horyzontalna. Wielkość błędu jest więc różnicą w tych odległościach.

Różnicę tę obliczamy z zależności:

$$\delta_{pbo} = D - \sqrt{D^2 - H_c^2}$$

gdzie: D - odległość pochyła do celu;  
H - wysokość lotu celu.

### Błąd opóźnienia

Błąd ten powstaje zarówno w czasie sporządzenia meldunków przez operatora, jak też poprzez opóźnione przekazywanie tych meldunków na kolejne stanowisko dowodzenia. Wielkość błędu zależy od sposobu przekazywania informacji, zdolności przepustowej kanałów a także od ilości jednocześnie prowadzonych obiektów powietrznych i dyskretności przekazywania. Wielkość błędu można obliczyć korzystając ze wzoru:

$$\delta_{op.} = t_{op} \cdot V_c$$

gdzie:  $t_{op}$  - średni czas opóźnienia informacji od kilkunastu sekund do kilku minut;

$V_c$  - prędkość lotu celu.

### Błąd odczytu współrzędnych / $\delta_{\text{odcz.}}$ /

Wznoszony jest przez operatora w trakcie odczytywania współrzędnych ze wskaźnika. Wielkości tych błędów są dość duże i zależą od wielu czynników. Dla różnych typów RLS są różne i zawierają się w przedziale 400 - 1.700 m w odległości 0,5°-2° w azymucie oraz 400 m dla 1,5% odległości przy odczycie wysokości lotu obiektu.

Wypadkowe błędów instrumentalnych RLS i odczytu współrzędnych nazwane są powszechnie dokładnością określania współrzędnych. Podawane są w instrukcjach eksploatacji RLS i odpowiadają 80% pomiarów.

### Błąd orientowania / $\delta_{\text{or.}}$ / urządzeń radiolokacyjnych

Jego wielkość zależy od tego czy urządzenia współpracują z systemami zautomatyzowanymi czy też pracują samodzielnie. Wynika to ze sposobów orientowania urządzeń. Błąd orientowania bez powiązania RLS z systemem zautomatyzowanym zawiera się w przedziale 30 minut do 1°, natomiast przy współpracy RLS z systemami zautomatyzowanymi od 10 do 30 minut.

Jak z dotychczasowych rozważań wynika, informacja radiolokacyjna posiada pewne niedokładności. Rodzi się więc pytanie: w jakim stopniu te niedokładności wpływają na wykonanie zadań radiolokacyjnego zabezpieczenia działań bojowych WR i LM? Odpowiedź uzyskamy po zapoznaniu się z następnymi rozdziałami skryptu.

## 5. ZABEZPIECZENIE RADIOLOKACYJNE DZIAŁAŃ BOJOWYCH LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO I WOJSK RAKIETOWYCH

### 5.1. Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych lotnictwa myśliwskiego przez WRT

Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych lotnictwa myśliwskiego obejmuje:

- terminowe informowanie stanowisk dowodzenia oddziałów /pododdziałów/ lotnictwa myśliwskiego o sytuacji powietrznej, niezbędnej do podjęcia właściwej decyzji;
- dostarczenie dokładnej informacji radiolokacyjnej, dla zabezpieczenia dowodzenia lotnictwem myśliwskim w powietrzu;
- zabezpieczenie procesu współdziałania lotnictwa myśliwskiego z wojskami raketowymi w zwalczaniu celów powietrznych.

#### 5.1.1. Ogólna informacja radiolokacyjna

Terminowe informowanie stanowisk dowodzenia oddziałów lotnictwa myśliwskiego o sytuacji powietrznej, jest to ciągły proces polegający na dostarczeniu przez wojska radiotechniczne informacji radiolokacyjnej. Informacja ta jest wykorzystana do realizacji procesu dowodzenia operacyjno-taktycznego lotnictwem myśliwskim. Zasadniczymi parametrami, które określają jej przydatność dla dowodzenia lotnictwem myśliwskim jest rubież, z której informa-

cja ta pochodzi i czas jej opóźnienia. Pozostały parametr, to jest - dokładność określania współrzędnych jest mniej istotny i dlatego informację tę nazywamy ogólną a rubież - rubieżą ogólną informacji radiolokacyjnej.

Istnieją dwa pojęcia rubieży ogólnej informacji radiolokacyjnej:

1. Potrzebna rubież ogólnej informacji radiolokacyjnej.
2. Możliwa rubież ogólnej informacji radiolokacyjnej.

Potrzebna rubież ogólnej informacji radiolokacyjnej / $D_{po}$ / jest to zbiór punktów w przestrzeni powietrznej, oddalonych od lotniska bazowania na taką odległość, której czas przelotu przez cel powietrzny pozwoli na użycie lotnictwa myśliwskiego /bazującego na tym lotnisku/ na nakazanej rubieży wprowadzenia do walki. Odległość do potrzebnej rubieży ogólnej informacji radiolokacyjnej / $D_{po}$ / obliczamy według niżej podanej zależności:

$$D_{po_{LM}} = R + V_c / t_{op} + t_{pd} + t_g + t_{st} + t_l + t_m + t_{\sqrt{}} \quad (km) \quad | \quad /5.1/$$

gdzie: R - odległość od lotniska bazowania do nakazanej rubieży wprowadzenia lotnictwa myśliwskiego do walki (km);

$V_c$  - prędkość celu powietrznego ( $\frac{km}{min.}$ );

$t_{op}$  - czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej (min.) /operator RLS - planszista SD KOPK/;

- $t_{pd}$  - czas potrzebny na podjęcie decyzji (min.) ;
- $t_g$  - czas potrzebny na osiągnięcie gotowości nr 1 przez załogi myśliwskie (min.) ;
- $t_s$  - czas potrzebny na start samolotów myśliwskich (min.) ;
- $t_l$  - czas potrzebny na dołot samolotów myśliwskich do nakazanej rubieży wprowadzenia do walki i na nabór wysokości (min.) ;
- $t_m$  - czas potrzebny na wykonanie manewru przez samolot myśliwski w celu zajęcia dogodnej pozycji do ataku (min.) ;
- $t_r$  - czas potrzebny na wykrycie celu powietrznego za pomocą pokładowej stacji radiolokacyjnej myśliwca lub wzrokowo przez pilota (min.) .

Błąd ogólnej informacji radiolokacyjnej, w określaniu współrzędnych celu powietrznego, nie powinien przekraczać:

- we współrzędnych płaskich  $x, y \leq 8,5 \text{ km}$ ;
- w wysokości  $\delta n \leq 500 \pm 1000 \text{ m.}$

Czas opóźnienia ogólnej informacji radiolokacyjnej w systemie planszeto-ręcznym nie powinien przekraczać  $t_{op} \leq 2 \div 5 \text{ min.}$

Błąd określania składu celu powietrznego dla ogólnej informacji radiolokacyjnej nie powinien przekraczać  $\pm 20\%$  dla średnich wysokości. Nato - miast dla małych i stratosferycznych wysokości wartość błędu powinna zmniejszyć się do 0%. Uwarunkowane to jest możliwością przenoszenia ognia przez samolot myśliwski na inne cele powietrzne.

Możliwa rubież ogólnej informacji radiolokacyjnej /D<sub>no</sub>/ jest to zbiór punktów w przestrzeni powietrznej, oddalonych od lotniska bazowania lotnictwa myśliwskiego na taką odległość, gdzie siły

i środki oddziały radiotechnicznego wykrywają cele powietrzne z prawdopodobieństwem  $P_w \geq 0,5$ .  
Porównując odległość potrzebnej z możliwą rubieżą ogólnej informacji radiolokacyjnej - otrzymamy odpowiedź na pytanie "czy zabezpieczenie radiolokacyjne lotnictwa myśliwskiego w ogólną informację radiolokacyjną odpowiada potrzebom tego lotnictwa".

Jeżeli  $D_{mo} \geq D_{po}$  - to WRT zadanie w zakresie zabezpieczenia radiolokacyjnego LM w ogólną informację o sytuacji powietrznej wykonają.

Jeżeli  $D_{mo} < D_{po}$  - to zadanie nie zostanie wykonane.

Możliwe rubieże ogólnej informacji radiolokacyjnej powinny być wrysowane na mapę planu działań bojowych - oddziały radiotechnicznego dla wysokości:  $H = 100; 2000; 6000$  i  $24000$  m z podaniem czasu opóźnienia informacji radiolokacyjnej  $/t_{op}/$ .

### 5.1.2. Dokładna informacja radiolokacyjna

Proces dowodzenia lotnictwem myśliwskim w powietrzu jest realizowany przez punkty naprowadzenia, na podstawie dokładnej informacji radiolokacyjnej dostarczonej przez WRT. Wojska radiotechniczne realizują zdejmowanie, przekazywanie i zobrazenie dokładnej informacji radiolokacyjnej trzema metodami:

- planszетową;
- wskaźnikową;
- zautomatyzowaną.

Celem każdej metody jest przekazanie do punktów naprowadzania lotnictwa myśliwskiego współrzędnych celu powietrznego i własnego myśliwca z określonej rubieży, z wymaganą dokładnością, dyskretnością i minimalnym czasem opóźnienia. Wymagania dotyczące dyskretności, dokładności, czasu opóźnienia i rubieży wydawania dokładnej informacji radiolokacyjnej wynikają z warunków skutecznego naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne. Skuteczne naprowadzanie - to doprowadzenie samolotu myśliwskiego do takiego położenia względem celu, które spełnia następujące warunki:

- pilot samolotu myśliwskiego ma możliwość wykrycia celu powietrznego za pomocą stacji radiolokacyjnej lub wzrokowo;
- od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu rozpoczęcia ataku, pilot powinien skorygować błędy procesu naprowadzania w możliwie krótkim czasie;
- po skorygowaniu błędów procesu naprowadzania samolot myśliwski powinien wyjść w takie położenie względem celu powietrznego, z którego pilot może rozpocząć skuteczny atak posiadanymi środkami rażenia.

#### 5.1.2.1. Rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej

Skuteczne naprowadzanie samolotu myśliwskiego na cel powietrzny, może być realizowane przez punk-

ty naprowadzania na podstawie dokładnej informacji radiolokacyjnej dostarczonej z określonej rubieży. Rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej może występować w dwóch aspektach: jako potrzebna i możliwa.

Potrzebna rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej, jest to zbiór punktów w przestrzeni powietrznej oddalonych od nakazanej rubieży wprowadzenia lotnictwa myśliwskiego do walki na taką odległość, której czas przelotu przez cel powietrzny pozwoli na doprowadzenie samolotu myśliwskiego do takiego położenia względem celu, z którego pilot będzie w stanie wykonać skuteczny atak.

Odległość  $D_{pd}$  do potrzebnej rubieży dokładnej informacji radiolokacyjnej obliczamy według niżej podanej zależności

$$D_{pd_{LM}} = v_c / t_m + t_r \sqrt{(km)} / 5.2 /$$

gdzie:  $v_c$  - prędkość celu powietrznego  $\left(\frac{km}{min.}\right)$ ;

$t_m$  - czas potrzebny na wykonanie manewru przez samolot myśliwski w celu zajęcia dogodnej pozycji do ataku (min.);

$t_r$  - czas potrzebny na wykrycie celu powietrznego za pomocą pokładowej stacji radiolokacyjnej myśliwca lub wzrokowo (min).

Możliwa rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej, jest to zbiór punktów w przestrzeni powietrznej, gdzie prawdopodobieństwo określenia pełnej informacji o celu powietrznym i samolocie myśliwskim za pomocą stacji radiolokacyjnej /z której

realizuje się proces naprowadzania/ wynosi:  
 $P_w \geq 0,5$ . Odległość możliwej rubieży dokładnej informacji radiolokacyjnej  $/D_M/$  od punktu naprowadzania /miejsca rozwinięcia stacji radiolokacyjnej/ zależy od: parametrów technicznych stacji radiolokacyjnej, wysokości lotu celu powietrznego i rzeźby terenu.

Proces naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne powinien być realizowany wtedy, gdy samolot myśliwski i cel powietrzny znajdują się w strefie wykrywania tej samej stacji radiolokacyjnej.

Jak wiadomo z podstaw radiolokacji strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej jest ograniczona:

- maksymalnym zasięgiem wykrywania;
- stożkiem martwym;
- odbiciami od przedmiotów terenowych.

Dlatego też, aby naprowadzanie lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne było skuteczne, muszą być spełnione następujące warunki - dotyczące rubieży dokładnej informacji radiolokacyjnej:

1.  $D_{md} \geq D_{pd} + R_{RLS}$
2.  $R_{RLS} > R_{sm}$  /5.2a/
3.  $R_{RLS} > R_m$

gdzie:  $D_{md}$  - możliwa rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej /km/;

$D_{pd}$  - potrzebna rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej /km/

- $R_{RLS}$  - odległość pomiędzy nakazaną rubieżą wprowadzenia lotnictwa myśliwskiego do walki a miejscem rozwinięcia stacji radiolokacyjnej - wzdłuż kierunku lotu celu po wietrznego /km/;
- $R_{em}$  - promień stożka martwego dla danej wysokości /km/;
- $R_m$  - średni promień odbić od przedmiotów terenowych /km/.

Na planie działań bojowych oddziału radiotechnicznego powinny być wrysowane możliwe rubieże dokładnej informacji radiolokacyjnej, granice stożka martwego i odbicia od przedmiotów terenowych dla wysokości  $H = 100, 2000, 12000$  i  $18000$  m. Powyższe rubieże należy wrysować dla tych pododdziałów, w których są zorganizowane punkty naprowadzania. Odbicia od przedmiotów terenowych wrysujemy dla tych pododdziałów, których stacje radiolokacyjne nie posiadają układów tłumienia ech stałych. Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej ograniczona powyższymi warunkami  $/D_{md}, R_{em}, R_m/$  stanowi obszar, w którym może być realizowany proces naprowadzania.

#### 5.1.2.2. Prawdopodobieństwo realizacji końcowego etapu procesu naprowadzania

Wielkość prawdopodobieństwa realizacji końcowej fazy procesu naprowadzania lotnictwa myśliwskiego zależy od: dokładności informacji radiolokacyjnej, obliczeń nawigatorskich i realizacji komend przez pilota samolotu myśliwskiego.

Każdy z tych warunków powinien być spełniony z dużym prawdopodobieństwem, tak, aby naprowadzanie samolotu myśliwskiego na cel powietrzny było skuteczne.

Informacja radiolokacyjna, obliczenia nawigatorские i realizacja komend przez pilota samolotu myśliwskiego, mogą być obarczone błędami przypadkowymi i systematycznymi.

Błędy systematyczne - to takie błędy, które powtarzają się w każdym cyklu /okresie/ i posiadają stałą wartość /błędy te można skompensować/. Błędy przypadkowe - to takie błędy, które mogą powtarzać się, ale wartość ich jest zmienna.

Zakładając, że błędy obliczeń nawigatorских, realizacji komend przez pilota i informacji radiolokacyjnej są przypadkowe o rozkładzie normalnym /Gausa/, to wielkość prawdopodobieństwa realizacji końcowego etapu naprowadzania lotniczego myśliwskiego na cele powietrzne obliczamy według niżej podanej zależności:

$$P_n = \frac{\Delta D_d}{\delta_D} \cdot \frac{\Delta \Theta_d}{\delta_\Theta} \cdot \frac{\Delta H_d}{\delta_H} \quad /5.3/$$

gdzie:  $\Delta D_d$ ;  $\Delta \Theta_d$ ;  $\Delta H_d$  - dopuszczalne błędy na - prowadzania w odległości, kursie i wysokości;

$\delta_D$ ;  $\delta_\Theta$ ;  $\delta_H$  - średniokwadratowe błędy naprowadzania w odległości, kursie i wysokości.

Błąd w odległości  $\Delta D$  jest to różnica - pomiędzy rzeczywistą odległością  $D_{rz}$  samolotu myśliwskiego od celu powietrznego a odległością obliczoną  $D_o$ .

Odległość obliczona  $D_o$  jest to średnia statystyczna odległości wykrywania celu powietrznego, za pomocą pokładowej stacji radiolokacyjnej lub wzrokowo:

$$\Delta D_d \geq D = (D_{rz} - D_o) \quad (\text{!m}) \quad /5.4./$$

Błąd w kursie  $\Delta \theta$  jest to różnica - pomiędzy kursem rzeczywistym  $\theta_{rz}$  samolotu myśliwskiego w chwili wykrycia celu powietrznego, a kursem obliczonym  $\theta_o$ . Kurs obliczony - jest to optymalny kurs lotu myśliwca dla wybranej metody naprowadzenia.

$$\Delta \theta_d \geq \Delta \theta = (\theta_{rz} - \theta_o) \quad (\text{stop.}) \quad /5.5./$$

Błąd w wysokości  $\Delta H$  jest to różnica - pomiędzy rzeczywistą wysokością  $H_{rz}$  lotu samolotu myśliwskiego w chwili wykrycia celu powietrznego, a wysokością obliczoną  $H_o$ . Wysokość obliczona /przewyższenie, obniżenie/ jest to taka wysokość, przy której zapewnione są najlepsze warunki późniejszego ataku.

$$\Delta H_d \geq \Delta H = (H_{rz} - H_o) \quad (\text{km}) \quad /5.6./$$

Obliczenia i praktyka wskazują, że przy współczesnych sposobach naprowadzania - dokładność wyprowadzenia samolotu myśliwskiego w odległości jest 3 ÷ 4 razy wyższa od dopuszczalnych. W związku z czym wartość wyrażenia całki  $\int \frac{\Delta D_d}{\delta_D} /$

ze wzoru 5.3 bliska jest jedności, co pozwala wzór 5.3 uprościć do następującej postaci:

$$P_n = \int \frac{\Delta \theta_d}{\delta_\theta} / \int \frac{\Delta H_d}{\delta_H} / \quad /5.7/$$

Wartości błędów dopuszczalnych  $\Delta \theta_d$  i  $\Delta H_d$  są określone dla konkretnych typów samolotów, wariantów uzbrojenia i metod naprowadzania.

Wobec czego, obliczenia prawdopodobieństwa naprowadzania w końcowej fazie, sprowadzają się do obliczenia błędów: informacji radiolokacyjnej, obliczeń nawigatorskich i realizacji komend przez pilota  $\delta_\theta$  i  $\delta_H$ .

Wartości powyższych błędów  $\delta_\theta$ ;  $\delta_H$  można obliczyć według następujących zależności:

$$\delta_\theta = \sqrt{\delta_{\theta R}^2 + \delta_{\theta H}^2 + \delta_{\theta P}^2} \quad (\text{stop.}) /5.8.a/$$

$$\delta_H = \sqrt{\delta_{HR}^2 + \delta_{HN}^2 + \delta_{HP}^2} \quad (\text{km}) /5.8.b/$$

gdzie:  $\delta_{\theta R}$ ;  $\delta_{HR}$  - średniokwadratowe błędy informacji radiolokacyjnej w określaniu kursu i wysokości;

$\delta_{\theta N}$ ;  $\delta_{HN}$  - średniokwadratowe błędy obliczeń nawigatorskich w określaniu kursu i wysokości;

$\delta \theta_P$ ;  $\delta_{HP}$  - średniokwadratowe błędy realizacji komend przez pilota samolotu myśliwskiego.

Wartości średniokwadratowych błędów obliczeń nawigatorskich i realizacji komend przez pilota samolotu myśliwskiego, zależą od stopnia wyszkolenia nawigatora i pilota oraz od typu samolotu myśliwskiego i przyjętej metody naprowadzania. Wartości liczbowe powyższych błędów są podane w tabelicach nawigatorskich. Problem ten jest szczegółowo rozpatrywany przez Szefostwo Lotnictwa Myśliwskiego Wojsk OPK i dlatego nie będzie tematem niniejszej pracy.

W dokumentacji technicznej stacji radiolokacyjnej, są podane błędy liniowe lub kątowe określania współrzędnych obiektów powietrznych w odległości, azymucie i wysokości.

W wyrażeniu 5.8.a i 5.8.b wartości błędu informacji radiolokacyjnej występują w postaci błędu średniokwadratowego w kursie i wysokości. Dlatego błędy określania współrzędnych obiektu powietrznego podane w dokumentacji technicznej stacji radiolokacyjnej należy przeliczyć na błędy średniokwadratowe:

1. Średniokwadratowy błąd kątowy informacji radiolokacyjnej:

$$\delta_{xy} = \sqrt{\delta_d^2 + \delta_\beta^2} \quad (\text{km}) \quad /5.9./$$

gdzie:  $\delta_d$  - błąd określania odległości do obiektu powietrznego za pomocą stacji radiolokacyjnej (km);

$\delta\beta$  - błąd określania azymutu obiektu powietrznego za pomocą stacji radiolokacyjnej (km).

2. Średniokwadratowy błąd informacji radiolokacyjnej w kursie:

$$\delta\Theta_R = \delta_{xy} \cdot \frac{80 \sqrt{R^2 + v_c \cdot t_{op} R + (v_c \cdot t_{op})^2}}{v_m \cdot R \cdot t_{op}} \quad (\text{stop.})$$

/5.10./

gdzie:  $\delta_{xy}$  - średniokwadratowy błąd kątowy informacji radiolokacyjnej obliczony według zależności 5.9. (km);

$v_c$  - prędkość celu powietrznego  $\left(\frac{\text{km}}{\text{min.}}\right)$ ;

$v_m$  - prędkość samolotu myśliwskiego  $\left(\frac{\text{km}}{\text{min.}}\right)$ ;

$R$  - zasięg wykrycia celu powietrznego za pomocą pokładowej stacji radiolokacyjnej lub wzrokowo (km);

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

Obliczając kolejne wartości  $\delta x$  i  $y$  /wg wzoru 5.9./,  $\delta\Theta_R$  /wg wzoru 5.10./ zakładając, że:

$\delta_H = \delta_h$  - /błąd określania wysokości lotu celu powietrznego za pomocą stacji radiolokacyjnej/ to według wzoru 5.8.a i 5.8.b możemy określić średniokwadratowe błędy naprowadzania przy znanych wartościach  $\delta\Theta_N$ ;  $\delta\Theta_P$ ;  $\delta_{HN}$ ;  $\delta_{HP}$ .

Następnie według wzoru /5.7./, obliczamy prawdopodobieństwo realizacji końcowego etapu naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne przy znanych wartościach  $\Delta\Theta_d$  i  $\Delta H_d$ .

Na podstawie analizy powyższych zależności oraz wartości obliczonego prawdopodobieństwa naprowadzenia  $/P_n/$ , dla różnych wartości dokładnej informacji radiolokacyjnej, można określić racjonalny sposób zabezpieczenia punktów naprowadzania lotnictwa myśliwskiego w dokładną informację radiolokacyjną.

Zależności powyższe rozważmy na przykładzie /5.1./:

Na RLP został zorganizowany WPN lotnictwa myśliwskiego /foniczno-wzrokowy/ w oparciu o RLS P-35 i PRW-11.

Obliczyć potrzebną i możliwą rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej oraz prawdopodobieństwo realizacji końcowego etapu naprowadzania przy założeniach:

1. Naprowadzanie lotnictwa myśliwskiego jest realizowane na podstawie informacji radiolokacyjnej zobrazowanej na WOO RLS P-35 i wskaźnika wyokości RLS PRW-11.
2. Nawigator i pilot samolotu myśliwskiego typu MiG-21 sps posiadają I klasę wyszkolenia i mogą popełnić błędy:

$$\delta \theta_N = 3^\circ; \delta_{HN} = 0.$$

$$\delta \theta_P = 1,5^\circ; \delta_{HP} = 150 \text{ m.}$$

3. Nawigator naprowadza samolot myśliwski metodą manewru. Samolot myśliwski jest uzbrojony w rakiety R-3S.

W związku z tym dopuszczalne błędy wynoszą:

$$\Delta \Theta_d = 25^\circ; \quad \Delta H_d = 2000 \text{ m.}$$

4. Cel powietrzny typu F-4 leci na wysokości 6000 m z prędkością  $1500 \frac{\text{km}}{\text{godz}}$ :
5. Nakazana rubież wprowadzenia lotnictwa myśliwskiego do walki przebiega w odległości 80 km od RLP.
6. Samolot myśliwski znajduje się w powietrzu w nakazanej strefie dyżurowania.
7. Średni promień odbić od przedmiotów terenowych wynosi:  $R_m = 35 \text{ km}$ .

a/ Obliczamy potrzebną rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej wg zależności 5.2.

$$D_{pd} = v_c / t_m + t_r \quad (\text{km})$$

$$v_c = 1500 \frac{\text{km}}{\text{godz.}} = 25 \frac{\text{km}}{\text{min.}}$$

$$t_m = 2 \text{ minuty}$$

$$t_r = 30 \text{ sek.}$$

$$D_{pd} = 25 / 2 + 0,5 / = 62,5 \text{ km}$$

$$\underline{D_{pd} = 62,5 \text{ km}}$$

b/ Możliwa rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej dla P-35 na  $H = 6000 \text{ m}$  wynosi  $\underline{D_{md} = 146 \text{ km}}$  /dla samolotu F-4 i zerowych kątów zakrycia/.

Obecnie sprawdzamy zgodność warunków określonych zależnościami 5.2.a.

$$1. D_{md} \geq D_{pd} + R_{RLS}$$

$$146 \geq 62,5 + 80$$

$$146 \geq 142,5$$

$$2. R_{RLS} > R_{sm}$$

$$80 > 10,8$$

$$R_{RLS} = 80 \text{ km}$$

$$R_{sm} = H \cdot \text{ctg } \xi_{\text{max.}}$$

$$\xi_{\text{max.}} = 30^\circ \text{ dla P-35}$$

$$H = 6000 \text{ m to:}$$

$$R_{sm} = 6000 \cdot \text{ctg } 30^\circ$$

$$R_{sm} = 10,8 \text{ km}$$

$$3. R_{RLS} > R_m$$

$$80 > 35$$

$$R_m = 35 \text{ km}$$

Wszystkie trzy warunki są spełnione - naprawa -  
dzanie może być realizowane ze względu na rubież  
informacji.

c/ Obliczamy średniokwadratowy błąd kątowy in -  
formacji radiolokacyjnej wg zależności 5.9:

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

Dla RLS P-35:

$$\delta_d = 500 \text{ m}$$

$$\delta_{\beta_1} = 0,5^\circ$$

Uwzględniając, że  $\delta_\beta$  w zależności 5.9. wystę-  
puje w wymiarze liniowym, to:

$$\delta_\beta = \delta_{\beta_1} \cdot D \cdot 0,0174$$

gdzie:  $D = R_{RLS} + D_{pd} = 142 \text{ km}$

$$\delta\beta = 0,5 \cdot 142 \cdot 0,0174 = 1,24 \text{ km}$$

Czyli:

$$\delta_{xy} = \sqrt{0,5^2 + 1,24^2} \approx 1,3 \text{ km}$$

$$\underline{\delta_{xy} = 1,3 \text{ km}}$$

d/ Obliczamy średniokwadratowy błąd informacji radiolokacyjnej w kursie według zależności 5.10.:

$$\delta\Theta_R = \delta_{xy} \cdot \frac{80 \sqrt{R^2 + (v_c \cdot t_{op} \cdot R) + (v_c \cdot t_{op})^2}}{v_m \cdot t_{op} \cdot R}$$

Dane:

1/  $\delta_{xy} = 1,3 \text{ km /punkt - c/}$ ;

2/  $R = 15 \text{ km /zasięg wykrycia pokładowej RLS dla F-4/}$ ;

3/  $v_c = 25 \frac{\text{km}}{\text{min}}$ ;

4/  $t_{op} = 30 \text{ sek.}$ ;  $t_{op}$  - to sumaryczny czas opóźnienia informacji, składający się z:

- czasu zobrazowania informacji radiolokacyjnej / $t_1$ /;
- czasu wydania komendy przez nawigatora / $t_N$ /;
- czasu wykonania komendy przez pilota / $t_p$ /;

$$t_{op} = t_1 + t_N + t_p$$

W naszym przykładzie  $t_1 = 0$ .

W obliczeniach tych należy również uwzględnić wpływ dyskretności przekazywania dokładnej informacji radiolokacyjnej.

Jeżeli czas dyskretności /okres powtarzania/  $T_1$  informacji radiolokacyjnej jest mniejszy od okresu wydawania komend przez nawigatora  $T_k$ , to  $T_1$  nie ma wpływu na prawdopodobieństwo naprowadzenia. Natomiast w sytuacji odwrotnej kiedy  $T_1 > T_k$ , to różnice czasu  $T_1 - T_k = t_{i1}$  należy uwzględnić jako opóźnienie informacji wynikające z dyskretnego charakteru pracy urządzeń radiolokacji. W metodzie automatycznego naprowadzenia lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne /komendy wypracowywane są w sposób automatyczny i wykonywane przez automatycznego pilota/ kiedy urządzenia pracują w sposób ciągły, czas dyskretności wydawania informacji radiolokacyjnej powinien dążyć do wartości zerowych.

5/  $v_m = 1500 \frac{\text{km}}{\text{godz.}} = 25 \frac{\text{km}}{\text{min.}}$  /prędkość lotu myśliwca powinna być równa lub większa od prędkości lotu celu powietrznego/.

wobec czego:

$$\delta\theta_R = 1,3 \frac{80 \sqrt{15^2 + (25 \cdot 0,5 \cdot 15) + (25 \cdot 0,5)^2}}{25 \cdot 15 \cdot 0,5}$$

$$\delta\theta_R \approx 11^\circ$$

e/ Obliczamy średniokwadratowy błąd wysokości, według zależności 5.11.

$$\delta_{HR} = \sqrt{\delta_h^2 + \delta_{h_d}^2}$$

$$\delta_h = 400 \text{ m /dla RLS PRW-11/}$$

$\delta_{h_d}$  - dynamiczny błąd wysokości, spowodowany manewrem celu powietrznego w płaszczyźnie pionowej,  
 $\delta_{h_d} = 0$ .

to:

$$\delta_{HR} = \sqrt{0,4^2 + 0^2}$$

$$\underline{\delta_{HR} = 0,4 \text{ km}}$$

f/ Obliczamy średniokwadratowy błąd w kursie i wysokości, całego ogniwa naprowadzania według zależności 5.8.a i 5.8.b

1. Dane:

$$\delta\theta_R = 11^\circ$$

$$\delta\theta_N = 3^\circ$$

$$\delta\theta_P = 1,5^\circ$$

$$\text{to: } \delta\theta = \sqrt{\delta\theta_R^2 + \delta\theta_N^2 + \delta\theta_P^2}$$

$$\delta\theta = \sqrt{11^2 + 3^2 + 1,5^2}$$

$$\underline{\delta\theta \approx 11,5^\circ}$$

2. Dane:

$$\delta\theta_{HR} = 0,4 \text{ km}$$

$$\text{to: } \delta_H = \sqrt{\delta_{HR}^2 + \delta_{HN}^2 + \delta_{HP}^2}$$

$$\delta\theta_{HN} = 0 \text{ km}$$

$$\delta_H = \sqrt{0,4^2 + 0,15^2}$$

$$\delta\theta_{HP} = 0,15 \text{ km}$$

$$\underline{\delta_H \approx 0,43 \text{ km}}$$

g/ Obliczenie prawdopodobieństwa naprowadzenia wg zależności 5.7.

Dane:

$$\Delta \Theta_d = 25^\circ \quad \text{to: } P_n = \Phi\left(\frac{\Delta \Theta_d}{\delta \Theta}\right) \Phi\left(\frac{\Delta H_d}{\delta H}\right)$$

$$\Delta H_d = 2 \text{ km} \quad P_n = \Phi\left(\frac{25}{11,5}\right) \Phi\left(\frac{2}{0,43}\right) = /2,17/ /4,65/$$

$$\delta \Theta = 11,5^\circ$$

$$\delta H = 0,43 \text{ km} \quad P_n = 0,970 \cdot 0,999 \approx 0,96$$

Wartość  $\Phi\left(\frac{\Delta \Theta_d}{\delta \Theta}\right)$  lub  $\Phi\left(\frac{\Delta H_d}{\delta H}\right)$ , jest to

całka prawdopodobieństwa trafienia wielkości przypadkowej w przedział o długości  $|\Delta \Theta_d|$  lub  $|\Delta H_d|$ .

Wartość całki  $\Phi(x)$  obliczamy z tablic prawdopodobieństwa sporządzonych dla rozkładu normalnego.

Z powyższego przykładu wynika, że w zakresie rubieży dokładnej informacji radiolokacyjnej wojska radiotechniczne zadanie wykonają. Natomiast stosowana metoda /wskaźnikowa/ przekazywania i zobrazowania dokładnej informacji radiolokacyjnej pozwala na realizację końcowego etapu procesu naprowadzenia z prawdopodobieństwem  $P_n = 0,96$ .

Z praktycznej działalności wojsk radiotechnicznych wynika, że uzyskanie prawdopodobieństwa  $/P_n \geq 0,680/$ , pozwala na ocenę zabezpieczenia radiolokacyjnego jako skuteczne.

### 5.1.3. Ilość jednoczesnych naprowadzeń

Ilość źródeł dokładnej informacji radiolokacyjnej, na podstawie której można realizować proces naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne, jest wielkością charakteryzującą możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie wydzielania sprzętu /radiolokacji, środków przyrządowego naprowadzania i łączności/ do zabezpieczenia naprowadzania.

Ilość jednoczesnych naprowadzeń samolotów myśliwskich na cele powietrzne, zależy od: ilości wydzielonego sprzętu, ilości nawigatorów i ich poziomu wyszkolenia oraz warunków atmosferycznych i taktyczno-ogniowych, w jakich realizuje się proces naprowadzania.

Obliczenie ilości jednoczesnych naprowadzeń lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne /możliwych do zabezpieczenia przez oddział wojsk radiotechnicznych/, należy rozpatrzyć oddzielnie dla metody wskaźnikowej i przyrządowej /metoda planszетowa jest mało dokładna i nie uwzględniana w obliczeniach/:

#### 1. Metoda wskaźnikowa.

Ilość jednoczesnych naprowadzeń  $J_{N_1}$  metodą wskaźnikową zależy od:

- ilości wydzielonych wskaźników obserwacji okrężnej - stacji radiolokacyjnej  $W_0$ ;
- ilości wydzielonych wskaźników - radiowysokościomierzy  $W_H$ ;

- ilości środków łączności /R/.

Stąd:  $J_{N_1} = \text{minimum } \{W_0; W_H; R\}$  /5.13./

## 2. Metoda przyrządowa.

Ilość jednoczesnych naprowadzeń metodą przyrządową zależy od:

- możliwości technicznych aparatury przyrządowego naprowadzania /1/;
- ilości tej aparatury /N/.

Stąd:  $J_{N_2} = N \cdot 1$  /5.14./

Dla systemu "WOZDUCH-1P", możliwości jednej przyczepy "54" /aparatury APN/, wynoszą:  $1 = 1 \div 2$  jednoczesnych naprowadzeń.

Zależność 5.14. jest słuszna wtedy, gdy do każdej przyczepy "54" jest dokompletowana radiolinia ARŁ-M /posiadająca trzy kanały łączności samolot - ziemia/. Natomiast gdy ilość radiolinii nie równa się ilości przyczep "54", to ilość jednoczesnych naprowadzeń należy obliczyć według możliwości kompletów: - aparatury APN i radiolinii ARŁ-M.

Sumaryczną ilość jednoczesnych naprowadzeń obliczamy według zależności:  $J_N = J_{N_1} + J_{N_2}$  /5.14.a/.

## 5.2. Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych wojsk raketowych przez WRT

Zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych wojsk raketowych obejmuje:

- terminowe powiadamianie stanowisk dowodzenia wojsk raketowych o nieprzyjacielu powietrznym, konieczne do oceny sytuacji powietrznej i doprowadzenia wojsk do gotowości bojowej;
- dostarczanie do stanowisk dowodzenia oddziałów i pododdziałów wojsk raketowych dokładnej informacji radiolokacyjnej, niezbędnej do nacelowania środków ogniowych i rozdziału celów powietrznych pomiędzy pododdziały;
- informowanie stanowisk dowodzenia wojsk raketowych o działalności lotnictwa myśliwskiego, szczególnie w strefach i w pobliżu stref działań bojowych wojsk raketowych.

#### 5.2.1. Ogólna informacja radiolokacyjna

Terminowe powiadamianie stanowisk dowodzenia wojsk raketowych o nieprzyjacielu powietrznym, jest to ciągły proces, polegający na dostarczeniu przez wojska radiotechniczne ogólnej informacji radiolokacyjnej z określonej rubieży, niezbędnej do racjonalnego użycia sił i środków wojsk raketowych.

W procesie zabezpieczenia wojsk raketowych w ogólną informację radiolokacyjną występują dwa pojęcia rubieży - ogólnej informacji radiolokacyjnej. Rubież potrzebna i możliwa ogólnej informacji radiolokacyjnej. Odległość od stanowisk ogniowych pododdziałów wojsk raketowych do potrzebnej rubieży ogólnej informacji radiolokacyjnej jest wyni -

kier potrzeb wojsk raketowych. Odległość tę  $/D_{poWR}/$  można obliczyć według niżej podanej zależności:

$$D_{poWR} = D_{ds} + V_c / t_{op} + t_{pd} + t_g / (\text{km}) / 5.15. /$$

gdzie:  $D_{ds}$  - odległość do dalszej granicy strefy startu rakiet:  $D_{ds} = D_{do} + V_c \cdot t_L (\text{km})$ ;

$D_{do}$  - odległość do dalszej granicy strefy ognia (km);

$V_c$  - prędkość celu powietrznego  $(\frac{\text{km}}{\text{min.}})$ ;

$t_L$  - czas lotu rakiety do  $D_{do}$  (min.);

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

$t_{pd}$  - czas potrzebny na powzięcie decyzji przez dowódcę związku WR (min.);

$t_g$  - czas potrzebny na osiągnięcie gotowości bojowej przez pododdział wojsk raketowych /włącznie z przygotowaniem rakiet i danych do strzelania/ (min.).

Ogólna informacja radiolokacyjna w wojskach raketowych jest wykorzystywana do realizacji takich samych przedsięwzięć jak w lotnictwie myśliwskim.

W obecnej strukturze organizacyjnej wojsk OPK, możliwa ogólna informacja radiolokacyjna dostarczana przez wojska radiotechniczne dla potrzeb lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych, jest zobrażowana na planzetach PłSD i stanowiskach dowodzenia KOPK. Informacja ta jest jednoznaczna dla lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych. W związku z tym, informacja ta dostarczana jest przez wojska radiotechniczne z takiej samej rubieży dla lotni -

ctwa myśliwskiego, jak i wojsk raketowych. Również dokładność określania współrzędnych, jak i czas opóźnienia tej informacji są jednakowe dla lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych.

Możliwa rubież ogólnej informacji radiolokacyjnej powinna być wrysowana na mapę - „Plan działań bojowych” - oddziału radiotechnicznego /zabezpieczającego wojska raketowe/ dla wysokości  $H = 50, 300, 2000, 12000, 24000$  i  $30000$  m, z podaniem czasu opóźnienia.

Porównując położenie potrzebnej i możliwej rubieży ogólnej informacji radiolokacyjnej, można określić stopień zabezpieczenia wojsk raketowych w ogólną informację radiolokacyjną.

#### 5.2.2. Dokładna informacja radiolokacyjna

Nacelowanie środków ogniowych pododdziałów wojsk raketowych i podział celów powietrznych pomiędzy pododdziały raketowe jest realizowany na podstawie dokładnej informacji radiolokacyjnej.

Obecnie wojska radiotechniczne, zdejmowanie, przekazywanie i zobrazowanie dokładnej informacji radiolokacyjnej dla wojsk raketowych realizują dwoma sposobami:

- planszetyowy /foniczno-ręczny/;
- wskaźnikowy.

Celem każdego sposobu jest przekazanie dokładnej informacji radiolokacyjnej do stanowiska dowodzenia wojsk raketowych, na podstawie której nacelowuje się środki ogniowe /stacje naprowadza -

nia rakiet/ i przydziela się poszczególnym pododdziałom cele powietrzne, a także realizuje się współdziałanie z lotnictwem myśliwskim w zwalczaniu celów powietrznych.

Wymagania dotyczące rubieży tej informacji, jej dokładności, dyskretności i czasu opóźnienia, wynikają z warunków skutecznego nacelowania stacji naprowadzania rakiet na przydzielony cel powietrzny. Pod pojęciem skutecznego nacelowania stacji naprowadzania rakiet na wskazany cel powietrzny, należy rozumieć takie ustawienie anten stacji naprowadzania rakiet na podstawie dokładnej informacji radiolokacyjnej, że z chwilą wejścia celu powietrznego w strefę startu rakiet - odbicie od tego celu zostanie zobrazowane na wskaźnikach oficera naprowadzania i operatorów w  $\beta$ ,  $\xi$  i  $D$ .

#### 5.2.2.1. Rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej

Nacelowanie stacji naprowadzania rakiet na wskazany cel powietrzny, jest realizowane przez pododdziały wojsk raketowych, na podstawie dokładnej informacji radiolokacyjnej dostarczonej z określonej rubieży. Rubież ta, może występować w dwóch aspektach, jako: potrzebna i możliwa.

Odległość do potrzebnej rubieży dokładnej informacji radiolokacyjnej  $D_{pd_{WR}}$  / można obliczyć według niżej podanej zależności:

$$D_{pd_{WR}} = D_{ds} + V_c / t_r + t_k + t_d + t_p / (\text{km}) / 5.16./$$

- gdzie:  $D_{ds}$  - odległość do dalszej granicy strefy startu rakiet /jak w wyrażeniu 5.15./ (km);
- $V_c$  - prędkość celu powietrznego  $\left(\frac{\text{km}}{\text{min.}}\right)$ ;
- $t_r$  - czas niezbędny na rozpoznanie celu powietrznego przez SNR (min.);
- $t_k$  - czas wydania komendy przez dowódcę dywizjonu (min.);
- $t_d$  - czas potrzebny na przydział celu przez dowódcę związku (min.);
- $t_p$  - czas potrzebny na przygotowanie rakiet i danych do strzelania (min.).

Odległość  $/D_{pd_{WR}}/$  liczy się od stanowisk startowych pododdziałów wojsk raketowych.

Możliwa rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej  $/D_{md_{WR}}/$  jest to zbiór punktów w przestrzeni powietrznej, gdzie prawdopodobieństwo wykrycia celu powietrznego za pomocą stacji radiolokacyjnej /z której dokładna informacja radiolokacyjna jest przekazywana do stanowisk dowodzenia zabezpieczonych pododdziałów wojsk raketowych/ wynosi  $P_w \geq 0,5$ .

Odległość możliwej rubieży dokładnej informacji radiolokacyjnej od pododdziału wojsk raketowych zależy od: parametrów taktyczno-technicznych urządzeń radiolokacyjnych pododdziału radiotechnicznego, rzeźby terenu, wysokości lotu celu powietrznego i położenia pododdziału radiotechnicznego w stosunku do pododdziału wojsk raketowych.

Proces nacelowania stacji naprowadzania rakiet na cel powietrzny powinien być realizowany wtedy ,

gdy cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej wojsk radiotechnicznych i stacji naprowadzania rakiet.

Jak wiadomo z podstaw radiolokacji, strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej jest ograniczona:

- maksymalnym zasięgiem wykrywania;
- stożkiem martwym;
- odbiciami od przedmiotów terenowych.

W związku z tym, aby nacelowanie stacji naprowadzania rakiet na cel powietrzny było możliwe, muszą być spełnione następujące warunki - dotyczące dokładnej informacji radiolokacyjnej:

$$1. D_{md_{WR}} + R_{doar} \geq D_{pd_{WR}}$$

$$2. D_{ds} > R_{sm}$$

/5.16.a/

$$3. D_{ds} > R_m$$

gdzie:  $D_{md_{WR}}$  - możliwa rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej (km);

$D_{pd_{WR}}$  - potrzebna rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej (km);

$R_{doar}$  - odległość pomiędzy stanowiskiem ogniowym pododdziału raketowego a miejscem rozwinięcia stacji radiolokacyjnej - liczona równoległe do kierunku lotu celu powietrznego /km/;

$R_{sm}$  - promień stożka martwego dla danej wysokości /km/;

$R_m$  - średni promień odbić od przedmiotów terenowych /km/;

$D_{ds}$  - dalsza granica strefy startu rakiet /km/.

Na planie działań bojowych oddziału radiotechnicznego należy wrysować: możliwe rubieże dokładnej informacji radiolokacyjnej, granice stożka martwego i odbicia od przedmiotów terenowych dla wysokości:  $H = 50, 300, 2000, 6000, 12000$  i  $24000$  m. Powyższe rubieże należy wrysować dla pododdziałów radiotechnicznych, które zabezpieczają w dokładną informację radiolokacyjną pododdziały wojsk rakietowych. Odbicia od przedmiotów terenowych wrysujemy dla tych pododdziałów radiotechnicznych, których stacje radiolokacyjne nie posiadają układów tłumienia ech stałych. Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej ograniczona powyższymi warunkami  $/D_{md}, R_{sm}, R_m/$  stanowi przestrzeń, w której może być realizowany proces nacelowania stacji naprowadzania rakiet na cel powietrzny.

#### 5.2.2.2. Prawdopodobieństwo nacelowania stacji naprowadzania rakiet na wskazany cel powietrzny

Wielkość prawdopodobieństwa nacelowania stacji naprowadzania rakiet na wskazany cel powietrzny zależy od: typu stacji naprowadzania rakiet, wyszkolenia obsługi i dokładności informacji radiolokacyjnej.

Przyjmując, że błędy informacji radiolokacyjnej i błędy ustawienia anten stacji naprowadzania rakiet są przypadkowe o rozkładzie normalnym, a błędy systematyczne skompensowane, to wartość prawdo-

podobieństwa nacelowania stacji naprowadzania rakiet można obliczyć według niżej podanej zależności:

$$P_n = \phi \left/ \frac{R_D}{2\delta_D} \right/ \phi \left/ \frac{R_B}{2\delta_B} \right/ \phi \left/ \frac{R_E}{2\delta_E} \right/ \quad /5.17./$$

gdzie:  $R_D$ ,  $R_B$  i  $R_E$  - wymiary strefy wykrywania stacji naprowadzania rakiet;

$\delta_D$ ,  $\delta_B$  i  $\delta_E$  - średniokwadratowe błędy nacelowania stacji naprowadzania rakiet na wskazany cel powietrzny.

Z analizy zależności 5.17. wynika, że na wielkość prawdopodobieństwa  $P_n$  mamy wpływ tylko poprzez zmianę wielkości  $\delta$ , ponieważ wielkości  $R$  są zależne wyłącznie od parametrów taktyczno-technicznych stacji naprowadzania rakiet.

W skład średniokwadratowych błędów  $\delta_D$ ,  $\delta_B$  i  $\delta_E$  wchodzi błędy dokładnej informacji radiolokacyjnej i błędy wszystkich ogniw biorących udział w nacelowaniu. Wielkość  $\delta_D$ ,  $\delta_B$  i  $\delta_E$  można określić według niżej podanych zależności:

$$\delta_D = \sqrt{\delta_{D_R}^2 + \sum_{i=1}^n \delta_{D_i}^2} \quad (\text{km}) \quad /5.18.a/$$

$$\delta_B = \sqrt{\delta_{B_R}^2 + \sum_{i=1}^n \delta_{B_i}^2} \quad (\text{stop.}) /5.18.b/$$

$$\delta_E = \sqrt{\delta_{E_R}^2 + \sum_{i=1}^n \delta_{E_i}^2} \text{ (stop.)} \quad /5.18.c/$$

gdzie:  $\delta_{D_R}$ ,  $\delta_{B_R}$  i  $\delta_{E_R}$  - średniokwadratowe błędy informacji radiolokacyjnej w odległości, azymucie i kącie elewacji;

$\delta_{D_i}$ ,  $\delta_{B_i}$  i  $\delta_{E_i}$  - średniokwadratowe błędy ogniw w odległości, azymucie i kącie elewacji;

$n$  - ilość ogniw biorących udział w nacelowaniu stacji naprowadzania rakiet.

Błędy informacji radiolokacyjnej /  $\delta_{D_R}$ ,  $\delta_{B_R}$  i  $\delta_{E_R}$  / składają się z błędów pomiaru współrzędnych przez stację radiolokacyjną /  $\delta_{D_{R_1}}$ ,  $\delta_{B_{R_1}}$ ,  $\delta_{E_{R_1}}$  / i błędów dynamicznych /  $\delta_{D_{R_2}}$ ,  $\delta_{B_{R_2}}$  i  $\delta_{E_{R_2}}$  /, wynikłych z ruchu i manewru celu powietrznego, opóźnienia informacji radiolokacyjnej i dyskretnego charakteru pracy urządzeń radiolokacji.

Wielkości średniokwadratowych błędów /  $\delta_{D_R}$ ,  $\delta_{B_R}$  i  $\delta_{E_R}$  / informacji radiolokacyjnej można obliczyć według niżej podanych zależności:

$$\delta_{D_R} = \sqrt{\delta_{D_{R_1}}^2 + \delta_{D_{R_2}}^2} \text{ (km)} \quad /5.19.a/$$

$$\delta_{BR} = \sqrt{\delta_{BR_1}^2 + \delta_{BR_2}^2} \quad (\text{stop.}) \quad /5.19.b/$$

$$\delta_{ER} = \sqrt{\delta_{ER_1}^2 + \delta_{ER_2}^2} \quad (\text{stop.}) \quad /5.19.c/$$

gdzie:  $\delta_{DR_1}$ ;  $\delta_{BR_1}$  i  $\delta_{ER_1}$  - błędy pomiaru współrzędnych celu powietrznego, za pomocą stacji radiolokacyjnej w odległości, azymucie i kącie elewacji;

$\delta_{DR_2}$ ;  $\delta_{BR_2}$  i  $\delta_{ER_2}$  - błędy dynamiczne.

Wielkości błędów dynamicznych /  $\delta_{DR_2}$ ;  $\delta_{BR_2}$  i

$\delta_{ER_2}$  /, można obliczyć według zależności:

$$\delta_{DR_2} = \frac{v_c / t_{op} + t_k + t_n / \cos \Theta}{3} \quad (\text{km}) / 5.20.a/$$

$$\delta_{BR_2} = \frac{v_c / t_{op} + t_k + t_n / \sin \Theta}{3 \cdot 0,0174 \cdot D} \quad (\text{stop.}) / 5.20.b/$$

$$\delta_{ER_2} = \frac{v_c / t_{op} + t_k + t_n / \sin \Theta}{3 \cdot 0,0174 \cdot D} \cdot 1 \quad (\text{stop.}) / 5.20.c/$$

gdzie:  $v_c$  - prędkość celu powietrznego ( $\frac{\text{km}}{\text{min.}}$ );

$D$  - odległość do celu powietrznego (km);

- $t_{op}$  - czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej (min.) W systemach zautomatyzowanych pracujących w sposób ciągły, należy uwzględnić czas dyskretności;
- $t_{op}$  - czas opóźnienia pomiaru wysokości (min.);
- $t_k$  - czas wydania komend przez dowódcę doar (min.);
- $t_n$  - czas ustawienia anten stacji naprowadzania rakiet /maksymalny/ (min.);
- $\Theta$  - kąt zawarty pomiędzy kierunkiem lotu celu powietrznego a kierunkiem na RLS /w płaszczyźnie poziomej/ (stop.);
- $\Theta_1$  - kąt zawarty pomiędzy kierunkiem lotu celu powietrznego /w płaszczyźnie pionowej/ a kierunkiem na RLS (stop.).

Błędy wszystkich ogniów biorących udział w nacełowaniu stacji naprowadzania rakiet / $\delta_{D_1}$ ,  $\delta_{B_1}$  i  $\delta_{E_1}$ /, są znane i niezmiennie w czasie strzelania.

wobec czego, błędy ogniów nacełowania można przeliczyć na błąd sumaryczny / $\delta_{D_s}$ ,  $\delta_{B_s}$  i  $\delta_{E_s}$ /, a zależność 5.18.a, 5.18.b i 5.18.c uprosić do postaci:

$$\delta_D = \sqrt{\delta_{D_R}^2 + \delta_{D_s}^2} \quad (\text{km}) \quad /5.21.a/$$

$$\delta_B = \sqrt{\delta_{B_R}^2 + \delta_{B_s}^2} \quad (\text{stop.}) \quad /5.21.b/$$

$$\delta_E = \sqrt{\delta_{E_R}^2 + \delta_{E_s}^2} \quad (\text{stop.}) \quad /5.21.c/$$

Obliczając kolejno wielkości  $\delta_{D_{R_2}}$ ,  $\delta_{B_{R_2}}$  i  $\delta_{E_{R_2}}$ , według zależności 5.20 a następnie  $\delta_{D_R}$ ,  $\delta_{B_R}$ ,  $\delta_{E_R}$ , według zależności 5.19, jesteśmy w stanie z zależności 5.21. obliczyć średniokwadratowe błędy ogniw nacelowania stacji naprowadzania rakiet, przy założonych /znanych/ wielkościach  $\delta_{D_s}$ ,  $\delta_{B_s}$  i  $\delta_{E_s}$ .

Następnie według zależności 5.17. możemy obliczyć prawdopodobieństwo  $P_n$  nacelowania stacji naprowadzania rakiet na wskazany cel powietrzny, przy znanych wartościach  $R_D$ ,  $R_B$ ,  $R_E$ .

Na podstawie analizy powyższych zależności i obliczonego prawdopodobieństwa  $P_n$  nacelowania stacji naprowadzania rakiet dla różnych wartości dokładnej informacji radiolokacyjnej, można określić racjonalny sposób zabezpieczenia pododdziałów wojsk raketowych w dokładną informację radiolokacyjną, tak, aby wskazany cel powietrzny był wykryty za pomocą stacji naprowadzania rakiet na odległości  $D_{pd}$  bez dodatkowego poszukiwania.

Zależności powyższe rozpatrzemy na następującym przykładzie:

Wszystkie wielkości dotyczące parametrów dokładnej informacji radiolokacyjnej i lotu celu powietrznego przyjmujemy tak jak w przykładzie dla lotnictwa myśliwskiego.

Ponadto dodatkowo założymy, że:

1. Stanowisko ogniowe zabezpieczonego pododdziału wojsk raketowych, jest położone 17 km od pododdziału radiotechnicznego w stronę nadlatującego celu powietrznego.
2. Pododdział wojsk raketowych jest wyposażony w zestaw raketowy typu S-75M; o następujących parametrach:

$$R_D = 5 \text{ km}; R_B = 7^\circ \text{ i } R_E = 7^\circ$$

3. Dokładna informacja radiolokacyjna /w układzie biegunowym/ jest przysyłana do stanowiska dowodzenia pododdziału wojsk raketowych, za pomocą radiolinii RL-30. Dane o wysokości lotu celu powietrznego przesyłane są linią telefoniczną, z dyskretnością 20 sek.
4. Sumaryczne średniokwadratowe błędy ogniów nacełowania wynoszą:

$$\delta_{D_s} = 1000 \text{ m}; \quad \delta_{B_s} = 2^\circ \quad \delta_{E_s} = 2^\circ.$$

5. Cel powietrzny wykonuje lot na parametrze równym - 0.
  - a/ Obliczamy potrzebną rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej, według zależności 5.16.

$$D_{pd_{WR}} = D_{ds} + V_c / t_r + t_k + t_d + t_p /$$

$$D_{ds} = R_0 + V_c \cdot t_1$$

$$R_0 = 30 \text{ km}, t_1 = 1 \text{ min.}, \text{ dla zestawu raketowego typu S-75M, dla wysokości } H = 6000 \text{ m};$$

$$t_r = 1 \text{ min}; t_k = 0,1 \text{ min}, t_d = 0,1;$$

$t_p = 0,5$  wielkości obliczone statystycznie

$$V_c = 25 \frac{\text{km}}{\text{min.}}$$

$$D_{pd_{WR}} = 30 + 25 /1/ + 25 /1 + 0,1 + 0,1 + 0,5/$$

$$D_{pd_{WR}} = 30 + 25 + 42,5$$

$$D_{pd_{WR}} = 97,5 \text{ km}$$

b/ Możliwa rubież dokładnej informacji radiolokacyjnej dla  $H = 6000 \text{ m}$ ,  $D_{md} = 146$  /liczona od RLP/.

Obecnie sprawdzamy zgodność warunków określonych zależnościami 5.16.a.

$$1. D_{md_{WR}} + R_{doar} \geq D_{pd_{WR}}$$

$$146 - 17 \geq 97,5$$

$$129 \geq 97,5$$

Stanowisko ogniowe pododdziału wojsk rakietowych jest położone / $R_{doar} = 17 \text{ km}$ / od pododdziału radiotechnicznego, w stronę nadlatującego celu powietrznego.

$$2. D_{ds} > R_{sm}$$

$R_{sm} = 10,8 \text{ km}$  /przykład dla lotnictwa myśliwskiego/

$$R_0 + V_c \cdot t_1 > R_{sm}$$

$$30 + 25 \cdot 1 > 10,8$$

$$55 > 10,8$$

$$3. D_{ds} > R_m$$

$$55 > 35$$

$R_m = 35$  km /przykład dla  
lotnictwa myśli-  
wskiego/

Wszystkie trzy warunki są spełnione, nacelowanie stacji naprowadzania rakiet może być zrealizowane ze względu na rubież informacji.

c/ Obliczamy błędy dynamiczne według zależności 5.20.

$$\delta_{D_{R_2}} = \frac{v_c / t_{op} + t_k + t_n / \cos \Theta}{3}$$

$$\delta_{E_{R_2}} = \frac{v_h / t_o + t_k + t_n / \sin \Theta_1}{3 \cdot 0,0174 \cdot D}$$

$$\delta_{B_{R_2}} = 0^\circ \text{ /cel wykonuje lot na parametrze równym } 0/.$$

Dane:

$$t_k = 0,1 \text{ min.}$$

$$t_n = 0,1 \text{ min.}$$

$$D = 97,5 \text{ km /wskazanie celu powietrznego/} \approx 97 \text{ km}$$

$$\Theta = 0$$

$$\Theta_1 = 4^\circ$$

$$v_c = 25 \frac{\text{km}}{\text{min.}}$$

$$t_{op} = 10 \text{ sek.}$$

$$t_n = 6 \text{ sek.}$$

$$\delta_{D_{R_2}} = \frac{25 / 0 + 0,1 + 0,1 / \cos 0^\circ}{3} = \underline{1,6 \text{ km}}$$

$$\delta_{E_{R_2}} = \frac{25 / 0,6 + 0,1 + 0,1 / \sin 4^\circ}{3 \cdot 0,0174 \cdot 97000} \approx 0^\circ$$

d/ Obliczamy średniokwadratowe błędy informacji radiolokacyjnej według zależności 5.19.:

1. Dane dla RLS P-35

$$\delta_{D_{R_1}} = 500 \text{ m}$$

$$\delta_{D_R} = \sqrt{\delta_{D_{R_1}}^2 + \delta_{D_{R_2}}^2}$$

$$\delta_{B_{R_1}} = 0,5^\circ$$

$$\delta_{D_R} = \sqrt{0,5^2 + 1,6^2} \approx 1,7 \text{ km}$$

$$\delta_{B_R} = \sqrt{\delta_{B_{R_1}}^2 + \delta_{B_{R_2}}^2}$$

$$\delta_{B_R} = \sqrt{0,5^2 + 0^0} = 0,5^\circ$$

$$\delta_{E_R} = \sqrt{\delta_{E_{R_1}}^2 + \delta_{E_{R_2}}^2}$$

$$\delta_{E_{R_1}} = \frac{\delta_h}{0,017 \cdot D} \quad (\text{stop.})$$

2. Dane dla PRW-11

$$\delta_h = 400 \text{ m}$$

/wielkość liniową należy przeliczyć na kątową/.

$$\delta_{E_{R_1}} = \frac{0,4}{1,5} \approx 0,27^\circ$$

$$\delta_{E_R} = \sqrt{0,27^0 + 0^2} \approx 0,2^\circ$$

e/ Obliczamy średniokwadratowe błędy nacełowania stacji naprowadzania rakiet według zależności 5.21.

Dane:

$$\delta_{D_s} = 1000 \text{ m}$$

$$\delta_{B_s} = 2^\circ$$

$$\delta_{E_s} = 2^\circ$$

$$\delta_D = \sqrt{\delta_{D_R}^2 + \delta_{D_s}^2}$$

$$\delta_D = \sqrt{1,7^2 + 1^2} \approx \underline{1,9 \text{ km}}$$

$$\delta_B = \sqrt{\delta_{B_R}^2 + \delta_{B_s}^2}$$

$$\delta_B = \sqrt{0,5^2 + 2^2} \approx 2^\circ$$

$$\delta_E = \sqrt{\delta_{E_R}^2 + \delta_{E_s}^2}$$

$$\delta_E = \sqrt{0,27^2 + 2^2} \approx 2,02^\circ$$

f/ Obliczamy prawdopodobieństwo  $P_n$  według zależności 5.17.:

Dane:

$$R_D = 5 \text{ km} \quad P_n = \Phi \left( \frac{R_D}{2 \delta_D} \right) \cdot \Phi \left( \frac{R_B}{2 \delta_B} \right) \cdot \Phi \left( \frac{R_E}{2 \delta_E} \right)$$

$$R_B = 7^\circ$$

$$R_E = 7^\circ$$

$$P_n = \Phi \left( \frac{5^\circ}{2 \cdot 1,9} \right) \cdot \Phi \left( \frac{7^\circ}{2,2} \right) \cdot \Phi \left( \frac{7^\circ}{2,2,02} \right)$$

$$P_n = \Phi / 1,3 / \cdot \Phi / 1,75 / \cdot \Phi / 1,75 /$$

$$\underline{P_n = 0,9 \cdot 0,92 \cdot 0,92 = 0,765}$$

Wielkość  $\Phi /x/$  określamy z tablic sporządzonych dla błędów przypadkowych o rozkładzie normalnym.

Z powyższego przykładu wynika, że wojska radiotechniczne w zakresie rubieży dokładnej informacji radiolokacyjnej zadania wykonają. Natomiast stosowana metoda /wskaznikowa - radiolinia RL-30/ zabezpiecza nacelowanie stacji naprowadzania rakiet na wskazany cel z  $P_n = 0,765$ . Z praktycznej działalności wojsk. radiotechnicznych wynika, że uzyskanie  $P_n \geq 0,680$  pozwala sądzić, że anteny stacji naprowadzania rakiet zostaną tak ustawione, że wskazany cel powietrzny zostanie wykryty bez dodatkowego poszukiwania.

ST. ASYSTENT  
KATEDRY TAKT.WOJSK OPK

ADIUNKT  
KATEDRY TAKT.WOJSK OPK

/-/ mjr dypl. A. ADAMCZYK

/-/ ppłk dypl. H. CEGŁA

Wydrukowano w 30 egz.

Egz. nr 1-30-bibl.gł.OZS

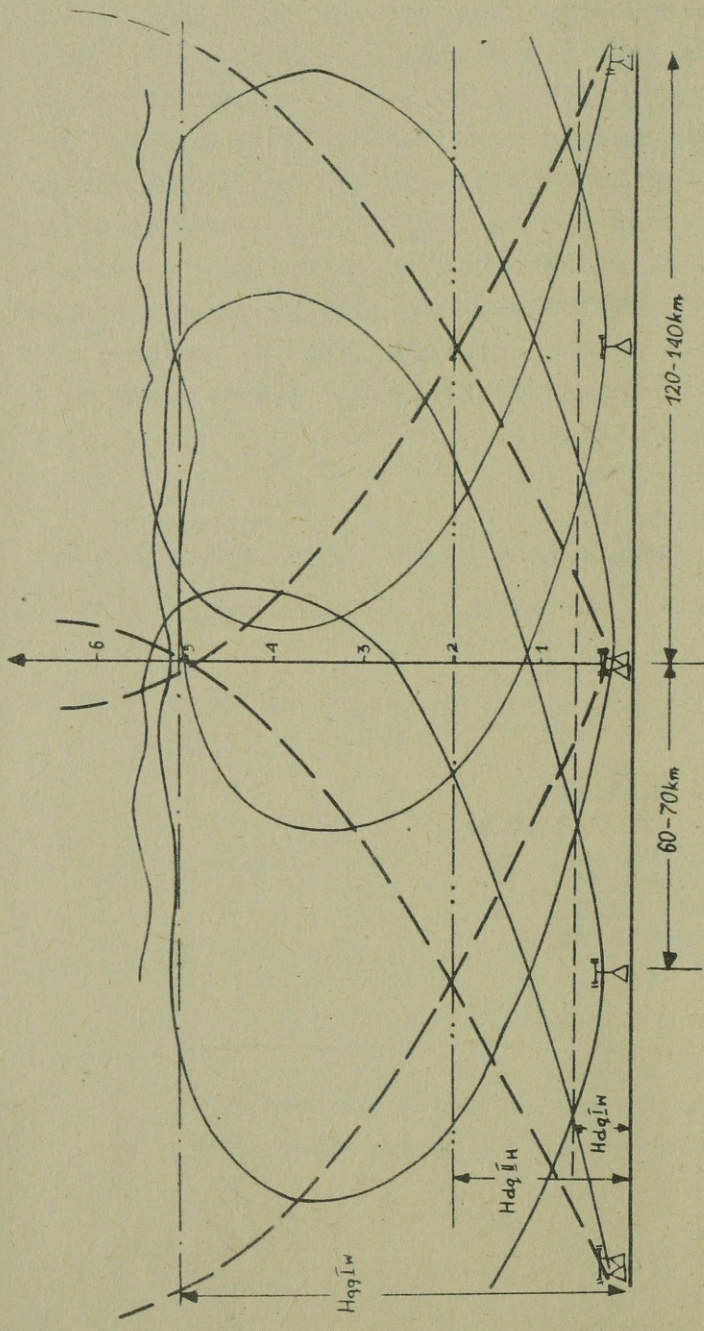
Wyk. ppłk CEGŁA

mjr ADAMCZYK

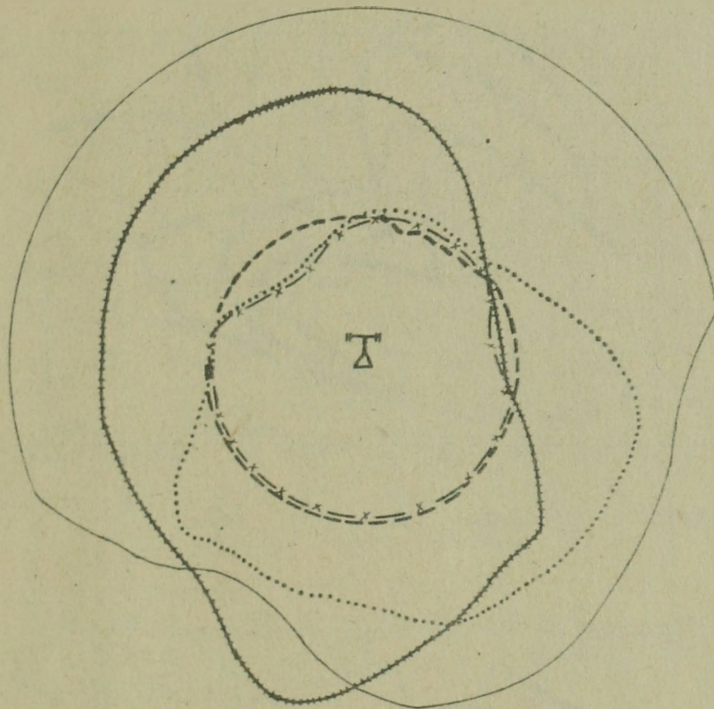
Druk J.D., dn. 2.4.1978 r.

nr PF-149/PF-633/WW

kor. I.P.



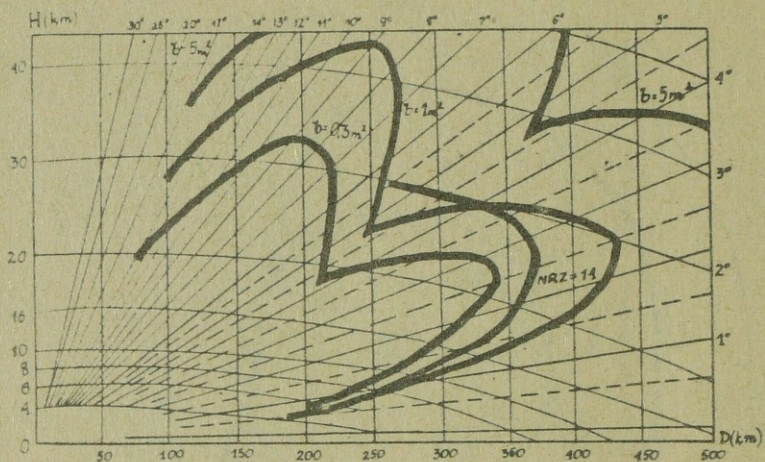
Rys. 1. PARAMETRY POLA RADIOLOKACYJNEGO



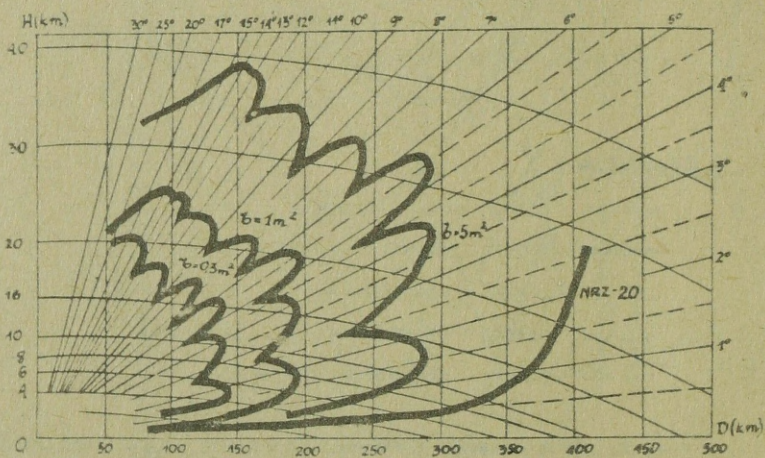
### LEGENDA

- x-x- STREFA PEŁNEJ INFORMACJI
- STREFA POMIARU WYSOKOŚCI
- ..... STREFA WYZPOZNANIA
- |-|- STREFA WYKRYWANIA W ODLEGŁOŚCI
- STREFA AKTYWNEJ ODPOWIEDZI

Ryb. 2. STREFA PEŁNEJ INFORMACJI KOMPANII RADIOTECHNICZNEJ

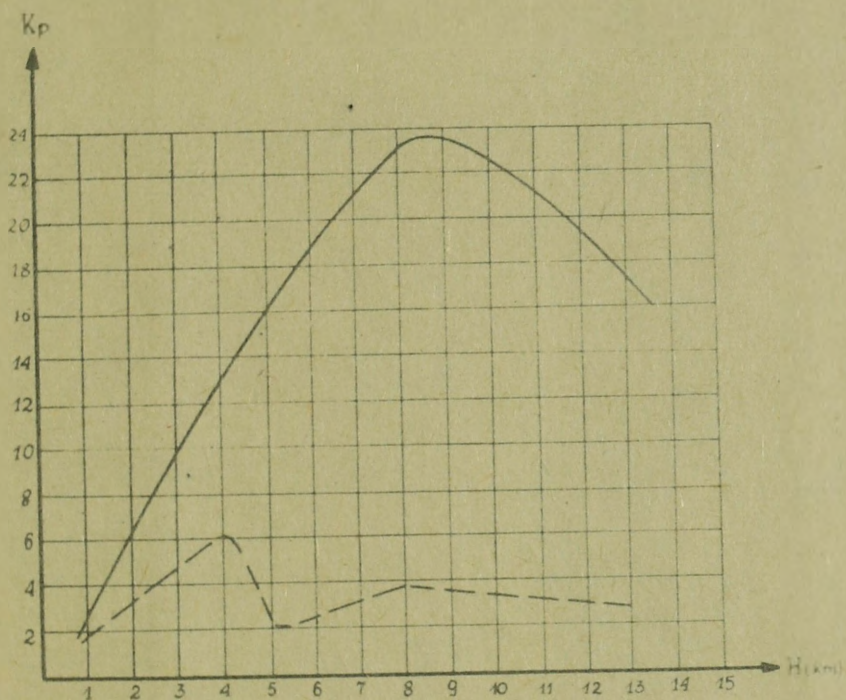


ZASIEG WYKRYWANIA RLS P-14 I NRZ-14



ZASIEG WYKRYWANIA RLS P-35 I NRZ-20

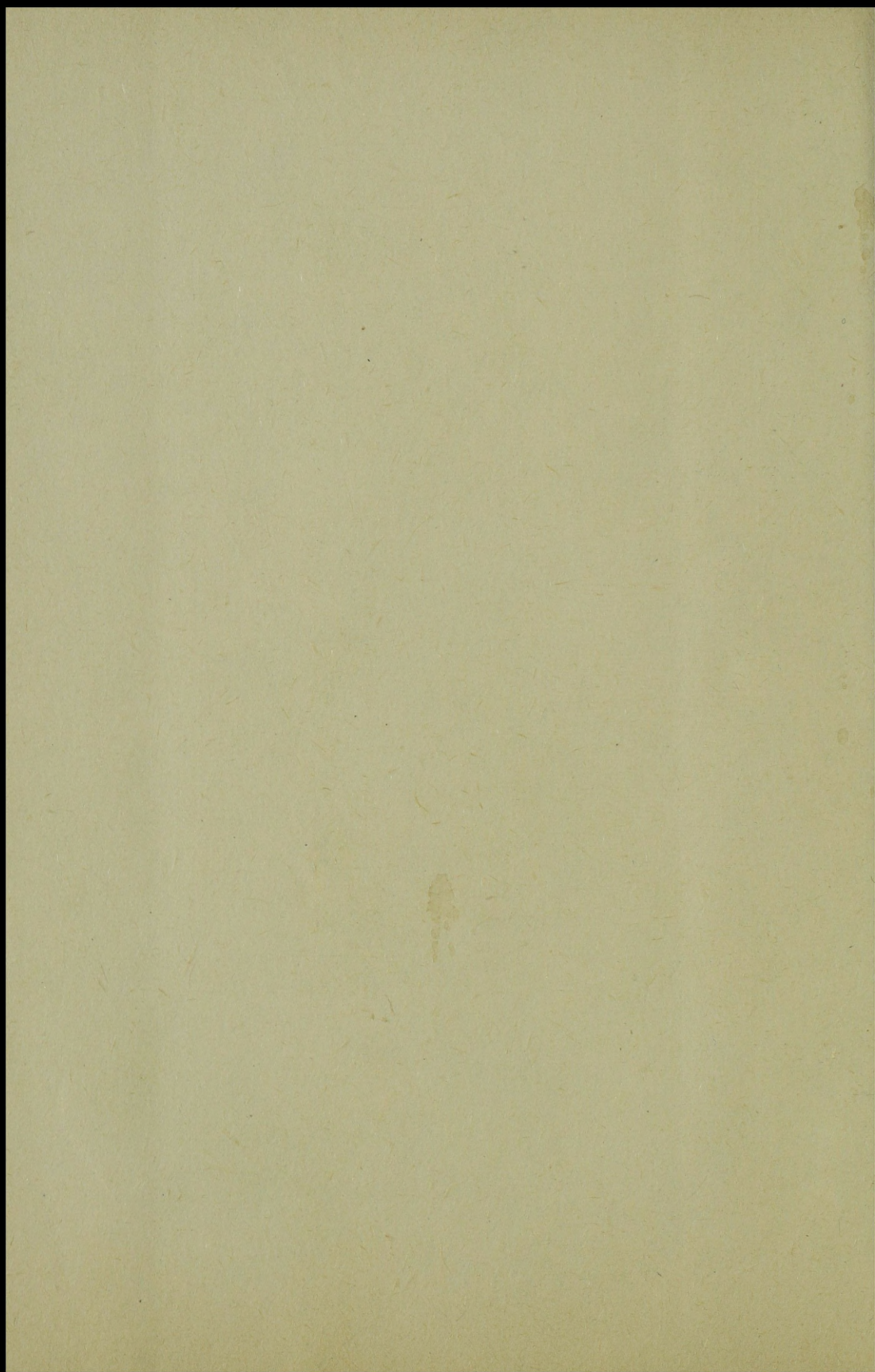
Rys. 3. ZASIĘGI WYKRYWANIA RLS P-14 I P-35 W PŁASZCZYŹNIE PIONOWEJ

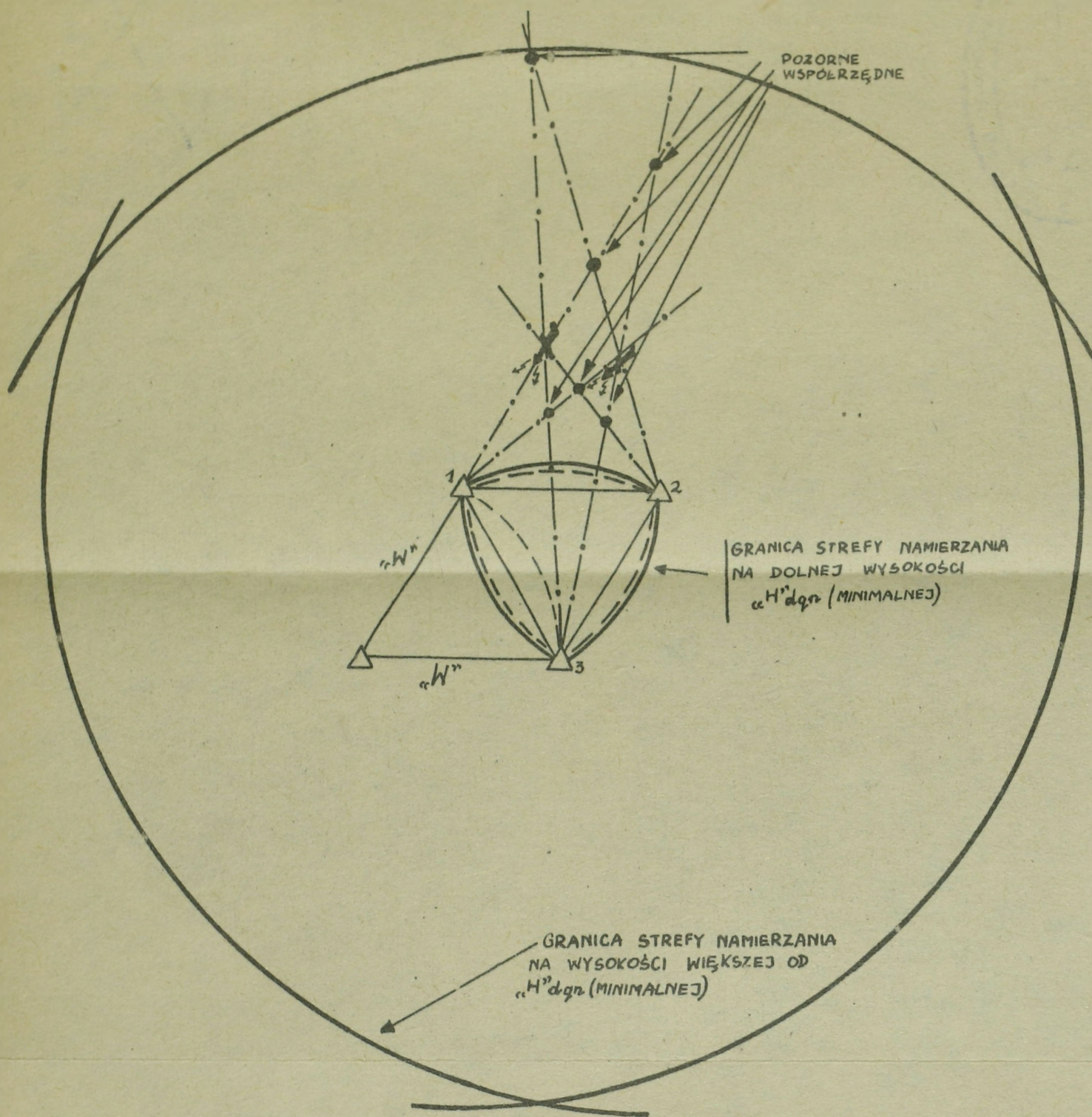


### LEGENDA

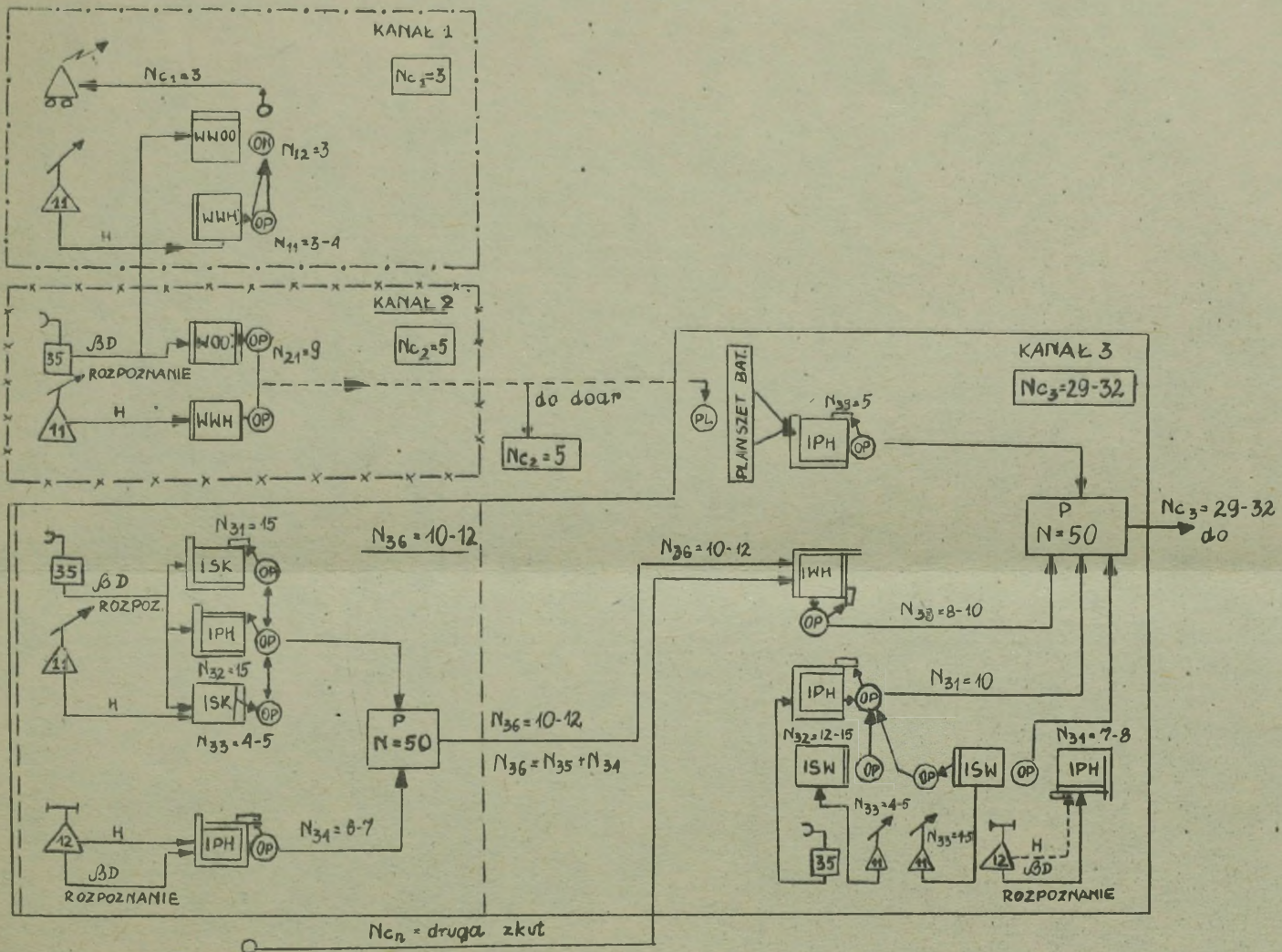
- POLE JEDNOWARSTWOWE
- - - POLE DWUWARSTWOWE

Ryb. 4. ZALEŻNOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA PRZEKRYCIA OD „H”  
 PRZY  $\delta_{sk} = 1 \text{ m}^2$





Rys. 5. PRZEKRÓJ POZIOMY STREFY NAMIERZANIA ŹRÓDŁA ZAKŁÓCEŃ



**LEGENDA**

- KANAŁ 1 — ZABEZP. NAPROWADZANIA LM
- KANAŁ 2 — WSKAZYWANIE CELÓW doar
- KANAŁ 3 — ZBIORU I OBRÓBK I INFORMACJI R/LOK
- NA SD brt WYPOSAŻONYM W „WOZDUCH 1-p.
- (POWIADOMIENIE)

- ⊙ — OPERATOR
- ⊙ — OFICER NAPROWADZ.
- ⊙ — PLANSZECISTA
- PRZEKAZANIE INFORMACJI GŁOSEM
- PRZEKAZANIE INFORMACJI W SYST. ZAUTOMATYZOWANYM

Ryb. 6. SCHEMAT KANAŁÓW INFORMACJI /WARIANT/

