

Grey Scale #13



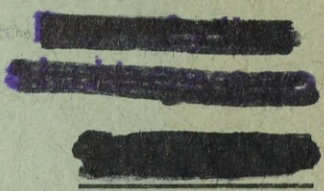
DANES-PICTA.COM

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

# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK

JAWNE



Egz. Nr 1

~~#2216~~  
2020

## KOMPUTEROWY SYMULACYJNY MODEL WALKI WOJSK W SYSTEMIE OP ZENIT

Projekt koncepcyjny

Część II

OPK  
LOT



49681

WARSZAWA

1986



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK

JAWNE

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

Egz. Nr 1

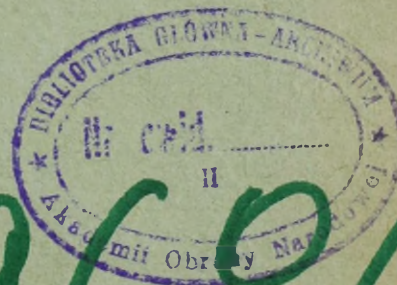
~~42216~~  
2021

KOMPUTEROWY SYMULACYJNY MODEL WALKI  
WOJSK W SYSTEMIE OP  
ZENIT

Projekt koncepcyjny

Część II

OPK  
LOT



49681

WARSZAWA

1986

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK

PRZEKLASYFIKOWANO

Protokół Nr 54305

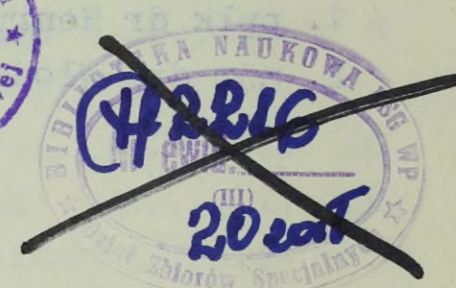
PODSTAWA  
Ustawa z dnia 22 stycznia 1999 roku  
art. 86 ust. 2  
(Dz. U. RP Nr 11 poz. 95)  
.....  
podpis

JAWNE

██████████  
██████████  
██████████

Egz. nr ... 1

*Przeklas. -  
prot. 1 z du. 2. 01. 97  
du -*



KOMPUTEROWY SYMULACYJNY MODEL  
WALKI WOJSK W SYSTEMIE OP  
Z E N I T

PROJEKT KONCEPCYJNY  
CZĘŚĆ II

Zespół autorski

1. płk doc.dr hab. Eugeniusz ZABŁOCKI
2. płk doc.dr hab. Stefan ANTCZAK
3. ppłk dr Antoni ADAMCZYK
4. ppłk dypl. Zbigniew GROSZEK
5. mjr dypl. Zbigniew DUBRAWSKI

Konsultanci

1. ppłk dr Henryk KIEREBIŃSKI
2. mjr dr Włodzimierz MATHEA

Kierownik zespołu naukowo-badawczego

płk prof.dr hab. Witold POKRUSZYŃSKI

SPIS TREŚCI

|  | str.  |
|--|-------|
| WSTĘP .....  |       |
| 1. Rozpoznanie .....   | 6     |
| 1.1. Rozpoznanie radioelektroniczne .....  | 6     |
| 1.1.1. System rozpoznania radioelektronicznego .....   | 7     |
| 1.1.2. Stopnie gotowości bojowej sił i środków rozpoznania radioelektronicznego .....  | 20    |
| 1.1.3. Strefa rozpoznania radioelektronicznego .....   | 20    |
| 1.1.4. Strefa nasłuchu radiowego UKF i rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych .....                                      | 26    |
| 1.1.5. Strefa namierzania radiowego KF .....   | 30    |
| 1.1.6. Strefa namierzania radiowego UKF .....  | 35    |
| 1.1.7. Opóźnienie informacji z rozpoznania radioelektronicznego .....  | 37    |
| 1.1.8. Wykrywanie pracujących źródeł rozpoznania radioelektronicznego .....  | 43    |
| 1.1.9. Określanie miejsca położenia źródeł rozpoznania radioelektronicznego .....  | 60    |
| 1.1.10. Analiza i ocena danych z rozpoznania radioelektronicznego .....  | 80    |
| 1.2. Rozpoznanie radiolokacyjne .....  | 87    |
| 1.2.1. Stopnie gotowości bojowej wojsk radiotechnicznych .....   | 80 87 |
| 1.2.2. Strefa informacji wojsk radiotechnicznych .....   | 80 87 |
| 1.2.3. Określenie, czy obiekt powietrzny znajduje się w strefie informacji radiolokacyjnej .....   | 114   |
| 1.2.4. Możliwości prowadzenia rozpoznania przez posterunek radiolokacyjny .....  | 116   |
| 1.2.5. Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej .....  | 118   |
| 2. Działania bojowe rodzajów wojsk .....   | 121   |
| 2.1. Działania bojowe lotnictwa myśliwskiego .....   | 121   |
| 2.1.1. Przestrzeń i czas oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny z uwzględnieniem taktycznego promienia działania . | 126   |
| 2.1.2. Określanie czasu jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na dany cel powietrzny .....   | 135   |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 2.1.3. | Określanie czasu naprowadzania samolotów myśliwskich na cel powietrzny .....   | 139 |
| 2.1.4. | Przestrzeń i czas działania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny z uwzględnieniem informacji radiolokacyjnej ..... | 142 |
| 2.1.5. | Przestrzeń i czas działania samolotów myśliwskich ze stref dyżurowania i patrolowania w powietrzu .....                                      | 149 |
| 2.1.6. | Określanie czasu osiagania gotowości samolotów do kolejnego lotu bojowego .....  | 157 |
| 2.2.   | Działania bojowe wojsk raketowych i artylerii lufowej .....  | 158 |
| 2.2.1. | Przestrzeń i czas działania dywizjonu raketowego z uwzględnieniem jego strefy ognia .....  | 163 |
| 2.2.2. | Określanie czasu i odcinka jednego oddziaływania dywizjonu raketowego na dany cel powietrzny .....   | 167 |
| 2.2.3. | Miejsce i czas ostatniego oddziaływania dywizjonu na dany cel powietrzny z uwzględnieniem jego strefy ognia                                  | 168 |
| 2.2.4. | Przestrzeń i czas działania dywizjonu raketowego z uwzględnieniem informacji radiolokacyjnej .....   | 168 |
| 2.2.5. | Możliwa liczba oddziaływań dywizjonu raketowego na dany cel powietrzny .....   | 172 |
| 2.2.6. | Działania bojowe przeciwlotniczej artylerii lufowej .  | 173 |
| 2.3.   | Jednostki walki radioelektronicznej .....  | 176 |
| 2.3.1. | Opis obiektów radioelektronicznych przeciwnika .....   | 176 |
| 2.3.2. | Opis systemu obezwładniania radioelektronicznego ....  | 178 |
| 2.3.3. | Określanie potrzeb i możliwości obezwładniania radioelektronicznego .....  | 183 |
| 3.     | Algorytmy odwzorowania działań bojowych wojsk w systemie obrony powietrznej .....  |     |
| 3.1.   | Przygotowanie i czytanie danych o wojskach własnych i SNP nieprzyjaciela .....   |     |
| 3.1.1. | Przygotowanie danych stałych .....   |     |
| 3.1.2. | Przygotowanie danych zmiennych .....   |     |
| 3.2.   | Działania bojowe SNP nieprzyjaciela i wojsk własnych w systemie OP .....   |     |
| 3.2.1. | Działania bojowe SNP nieprzyjaciela .....  |     |
| 3.2.2. | Działania bojowe wojsk własnych .....  |     |

Załączniki

## WSTĘP

Podstawą opracowania było zadanie naukowe na 1986 r. dla zespołu MODEL-4 pod kryptonimem ZENIT. Zgodnie z powyższym zadaniem zespół miał opracować część II projektu koncepcyjnego komputerowego modelu symulacyjnego ZENIT nt. "Opis matematyczny algorytmizowanych czynności".

Część I projektu koncepcyjnego opracowano w 1985 r i wydano pod tytułem: "Komputerowy symulacyjny model walki wojsk w systemie obrony powietrznej ZENIT". Zadanie projektowe oraz projekt koncepcyjny", nr bibl. pf1882.

W opracowaniu tym ujęto następujące zagadnienia: cel i przeznaczenie modelu; zagadnienia podlegające rozwiązaniu; wstępna lista zadań /modułów/ podlegających rozwiązaniu; ogólna budowa modelu oraz jego struktura organizacyjno-funkcjonalna i informacyjna; forma i treść dokumentów wejściowych i wynikowych; wymagania do bazy danych; analiza procesów odwzorowywanych w modelu oraz ich sformalizowany opis; zestawienie algorytmów i procedur obliczeniowych; założenia i ograniczenia przyjęte w modelu; oczekiwane efekty zastosowania modelu.

Część I i II projektu koncepcyjnego stanowią podstawę do opracowania projektu technologicznego modelu ZENIT.

Zasadniczą treścią części II projektu koncepcyjnego jest opis matematyczny algorytmizowanych czynności dotyczących przede wszystkim: rozpoznania radioelektronicznego i radiolokacyjnego; działań bojowych rodzajów wojsk /lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych, artylerii przeciwlotniczej i jednostek obezwładniania radioelektronicznego/ oraz algorytmu oceny efektywności działań bojowych wojsk i obrazowania rezultatów walki.

Równolegle z częścią II projektu koncepcyjnego podjęto prace przygotowawcze nad opracowaniem projektu technologicznego, których wyniki przedstawiono w formie sprawozdania naukowego /zgodnie z zarządzeniem naukowym w oddzielnym opracowaniu/. Na podstawie tych prac zweryfikowano i potwierdzono możliwość uwzględnienia w programie na EMC IRYS działań bojowych lotnictwa i wojsk raketowych oraz rozpoznania radiolokacyjnego, zgodnie z projektem koncepcyjnym. Natomiast w trakcie opracowywania

projektu technologicznego, co jest przedmiotem kolejnego etapu badań, będą wymagały dalszej weryfikacji problemu walki radioelektronicznej i rozpoznania radioelektronicznego.

## 1. ROZPOZNANIE

### 1.1. ROZPOZNANIE RADIOELEKTRONICZNE

W wojskach OPK rozpoznanie radioelektroniczne<sup>\*/</sup>, jako jeden ze składników systemu rozpoznania wojskowego, uważane jest za jeden z elementów /rodzajów/ zabezpieczenia bojowego działań wojsk. Stanowi ono zespół wzajemnie powiązanych celem, zadaniami, miejscem i czasem przedsięwzięć i działań sił i środków rozpoznania radioelektronicznego, zmierzających do zdobycia informacji o przeciwniku na podstawie analizy pracy i rozmieszczenia jego środków radioelektronicznych.

Rozpoznanie radioelektroniczne może być traktowane i zarazem rozpatrywane jako quasi - niezależne w stosunku do pozostałych elementów systemu rozpoznania wojskowego w wojskach OPK /rozpoznania radiolokacyjnego, fotograficznego i wzrokowego/. Wynika to z faktu, że każdy z wymienionych rodzajów rozpoznania absorbuje inne rodzaje sił i środków stanowiące zamknięte całości organizacyjne. Jednakże wzajemne ich powiązania funkcjonalne, zgodność wewnętrzna co do celu, miejsca i czasu, jak również bezwzględne podporządkowanie jednej decyzji dowódcy, nie pozwala na rozpatrywanie ich w całkowitym oderwaniu od siebie.

A zatem system rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK - jego organizacja, struktura, możliwości i sposób funkcjonowania

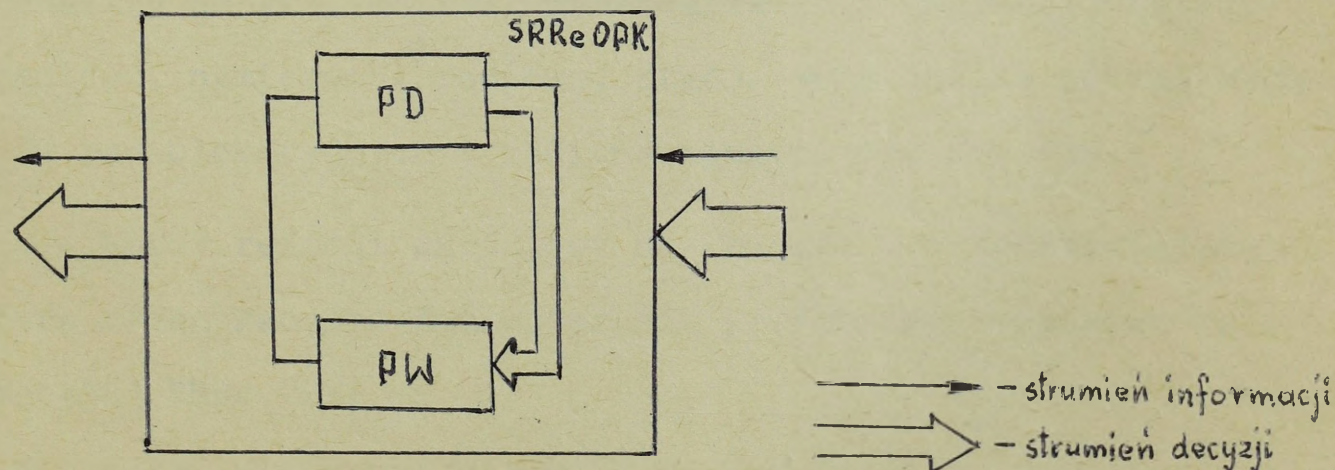
-----  
<sup>\*/</sup> W niniejszym opracowaniu mówi się o rozpoznaniu radioelektronicznym w wojskach OPK, jednakże w sposób analogiczny rozpoznanie to będzie się organizować w ogólnym systemie obrony powietrznej.

musi być rozpatrywany na tle całego systemu rozpoznania wojskowego z wzajemnymi powiązaniem i uwarunkowaniami.

W takim ujęciu system rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK /SRRe OPK/ jest jednym z podsystemów ogólniejszego systemu jakim jest system rozpoznania wojskowego wojsk OPK, który z kolei jest podsystemem systemu wyższego rzędu - super-systemu zabezpieczenia bojowego działań wojsk OPK.

### 1.1.1. System rozpoznania radioelektronicznego

System rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK rozumiany jako całość sił i środków organizacyjnie kierowanych i działających w celu wykonania zadania bojowego, można podzielić na podsystem dowodzenia /PD/ i podsystem wykonawczy /PW/. W ogniwach dowodzenia PD /SD prrel, brrel, krrel/ wypracowuje się decyzje do prowadzenia działań głównie w oparciu o treść zadania bojowego, możliwości bojowe podległych im sił i środków oraz prawdopodobny model działań przeciwnika powietrznego. Decyzje te po zatwierdzeniu przez przełożonych są realizowane w procesie działań bojowych przez ogniwa wykonawcze PW /brrel,krrel,plrrel/.



Rys.1.1.1. Cybernetyczny model systemu rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK

Strumień decyzji przychodzący z zewnątrz do SRRe OPK obejmuje decyzje dowódcy wojsk OPK odnośnie prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego przeciwnika powietrznego /zadanie dla SRRe OPK/. Strumień informacyjny przychodzący z otoczenia do SRRe OPK dotyczy w głównej mierze sił przeciwnika powietrznego i jego prawdopodobnych działań.

Strumień informacyjny wychodzący z SRRe OPK do otoczenia obejmuje informacje o efektach działań bojowych /rezultaty prowadzonego rozpoznania radioelektronicznego/, poniesionych stratach, potrzebach materiałowo-technicznego zaopatrzenia itp. Tak rozumiany SRRe OPK można przedstawić jako piątkę uporządkowaną

$\langle E, R, S, T, Z \rangle$

stanowiącą dynamiczny model tego systemu, której poszczególne wielkości przedstawiają:

E - zbiór elementów systemu takie jak: SD, radiowe centra odbiorcze, posterunki namierzania radiowego, posterunki rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych, grupy analizy danych, ośrodki przetwarzania informacji, odbiorniki radiowe, namierniki radiowe, stacje rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych, EMC itp.;

R - zbiór relacji określony na zbiorze E przedstawiający strukturę organizacyjno-funkcjonalną, przestrzenno-czasową oraz informacyjną SRRe OPK;

S - zbiór stanów elementów systemu określony na zbiorze E tworzący przestrzeń stanów dopuszczalnych tych elementów;

T - zbiór chwil czasowych obejmujący <sup>prze/</sup> podział czasu od chwili  $t_p$  początkującej proces rozpoznania radioelektronicznego do chwili  $t_k$  traktowanej jako jego zakończenie;

Z - zbiór zdarzeń określony na zbiorze T, których występie-  
nie w czasie od  $t_p$  do  $t_k$  powoduje zmianę stanu systemu.

Celem zasadniczym zdefiniowanego wyżej systemu jest wykona-  
nie zadania bojowego, postawionego przez dowódcę wojsk OPK. Za-  
danie to sprowadza się do uprzedzenia systemu OPK o działalności  
przeciwnika powietrznego na dalekich podejściach do rejonu obrony  
tego systemu.

SRRe OPK zadanie to wykonuje dostarczając niezbędnych in-  
formacji operacyjnych i taktycznych o siłach powietrznych prze-  
ciwnika.

W danych operacyjnych, które można przedstawić w formie następu-  
jącego wektora

$$I_{Re}^O = /D, O, G, Z, M/$$

zawarte są informacje o:

D - zmianach dyslokacji sił powietrznych;

O - zmianach w strukturze organizacyjnej i składzie sił powietrznych

G - gotowości bojowej całości sił i poszczególnych jednostek;

Z - zmianach prowadzenia działań /przewidywan<sup>o</sup> co do prowadzenia  
działań/;

Natomiast w danych taktycznych przedstawionych w postaci

$$I_{Re}^T = /Fe, Rc, Sc, Wc, Dc, Pp, Po/$$

określa się:

Fe - rodzaj i częstotliwość pracy urządzeń radioelektronicznych;

Rc - rodzaj celu;

Sc - skład celu powietrznego;

Wc - położenie /miejsce znajdowania się/ celu powietrznego;

Dc - działalność celu powietrznego;

Pp - przynależność państwową celu powietrznego;

Po - przynależność organizacyjną celu.

Zdobycie powyższych informacji rozpoznawczych stanowi zmienną losową. Ilość i jakość uzyskanych danych zależy od wielu czynników, do których między innymi można zaliczyć: prawdopodobieństwo znajdowania się urządzeń radioelektronicznych przeciwnika powietrznego /źródeł rozpoznania/ w strefie rozpoznania radioelektronicznego systemu, prawdopodobieństwo promieniowania energii elektromagnetycznej przez te urządzenia, prawdopodobieństwo odbioru promieniowanej energii elektromagnetycznej przez własne urządzenia rozpoznawcze, rodzaj pracy urządzeń radioelektronicznych przeciwnika, treść i sposób przekazywania oraz stopień utajniania przesyłanych danych, możliwości ujawniania i opracowywania odebranych sygnałów przez własne siły i środki, czas zdobycia, opracowania i przekazania danych użytkownikom, liczbę i stopień wyszkolenia załóg w SRRe OPK, liczbę urządzeń rozpoznania radioelektronicznego.

Systemem rozpoznania radioelektronicznego OPK ma określoną strukturę organizacyjną. Największą komórką organizacyjną jest pułk rozpoznania radioelektronicznego /prrel/, w skład którego mogą wchodzić między innymi: stanowisko dowodzenia, 1-2 bataliony

rozpoznania radiowego KF, 1-2 bataliony rozpoznania radioelektronicznego UKF, grupa analizy danych, stacjonarne radiowe centrum odbiorcze KF, grupa analizy techniczno-operacyjnej. Pułk ten można scharakteryzować w następujący sposób:

$$P_{Re} = /SD^P, B_L^{KF}, B_L^{UKF}, G^P, R_S^{KF}, G_{AO}^P/$$

gdzie:

- $SD^P$  - stanowisko dowodzenia pułku;
- $B_L^{KF}$  - batalion rozpoznania radiowego KF;
- $B_L^{UKF}$  - batalion rozpoznania radioelektronicznego UKF;
- $G^P$  - grupa analizy danych pułku;
- $R_S^{KF}$  - stacjonarne radiowe centrum odbiorcze KF;
- $G_{AO}^P$  - grupa analizy techniczno-operacyjnej pułku;
- L --- liczba batalionów.

W skład batalionu rozpoznania radiowego KF /brr KF/ wchodzi: SD, grupa analizy danych, 3 kompanie rozpoznania radiowego KF, każda z nich w składzie: SD, grupy analizy danych, 2-3 plutonów namierzania radiowego KF, 1-4 plutonów nasłuchu radiowego KF, na bazie których organizowane jest radiowe centrum odbiorcze KF i UKF oraz 1-2 plutony namierzania radiowego UKF i rozpoznania systemów radiolokacyjnych.

Batalion rozpoznania radiowego KF można opisać następująco:

$$B_R^{KF} = /N_L^B, SD^B, G^B, K_L^{KF}/$$

gdzie:

- $N_L^B$  - numer taktyczny batalionu;
- $SD^B$  - stanowisko dowodzenia batalionu;
- $G^B$  - grupa analizy danych batalionu;

- $K_L^{KF}$  - kompania rozpoznania radiowego KF;  
L - liczba kompanii rozpoznania radiowego;

Natomiast kompanię rozpoznania radiowego KF /krr KF/ można scharakteryzować w następujący sposób:

$$K_R^{KF} = /N_L^K, SD^K, G^K, P_{NL}^{KF}, R^{KF/UKF}, P_{NRL}^{UKF}/$$

gdzie:

- $N_L^K$  - numer taktyczny kompanii;  
 $SD^K$  - stanowisko dowodzenia kompanii;  
 $G^K$  - grupa analizy danych kompanii;  
 $P_{NL}^{KF}$  - pluton namierzania radiowego KF;  
 $R^{KF/UKF}$  - radiowe centrum odbiorcze KF/UKF;  
 $P_{NRL}^{UKF}$  - pluton namierzania radiowego UKF i rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych;  
L - liczba plutonów namierzania radiowego KF i UKF.

Pluton namierzania radiowego KF /plnr KF/ można opisać następująco

$$P_{NR}^{KF} = /N_L^P, W_P, N_L^{KF}/$$

gdzie:

- $N_L^P$  - numer taktyczny plutonu;  
 $W_P$  - współrzędne topograficzne miejsca /rejonu/ ugrupowania bojowego plutonu;  
 $N_L^{KF}$  - typy namierników radiowych KF;  
L - liczba namierników radiowych KF.

Radiowe centrum odbiorcze KF/UKF /RCO KF/UKF/ można określić za pomocą następującego wektora:

$$R^{KF/UKF} = /W_R, O_L^{KF}, U_L^R, O_L^{UKF}/$$

gdzie:

- $W_R$  - współrzędne topograficzne miejsca rozwinięcia radiowego centrum odbiorczego KF;
- $O_L^{UKF}$  - typy urządzeń odbiorczych UKF;
- $O_L^{KF}$  - typy urządzeń odbiorczych KF;
- $U_L^R$  - typy urządzeń rejestrujących;
- $L$  - liczba urządzeń odbiorczych lub rejestrujących.

Batalion rozpoznania radioelektronicznego UKF /brrel UKF/ składa się z: SD, grupy analizy danych, 3-4 kompanii rozpoznania radioelektronicznego UKF, 1-2 kompanii rozpoznania systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych oraz radiowego centrum odbiorczego KF. W skład kompanii rozpoznania radioelektronicznego UKF wchodzi: SD, grupa analizy danych, 1-2 radiowe centra odbiorcze UKF, 3-4 plutony namierzania radiowego UKF i rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych.

W skład kompanii rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych wchodzi: SD kompanii wraz z centralną stacją zestawu RAMONA /TAMARA/ oraz dwa plutony rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych, w których rozmieszczone są boczne stacje zestawu RAMONA /TAMARA/.

Batalion rozpoznania radioelektronicznego UKF można określić za pomocą następującego wektora:

$$\cdot B_{Re}^{UKF} = /N_L^B, SD^B, G^B, K_L^{UKF}, K_L^{SRN}/$$

gdzie:

- $N_L^B$  - numer taktyczny batalionu;
- $SD^B$  - stanowisko dowodzenia batalionu;
- $G^B$  - grupa analizy danych batalionu;
- $K_L^{UKF}$  - kompania rozpoznania radioelektronicznego UKF;

$K_L^{SRN}$  - kompania rozpoznania systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych;

L - liczba kompanii.

Kompanię rozpoznania radioelektronicznego UKF /krrek UKF/ można opisać następująco:

$$K_{Re}^{UKF} = /N_L^K, SD^K, G^K, P_{NRL}^{UKF}, R_L^{UKF}/$$

gdzie:

$N_L^K$  - numer taktyczny kompanii;

$SD^K$  - stanowisko dowodzenia kompanii;

$G^K$  - grupa analizy danych kompanii;

$P_{NRL}^{UKF}$  - pluton namierzania radiowego UKF i rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych;

$R_L^{UKF}$  - radiowe centrum odbiorcze UKF;

L - liczba plutonów, centrów radiowych.

Kompanię rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych /krrek/ można scharakteryzować następująco:

$$K_R^{SRN} = /N_L^K, SD^K, P_L^{SRN}/$$

gdzie:

$N_L^K$  - numer taktyczny kompanii;

$SD^K$  - stanowisko dowodzenia kompanii;

$P_L^{SRN}$  - pluton rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych;

L - liczba plutonów.

Pluton rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych /plrsrl/ można opisać następująco:

$$P_R^{SRN} = /N_L^P, W_P, S^{SRN}/$$

gdzie:

- $N_L^P$  - numer taktyczny plutonu;
- $W_P$  - współrzędne topograficzne miejsca rozwinięcia plutonu
- $S^{SRN}$  - stacja rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych /boczną zestawu RAMONA /TAMARA/.

Pluton namierzania radiowego UKF i rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych /plnr UKF/ można opisać następująco:

$$P_{NR}^{UKF} = /N_L^P, W_P, N_L^{UKF}, S_L^{SRL}/$$

gdzie:

- $N_L^P$  - numer taktyczny plutonu;
- $W_P$  - współrzędne topograficzne miejsca rozwinięcia plutonu
- $N_L^{UKF}$  - typy namierników radiowych UKF;
- $S_L^{SRL}$  - typy stacji rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych;
- $L$  - liczba namierników, stacji.

Radiowe centrum odbiorcze UKF /RCO UKF/ można określić za pomocą następującego wektora:

$$R^{UKF} = /N_L^R, W_R, O_L^{UKF}, U_L^R/$$

gdzie:

- $N_L^R$  - numer taktyczny radiowego centrum odbiorczego UKF;
- $W_R$  - współrzędne topograficzne miejsca rozwinięcia RCO UKF
- $O_L^{UKF}$  - typy urządzeń odbiorczych UKF;
- $U_L^R$  - typy urządzeń rejestrujących;
- $L$  - liczba urządzeń odbiorczych, rejestrujących.

Urządzenie rozpoznania radioelektronicznego dowolnego typu /np. stacja rozpoznania pokładowych SRL, namiernik radiowy KF lub UKF, urządzenie odbiorcze KF lub UKF, urządzenie rejestrujące/ można zdefiniować w następujący sposób:

$$U_{Re} = / \Delta f_p, R_p, R_E, A_R, \Delta \Psi, V_T, V_{TLG} /$$

gdzie:

$\Delta f_p$  - zakres rozpoznawanego pasma częstotliwości urządzeń radioelektronicznych przeciwnika;

$R_p$  - rodzaj pracy urządzenia rozpoznawczego;

$R_E$  - rodzaj odbieranej emisji;

$A_R$  - czułość urządzenia rozpoznawczego;

$\Delta \Psi$  - kątowny błąd urządzenia namierzającego;

$V_T$  - prędkość przesuwu taśmy magnetofonowej;

$V_{TLG}$  - prędkość modulacji topograficznej.

W skład stacjonarnego radiowego centrum odbiorczego KF /SRCO KF/ rozwiniętego przy SD prrel wchodzi: kompania nasłuchu radiowego KF, sekcja analizy stałych źródeł rozpoznania, sekcja poszukiwania radiowego KF, sekcja analizy łączności satelitarnej, sekcja namierzania radiowego KF, sekcja obsługi technicznej. Centrum to można określić za pomocą następującego wektora:

$$R_S^{KF} = / W_R, K_O^{KF}, S_A^{ZS}, S_p^{KF}, S_A^{LS}, S_N^{LF}, S_{OT} /$$

gdzie:

$W_R$  - współrzędne topograficzne miejsca rozwinięcia SRCO KF;

$K_O^{KF}$  - kompania nasłuchu radiowego KF;

$S_A^{ZS}$  - sekcja analizy stałych źródeł rozpoznania;

- $S_{P}^{KF}$  - sekcja poszukiwania radiowego KF;
- $S_{A}^{LS}$  - sekcja analizy łączności satelitarnej;
- $S_{N}^{KF}$  - sekcja namierzania radiowego KF;
- $S_{OT}$  - sekcja obsługi technicznej.

W skład kompanii nasłuchu radiowego KF wchodzi cztery plutony nasłuchu radiowego wyposażone w stacjonarne urządzenia odbiorcze oraz określoną etatem ilość operatorów nasłuchu radiowego. Kompanie tę można określić następująco:

$$K_o^{KF} = /O_L^{KF}, O_L^{LS}, U_L^R/$$

gdzie:

- $O_L^{KF}$  - typy urządzeń odbiorczych KF;
- $O_L^{LS}$  - typy urządzeń odbiorczych łączności satelitarnej przeciwnika;
- $U_L^R$  - typy urządzeń rejestrujących;
- L - liczba urządzeń odbiorczych, rejestrujących

Grupa analizy techniczno-operacyjnej GATO pułku składa się z sekcji analizy technicznej, sekcji analizy operacyjnej oraz szeregu urządzeń odbiorczych KF, analizatorów, przystawek i urządzeń rejestrujących umożliwiających analizę techniczną przechwytywanych emisji elektromagnetycznych. Grupę tę można scharakteryzować następująco:

$$G_{T-O}^P = /S_A^T, S_A^O, O_L^{KF}, A_L^{KF}, U_L^R/$$

gdzie:

- $S_A^T$  - sekcja analizy technicznej;
- $S_A^O$  - sekcja analizy operacyjnej;
- $O_L^{KF}$  - typy urządzeń odbiorczych KF;

- $A_L^{KF}$  - typy analizatorów i przystawek KF;
- $U_L^R$  - typy urządzeń rejestrujących;
- L - liczba urządzeń.

W skład poszczególnych sekcji SRCO KF i GATO wchodzi określona etatem liczba oficerów, chorążych i podoficerów zawodowych określonych specjalności.

Grupa analizy danych GAD pułku składa się z: sekcji analizy gotowości bojowej w SP przeciwnika, sekcji analizy zastosowań operacyjno-strategicznych ŚNP przeciwnika, sekcji analizy zastosowań taktycznych ŚNP przeciwnika oraz sekcji opracowań problemowych. Grupę tę można określić następująco:

$$G^P = /S_A^{ZOS}, S_A^{ZT}, S_A^{GB}, S^{OP}/$$

gdzie:

- $S_A^{ZOS}$  - sekcja analizy zastosowań operacyjno-strategicznych ŚNP przeciwnika;
- $S_A^{ZT}$  - sekcja analizy zastosowań taktycznych ŚNP przeciwnika;
- $S_A^{GB}$  - sekcja analizy gotowości bojowej w siłach powietrznych przeciwnika;
- $S^{OP}$  - sekcja opracowań problemowych.

W skład poszczególnych sekcji GAD pułku wchodzi określona etatem liczba oficerów z wymaganymi kwalifikacjami.

W skład grup analizy danych poszczególnych batalionów i kompanii rozpoznania radiowego KF i radioelektronicznego UKF wchodzi określona etatem liczba specjalistów - oficerów o określonych kwalifikacjach.

### Opis źródeł rozpoznania radioelektronicznego

Źródłami rozpoznania radioelektronicznego  $\dot{Z}_{Re}$  dla SRRe OPK są: różnego rodzaju naziemne i pokładowe radiostacje przeciwnika pracujące w zakresie fal krótkich i ultrakrótkich oraz pokładowe systemy radiolokacyjne i radionawigacyjne funkcjonujące we wszystkich systemach dowodzenia siłami powietrznymi przeciwnika i systemach kierowania jego środkami rażenia.

Źródła rozpoznania radioelektronicznego można opisać za pomocą następującego wektora:

$$\dot{Z}_{Re} = / f, A_z, t_p, R_p, R_E, E_s, P, G /$$

gdzie:

- $f$  - częstotliwość pracy źródła /częstotliwość nośna/;
- $A_z$  - kierunek /azymut/, z którego emitowane są fale /sygnały, impulsy/ radiowe;
- $t_p$  - czas pracy źródła /czas trwania: wymiany radiowej, impulsu, serii impulsów itp./;
- $R_p$  - rodzaj pracy źródła /ciągła, impulsowa/;
- $R_E$  - rodzaj emisji promieniowanej przez źródło;
- $E_s$  - natężenie pola sygnału emitowanego przez źródło w punkcie odbioru;
- $P$  - moc emitowanego sygnału;
- $G$  - zysk antenowy /kierunkowy/.

### 1.1.2. Stopnie gotowości bojowej sił i środków rozpoznania radioelektronicznego OPK

Siły i środki rozpoznania radioelektronicznego OPK mogą znajdować się w jednym z trzech stopni gotowości bojowej: gotowość bojowa nr 1 /G-1/, gotowość bojowa nr 2 /G-2/, gotowość bojowa nr 3 /G-3/.

W opisie matematycznym funkcjonowania systemu rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK rozpatrywane są tylko te siły i środki rozpoznania, które znajdują się w gotowości bojowej nr 1 /G-1/.

Pod pojęciem gotowości bojowej nr 1 /G-1/ należy rozumieć taki stan sił i środków rozpoznania radioelektronicznego, w którym na wszystkich urządzeniach /stanowiskach, posterunkach/ pracują zmiany bojowe, co w każdej chwili zapewnia wykrycie, umiejscowienie /lokalizację/ i określenie charakterystyk źródeł rozpoznania radioelektronicznego oraz przekazanie informacji do nadrzędnych SD, zgodnie z założonymi normami taktyczno-technicznymi.

### 1.1.3. Strefa rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK

Strefa rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK jest to przestrzeń, w granicach której siły i środki rozpoznania radioelektronicznego wykrywają, przechwytyją i lokalizują /namierzają/ pracujące urządzenia radioelektroniczne przeciwnika /źródła rozpoznania /ZR// z wymaganym prawdopodobieństwem  $P_R$  oraz określają ich charakterystykę.

Strefę rozpoznania radioelektronicznego WOPK tworzą:  
 strefa nasłuchu radiowego zakresu fal krótkich, strefa nasłuchu  
 radiowego zakresu UKF, strefa namierzania radiowego zakresu KF,  
 strefa namierzania radiowego zakresu UKF, strefa rozpoznania  
 pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych,  
 strefa namierzania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radio-  
 nawigacyjnych.

$$S_R^{SRReOPK} = /S_O^{KF}, S_N^{KF}, S_O^{UKF}, S_N^{UKF}, S_R^{SRL}, S_N^{SRL}/ \quad 1.1.1.$$

Strefa nasłuchu radiowego KF jest to przestrzeń, w granicach  
 której natężenie pola sygnału rozpoznawanej radiostacji  $/E_s/$   
 w punkcie odbioru jest większe od natężenia pola zakłóceń  $/E_z/$   
 w tym punkcie o określoną wymogami jakości informacji rozpo-  
 nawczej wartość współczynnika ochrony  $/K/$ .

$$\frac{E_s}{E_z} \gg K \quad \text{lub} \quad E_s \gg K \cdot E_z \quad 1.1.2.$$

Natężenie pola sygnału  $/E_s/$  rozpoznawanej radiostacji w miejscu  
 odbioru /przy odbiorze fali przyziemnej /przestrzennej// określa  
 się następującą zależnością:

$$E_s = q \frac{\sqrt{P_{pr} / \text{kW}}}{d / \text{km}} \cdot A / \text{d, E, G} / \frac{\mu \text{V}}{\text{m}} \quad 1.1.3.$$

gdzie:

$q$  - współczynnik zależny od długości i kształtu  
 anteny /dla dipola  $q = 300/$ ;

$P_{pr}$  - moc promieniowania w kW -  $P_{pr} = P_a \cdot \eta_a$ ;

A - współczynnik tłumienia fali przez ziemię;

*antenna*  
 $P_a$  - moc nadajnika w antenie;

$\eta_a$  - sprawność anteny;

lub

$$E_s = E_s^{/1/} \sqrt{P_a \cdot \eta_a} \quad 1.1.3a.$$

gdzie:

$E_s^{/1/}$  - wartość jednostkowego natężenia pola od nadajnika o mocy 1 kW - określona z normogramu 72 str.168 "Zasad łączności radiowej i radiotelefonicznej;

$P_a$  i  $\eta_a$  - wartości podane w tabelach 16 i 17 wg zasad.

Natężenie pola sygnału  $/E_s/$  rozpoznawanej radiostacji w miejscu odbioru /przy odbiorze fali jonosferycznej/ określa się następującą zależnością:

$$E_s = E_o \cdot e^{-\Gamma} \quad 1.1.4.$$

przy czym

$E_o$  - natężenie pola elektrycznego bez uwzględnienia strat w jonosferze;

$\Gamma$  - sumaryczny całkowity współczynnik tłumienia fali w jonosferze.

Wartość natężenia pola nietłumionego  $/E_o/$  zależy od długości trasy, mocy nadajnika oraz zysku energetycznego anteny nadawczej.

$$E_o = \frac{156 \cdot 0,8^{n-1} \sqrt{PG F/\gamma/}}{dt} \quad 1.1.5.$$

gdzie:

P - moc doprowadzona do anteny nadawczej;

G - zysk energetyczny anteny nadawczej odniesiony do źródła izotropowego;

$F/\gamma/$  - wartość unormowanej charakterystyki promieniowania

anteny nadawczej, odpowiadająca kątowi elewacji trajektorii fali dla danej trasy;

$n$  - liczba odbić od jonosfery przy propagacji wieloskokowej

$dt$  - odległość od nadajnika do odbiornika mierzona / w km/ wzdłuż trajektorii fali, przy czym:

$$dt = d \operatorname{cosec} \theta_0 \quad \text{gdzie:}$$

$d$  - długość trasy wzdłuż powierzchni Ziemi;

$\theta_0$  - kąt padania fali na jonosferę obliczamy ze wzoru:

$$\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{d}{2H + \frac{d^2}{4a}} \quad \text{gdzie:}$$

$d$  - jak wyżej;

$H$  - wysokość pozorną warstwy jonosferycznej;

$a$  - promień Ziemi.

Sumaryczny całkowity współczynnik tłumienia fali w jonosferze jest równy sumie współczynników odpowiadających tłumieniu fali we wszystkich warstwach, przez które fala przechodzi oraz w warstwie, od której fala odbija się.

Przy odbiciu fali radiowej od warstwy  $F_2$  :

$$\Gamma = \frac{A_{\Sigma}}{f + f_c} + B_{F_2} f^2 \quad 1.1.6.$$

gdzie:

$A_{\Sigma}$  - sumaryczny współczynnik tłumienia niedewiacyjnego, którego wartość zawiera wykres 4.39 str.141 "Materiałów pomocniczych do obliczeń propagacyjnych";

$B_{F_2}$  - współczynnik tłumienia dewiacyjnego w warstwie  $F_2$ , którego wartość zawiera wykres 4.40 str.142 w materiałach;

$f$  - częstotliwość robocza radiostacji;

$f_L$  - wzdluzna częstotliwość żyromagnetyczna, której średnia wartość wynosi 1 MHz materiały str.143 ;

Przy odbiciu fali radiowej od warstwy E:

$$\Gamma = \frac{A_D}{/ f + f_L /^2} + B_E f \sqrt{\frac{f}{f + f_L}} \quad 1.1.7.$$

gdzie:

$A_D$  - współczynnik tłumienia niedewiacyjnego w warstwie D -  
 $A_D = 3 / f_{kr} E /^2 \sec \Theta_D$

$B_E$  -współczynnik tłumienia dewiacyjnego w warstwie E -

$$B_E = \frac{4}{/ f_{kr} E /} \cos^2 \Theta_E$$

Natężenie pola zakłóceń w punkcie odbioru  $/E_z/$  określone jest największą wartością natężenia pola jednego z trzech rodzajów zakłóceń: atmosferycznych, interferencyjnych lub przemysłowych.

Poziom zakłóceń atmosferycznych określa się następującą zależnością:

$$E_z = \sqrt{\beta} E_z^{/1/} \quad \left[ \frac{\mu V}{m} \right] \quad 1.1.8.$$

gdzie:

$\beta$  - wymagana szerokość pasma przenoszenia odbiornika;

$E_z^{/1/}$  - natężenie pola zakłóceń w paśmie 1 kHz /określone w tabelach 1.2, 1.3 i 1.4 str.142 i 143 "Zasad łączności radiowej i radiotelefonicznej".

Poziom zakłóceń interferencyjnych określono w tabelach pomocniczych str.149 i 150 ww "zasad".

Poziom zakłóceń przemysłowych należy każdorazowo pomierzyć w punkcie odbioru. Jeżeli urządzenia odbiorcze rozmieszczane są z dala od obiektów przemysłowych, wartość poziomu zakłóceń przemysłowych można pominąć w obliczeniach.

Wartość współczynnika ochrony /K/ zależy od rodzaju pracy, rodzaju emisji, długości trasy radiowej, żądanej niezawodności oraz rodzaju odbioru /pojedynczej lub zbiorczej/ i określona jest wzorem:

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + \Delta K \quad 1.1.9.$$

gdzie:

$K_1$  - współczynnik ochrony dla danego rodzaju emisji bez uwzględniania zaników, którego wartości przedstawiono w tabeli 5 str.143 "zasad"....;

$K_2$  - współczynnik ochrony uwzględniający żadaną niezawodność łączności i rodzaj odbioru, którego wartości określono w tabeli str.

$K_3$  - współczynnik ochrony uwzględniający odchyłki natężenia pola sygnału i zakłóceń od mediany. Praktyczna wartość równa 16 dB;

$\Delta K$  - poprawka uwzględniająca wpływ długości trasy powyżej 2000 km.

Przy określonych wartościach  $E_s^{/1/}$  i  $E_z^{/1/}$

$$K = \frac{\sqrt{0,2 P_{ekw} \cdot E_s^{/1/}}}{\sqrt{\beta} \cdot E_z^{/1/}} \quad 1.1.9a.$$

gdzie:

$\beta$  - szerokość pasma przenoszenia odbiornika;

$P_{ekw} = P_n \cdot E_{nad} \cdot D_{odb} / P_n$  - moc nadajnika,  $E_{nad}$  - zysk energetyczny anteny nadawczej,  $D_{odb}$  - zysk kierunkowy anteny odbiorczej/.

Przykład liczbowy

$P_n = 2, 1, 0, 5$  kW

$d = 400 + 2000$  km

$E_s = L_D, L_N, Z_D, Z_N$

$f_{wb}$  - FOT /optymal. częst., łącz./

$G / D_{nad} / = 1$

Propagacja jonosferyczna - jednokrotne odbicie od warstw E i F<sub>2</sub>.

#### 1.1.4. Strefa nasłuchu radiowego UKF i rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych /SRLRN/

jest to przestrzeń powietrzna, w granicach której radiowe centra odbiorcze /RCO/ UKF oraz stacje rozpoznania pokładowych SRLRN wykrywają pracę pokładowych radiostacji UKF i stacji radiolokacyjnych i radionawigacyjnych przeciwnika z wymaganym prawdopodobieństwem i określają ich charakterystykę. Strefę nasłuchu radiowego UKF i rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych systemu rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK tworzą pokrywające lub zagłębiające się strefy nasłuchu poszczególnych RCO UKF i strefy wykrycia poszczególnych stacji rozpoznania pokładowych SRLRN odpowiednio rozmieszczonych w terenie, których maksymalny zasięg określa się następującą zależnością:

$$R_{\max_t}^0 = \min \left\{ R'_0, R_{\max_t} \right\} \quad 1.1.10.$$

przy czym:

$$R'_0 = 4,12 / \sqrt{H_r} + \sqrt{H_a} \quad 1.1.11.$$

gdzie:

- $R'_0$  - zasięg horyzontu radiowego, zwany także zasięgiem geometrycznym;
- $H_r$  - wysokość zawieszenia anteny urządzenia rozpoznawczego /UR/ nad Ziemią w odniesieniu do poziomu morza /w m/;
- $H_a$  - wysokość zawieszenia anteny źródła rozpoznania /ZE/ nad Ziemią w odniesieniu do poziomu morza /w m/ - /wysokości lotu rozpoznawanego SNP przeciwnika/;
- 4,12 - współczynnik uwzględniający rozchodzenie się fal radiowych w troposferze w warunkach refrakcji normalnej. Nad morzem współczynnik ten osiąga wartość=5 co jest związane ze zjawiskiem superrefrakcji.

$$R_{\max_t} = R_{\max} \cdot e^{-0,115 \cdot d_t \cdot R_{\max_t}} \quad 1.1.12.$$

gdzie:

- $R_{\max_t}$  - zasięg wykrycia ZE z uwzględnieniem tłumienia fali elektromagnetycznej w atmosferze;
- $d_t$  - współczynnik tłumienia /w dB/km/;
- $R_{\max}$  - zasięg wykrywania ZE w swobodnej przestrzeni;

$$R_{\max} = \frac{\pi}{4\pi} \sqrt{\frac{P_a G_a G_r \psi \eta}{P_{swe_0}}} \quad 1.1.13$$

gdzie:

- $\lambda$  - długość fali;
- $P_a$  - moc sygnału od ZE;
- $G_{a_0}$  - nominalny zysk energetyczny anteny ZE;
- $G_{r_0}$  - nominalny zysk energetyczny anteny UR;
- $\Psi$  - współczynnik uwzględniający wiarygodność polaryzacji anteny UR i sygnału od ZE; w praktycznych obliczeniach przyjmuje się  $\Psi=0,5$ , natomiast ogólnie  $\Psi \in [0,1]$  ;
- $\eta$  - współczynnik uwzględniający straty energii w torze antenowo-przesyłowym UR; w praktycznych obliczeniach przyjmuje się  $\eta=0,5$ , ogólnie  $\eta \in [0,1]$  ;
- $P_{swe_0}$  - moc minimalna sygnału potrzebna do jego wykrycia na wejściu odbiornika UR wyrażona zależnością:

$$P_{swe_0} = kT_0 \Delta f N_{q_0} \quad \text{/dla nasłuchu radiowego UKF/}^{1.1.14.}$$

gdzie:

- $k - 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$  - stała Boltzmana;
- $T_0 - 290 K$  - temperatura tzw. standardowa /w stopniach Kelvina/;
- $\Delta f$  - szerokość pasma przepuszczania odbiornika UR;
- $N$  - współczynnik szumów / $N \gg 1$ /;
- $q_0 - \frac{P_{swy_0}}{P_{szwy}}$  - progowy stosunek mocy sygnału do mocy

szumu na wyjściu odbiornika UR, nazywamy także współczynnikiem wyróżnialności, określony przy minimalnej wartości mocy sygnału na wyjściu odbiornika  $P_{swy_0}$

/zapewniający zadaną wartość prawdopodobieństwa  $P_{pw}$  poprawnego wykrycia przy ustalonej wartości prawdopodobieństwa  $P_{fa}$  fałszywego alarmu/.

lub

$$P_{swe_0} = \frac{kT_0 NB}{nt_i} q_{1_0} \quad \text{/dla rozpoznania pokładowych SRLiRN/} \quad 1.1.15.$$

przy czym:

$$q_0 = \frac{1}{n} q_{1_0}; \quad \Delta f = \frac{B}{t_i}$$

gdzie:

$q_{1_0}$  - progowy stosunek sygnał/szum przy wykryciu pojedynczego impulsu;

$t_i$  - czas trwania sygnału impulsowego;

$B$  - może być zawarte w przedziale  $1 \leq B \leq 5$

Ponieważ wartość  $R_{max_t}$  jest wyrażona tzw. równaniem przestępnym /transcedentnym/, nie można go rozwiązać w sposób ścisły.

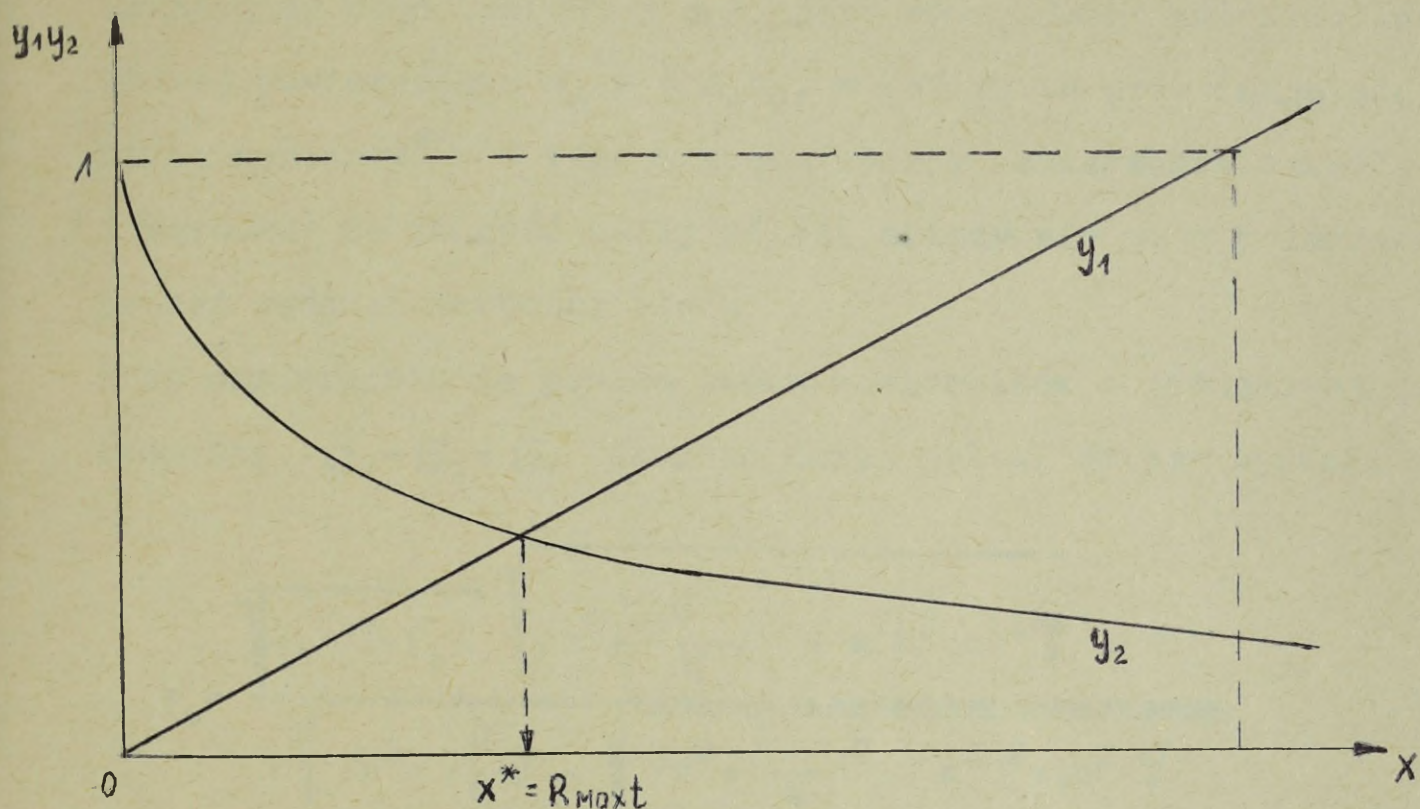
Równanie tego typu można rozwiązać numerycznie /np. metodą kolejnych przybliżeń Newtona/ lub graficznie /rys. nr <sup>1.1</sup>2/ jako równanie typu

$$y_1/x/ = y_2/x/$$

względem zmiennej niezależnej  $x \equiv R$  przy czym:

$$y_1/x/ = \frac{x}{R_{max}}$$

$$y_2/x/ = e^{-0,115 d_t x}$$



Rys.1.1.2. Metoda graficzna rozwiązania równania  $y_1/x = y_2/x$

Odcięta punktu przecięcia funkcji  $y_1/x$  i  $y_2/x$  wyznacza rozwiązanie powyższego równania przestępnego, a więc  $x^* = R_{\max_t}$

1.1.5. Strefa namierzania radiowego KF to zbiór punktów w przestrzeni, dla których błąd liniowy namierzania  $|\Delta l|$  nie przekracza założonej wartości z zadaniem prawdopodobieństwem.

Strefę namierzania radiowego KF systemu rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK stanowią strefy namierzania poszczególnych par namierników radiowych KF tego systemu odpowiednio /grupowanych/ rozmieszczonych w terenie.

Przy określonej pewności namierzenia  $P_e$  lub dokładności  $K$  maksymalny błąd liniowy  $\Delta l$  jest równy dużej półosi elipsy, której powierzchnia  $S_e = \pi a_o b_o$ , w której to przecinają się linie namiarów<sup>\*/</sup>. Z tego względu strefę namierzenia określa się z warunku, że długość dużej półosi elipsy nie może przekraczać pewnej zadanej wartości błędu.

Przy namierzaniu za pomocą dwóch namierników o jednakowej dokładności  $G_1 = G_2 = G$  długość dużej półosi elipsy wynosi:

$$a_o = \frac{\sqrt{-\ln(1-P_e)} \sqrt{\left(\frac{D^2}{m^2 + \frac{D^2}{4}}\right)^2 - m^2 D^2 \cos^2 \Psi}}{K \sqrt{\left(\frac{D^2}{m^2 + \frac{D^2}{4}}\right)^2 - m^2 D^2 \sin^2 \Psi}} \quad 1.1.16.$$

Długość niniejszej półosi elipsy opisana jest zależnością

$$b_o = \frac{a_o m D \sin \Psi}{\sqrt{\left(\frac{D^2}{m^2 + \frac{D^2}{4}}\right)^2 - m^2 D^2 \sin^2 \Psi} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{m D \sin \Psi}{\sqrt{\left(\frac{D^2}{m^2 + \frac{D^2}{4}}\right)^2 - m^2 D^2 \sin^2 \Psi}}\right)^2} \right]} \quad 1.1.17,$$

gdzie:

$P_e$  - miara pewności namierzenia, tzn. prawdopodobieństwo tego, że obiekt znajduje się wewnątrz elipsy.

$$P_e = 1 - e^{-0,5 K^2}$$

$D$  - odległość między namiernikami / baza namierzenia/;

<sup>\*/</sup> błędy liniowe namierzenia mają rozkład eliptyczny /str. 189

$K = \frac{40,5}{\sigma / \text{stop}}$  miara dokładności namierzenia;

$\sigma$  - błąd średniokwadratowy namiernika;

$m$  - długość środkowej, tzn. odległość między punktem przecięcia się linii namiarów a środkiem bazy namierzenia;

$\psi$  - kąt między bazą namierzenia a prostą przechodzącą przez środek bazy i punkt przecięcia się linii namiarów.

Przy  $m = \frac{D}{2}$  i  $\psi = 90^\circ$  elipsa przekształca się w okrąg, którego promień jest równy  $a_0 = b_0 = D \sqrt{-\ln/1 - P_e} / \sigma$  [rad]

W tym przypadku błąd liniowy jest minimalny i wynosi

$$\Delta l_{\min} = 0,0175D \sqrt{-\ln/1 - P_e} / \sigma / \text{stop} \quad 1.1.18.$$

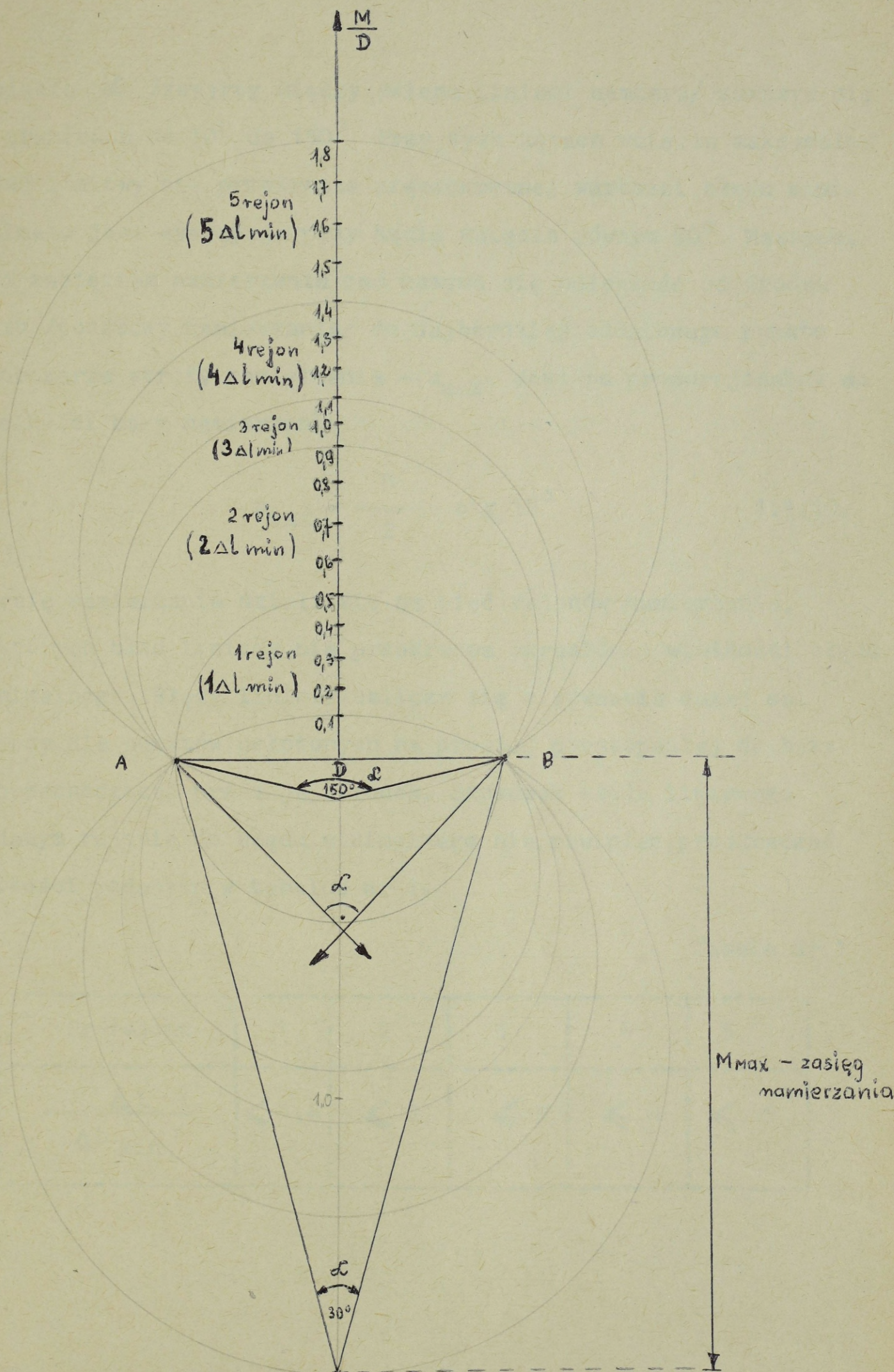
Praktycznie strefę namierzenia dla dwóch namierników wyznacza się w następującej kolejności:

- zakłada się maksymalny dopuszczalny błąd liniowy  $\Delta l$  przy danych wartościach  $P_e, \sigma, D$ ;

- z równania dużej osi elipsy należy obliczyć wartość zasięgu  $m$ , która spełnia równanie  $a_0 = \Delta l$ ;

- wykres zasięgu  $m$  w funkcji kąta  $\psi$  stanowi obszar strefy namierzenia.

Przedstawiony wyżej algorytm jest dość skomplikowany rachunkowo i ~~uzasadniony~~ <sup>zasochtonny</sup> w realizacji. W praktyce strefę namierzenia wykreśla się w ten sposób, że na bazie namierzenia  $D$  jako na cięciwie opisuje się dwa okręgi o promieniu równym  $D$  /rys.nr 3/. W tym przypadku strefa namierzenia jest zbiorem punktów, dla których kąt



Rys.1.1.3. Podział strefy namierzania na rejony o zadanej dokładności

wcięcia  $\alpha$  /zawarty między dwiema liniami namiaru/ zawiera się w granicach od  $30^\circ$  do  $150^\circ$ . Przy tych kątach wcięcia maksymalny błąd liniowy nie przekracza pięciokrotnej wartości błędu minimalnego jaki występuje przy kącie wcięcia równym  $90^\circ$ . Maksymalnym zasięgiem namierzania zaś nazywa się odległość od środka bazy /podstawy namierzania/ do najbardziej oddalonego punktu w obszarze strefy namierzania -  $m_{\max}$ . Jest on proporcjonalny do wielkości bazy namierzania

$$m_{\max} = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} 15^\circ \quad 1.1.19.$$

Strefę namierzania dzieli się na pięć rejonów namierzania, w których błąd liniowy nie przekracza określonej wielkości błędu minimalnego. Błędy liniowe oblicza się z równania dużej osi elipsy dla punktów położonych na prostej prostopadłej do bazy i przechodzącej przez jej środek. Stosunek błędu liniowego w danym rejonie do błędu minimalnego nie powinien przekraczać wartości podanych w tabelce nr 1.

Tabela nr 1

| Nr rejonu                          | 1          | 2        | 3        | 4        | 5        |
|------------------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|
| $\frac{\Delta L}{\Delta L_{\min}}$ | $\leq 1,4$ | $\leq 2$ | $\leq 3$ | $\leq 4$ | $\leq 5$ |

1.1.6. Strefa namierzania radiowego UKF i pokładowych stacji radiolokacyjnych i radionawigacyjnych jest podobnie jak strefa namierzania radiowego KF zbiorem punktów w przestrzeni, dla których błąd liniowy namierzania nie przekracza założonej wartości z zadaniem prawdopodobieństwem, która to przestrzeń jest ponadto ograniczona zasięgiem horyzontu radiowego  $/R_0/$ , określonym dla każdego urządzenia namierzającego z miejsca jego rozmieszczenia. Strefę namierzania radiowego UKF i pokładowych stacji radiolokacyjnych i radionawigacyjnych systemu rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK stanowią strefy namierzania poszczególnych kompanijnych podsystemów namierzania radiowego UKF i pokładowych SRL i RN składających się z 3-4 posterunków namierzania, na których rozwinięte są: namiernik radiowy UKF i stacja rozpoznania pokładowych SRL i RN.

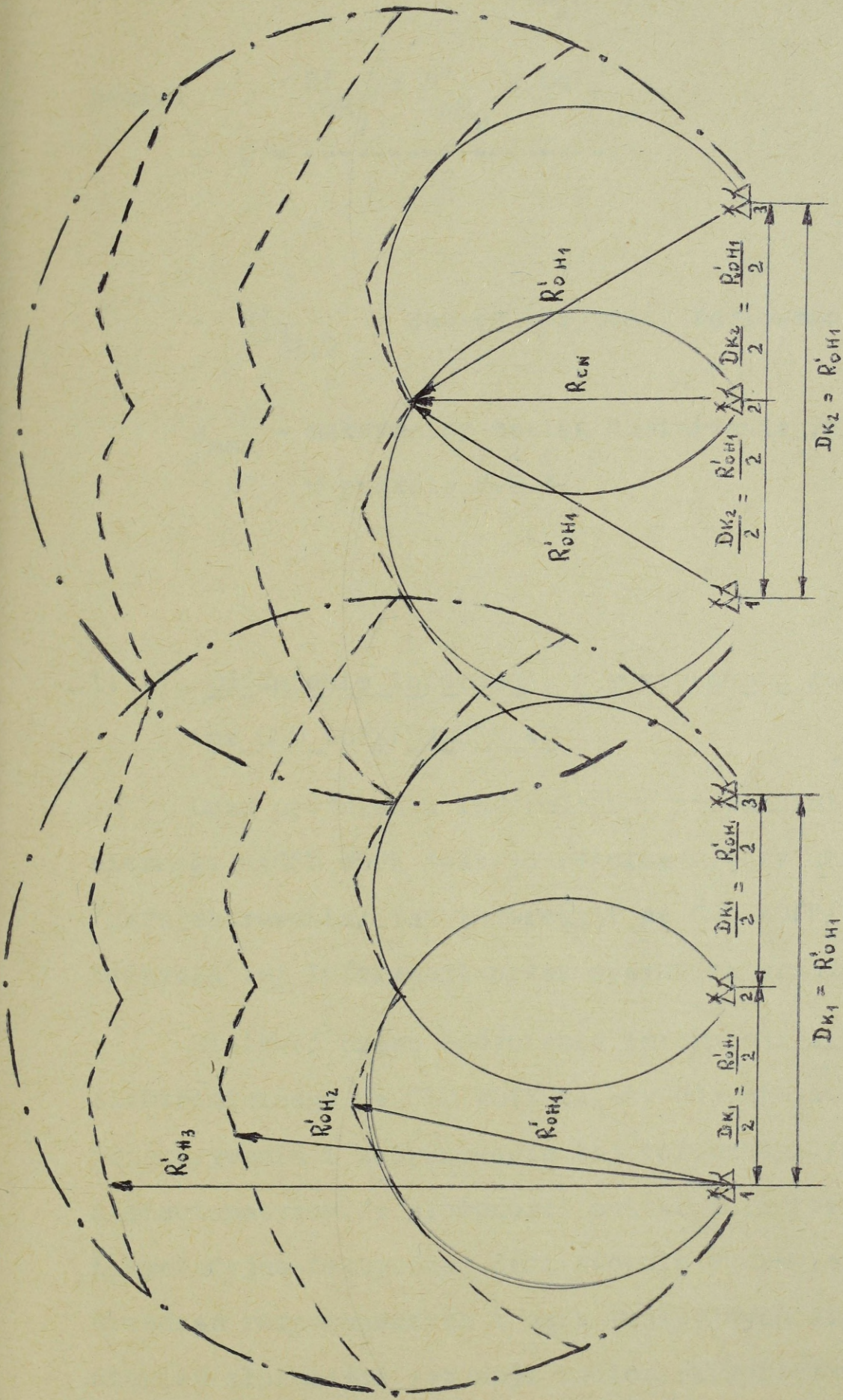
Posterunki namierzania radiowego UKF i pokładowych SRL i RN ugrupowane są w linię, w kierunku rozpoznawanego przeciwnika w jednym rzucie w odstępach między sobą równych połowie zasięgu horyzontu radiowego dla założonej wysokości lotu rozpoznawanych SNP przeciwnika  $// \frac{R_{OH}}{2} //$ . /rys.1.1.4./

Strefę namierzania radiowego UKF i pokładowych SRL określa następująca zależność:

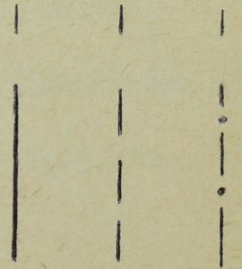
$$S_N = \left\{ \begin{array}{l} m_{\max} \\ R_{CN} \end{array} \right\} \quad 1.1.20.$$

gdzie:

$R_{CN}$  - odległość do ciągłej rubieży strefy namierzania radiowego UKF i pokładowych SRL



Rus 1.1.4. Słrepa namierzawia radiowego UKF i pokiadowydki SRL



$$R_{CN} = \frac{2 \sqrt{p/p-R'_{OH_1} / /p-R'_{OH_2} / /p-D_k /}}{D_k} \quad 1.1.21.$$

gdzie:

$$p = \frac{R'_{OH_1} + R'_{OH_2} + D_k}{2}$$

-  $R'_{OH_{1,2}}$  - zasięg horyzontu radiowego

$m_{max}$  - maksymalny zasięg namierzania /określany jak  
w punkcie 1.1.5  
2.2.3./

### 1.1.7. Opóźnienie informacji o rozpoznaniu radioelektronicznym na CSD WOPK/SKJSRR WP

Czas opóźnienia informacji z rozpoznania radioelektronicznego na CSD WOPK jest to różnica między czasem zobrazowania /zarejestrowania/ tej informacji na CSD WOPK/SK JSRR WP, a czasem zdobycia tej informacji przez operatora urządzenia rozpoznawczego.

Wielkość czasu opóźnienia informacji z rozpoznania radioelektronicznego na CSD WOPK zależy od: miejsca zdobycia, sposobu przekazywania i zobrazowania tej informacji /zautomatyzow. niezautomatyzow./; złożoności sytuacji radioelektronicznej i operacyjno-taktycznej oraz stopnia wykszolenia operatorów urządzeń rozpoznawczych i osób funkcyjnych stanowisk dowodzenia. Stopień złożoności sytuacji radioelektronicznej i operacyjno-

taktycznej wywiera wpływ na czas analizy zdobytych danych i ich opracowanie.

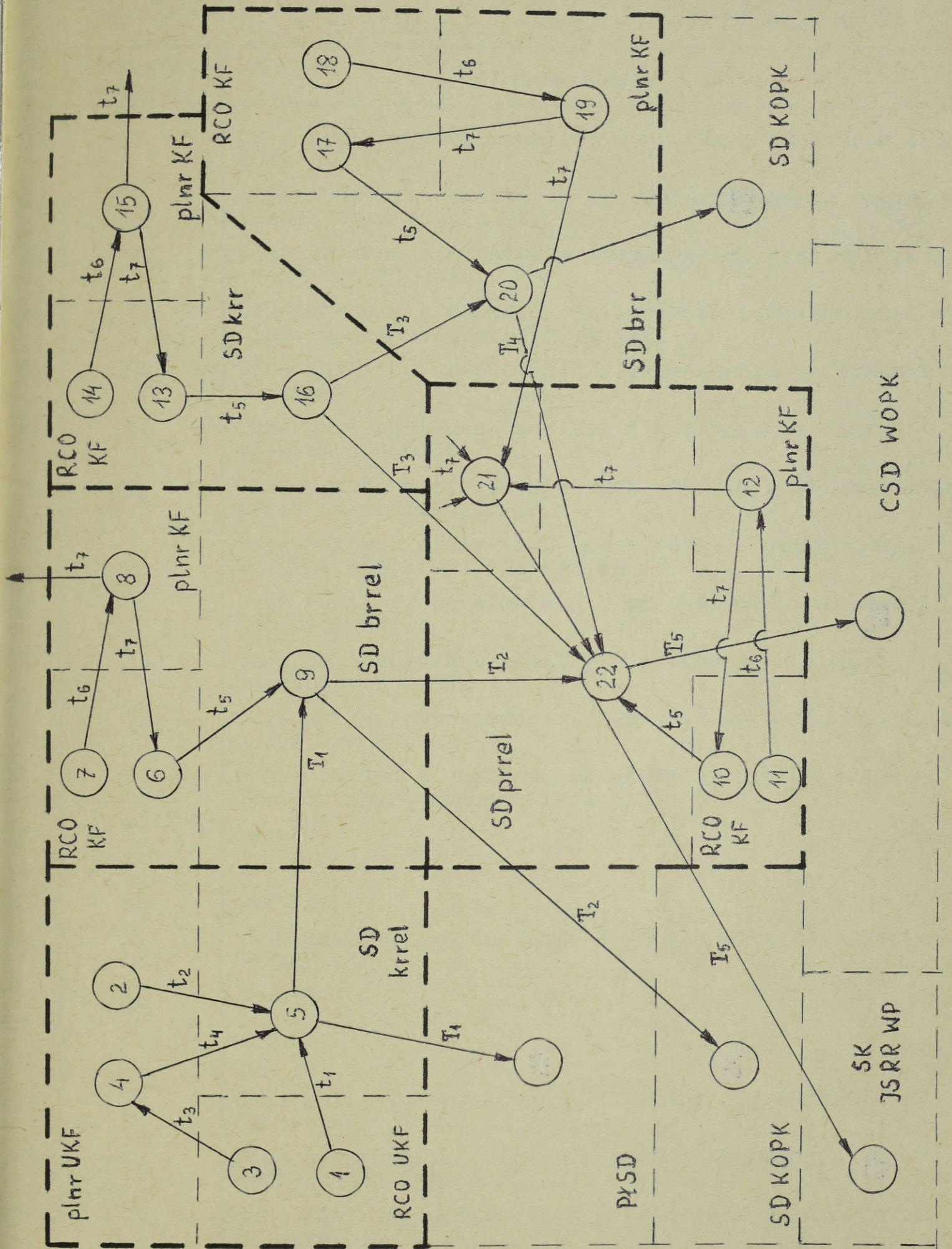
Czas ten zależy od wielu czynników, między innymi od: liczby jednocześnie pracujących relacji łączności radiowej KF i UKF, liczby jednocześnie pracujących pokładowych urządzeń radiolokacyjnych i radionawigacyjnych, charakteru pracy tych źródeł rozpoznania, ilości ŚNP przeciwnika, kierunku, prędkości i wysokości ich lotu, stosowanych zakłóceń radioelektronicznych.

W systemie rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK zdobywanie, przekazywanie i zobrazowanie informacji odbywa się sposobem nieautomatyzowanym. W niektórych elementach tego systemu /namierzenia radiowego KF, rozpoznania pokładowych SRL/ planuje się lub już rozpoczęto automatyzację procesów ich funkcjonowania.

Wielkość czasu opóźnienia <sup>informacji</sup> z rozpoznania radioelektronicznego na CSD WOPK/SK JSRR WP możemy określić na podstawie rysunku nr 1.1.5.

Z powyższego rysunku wynika, że czas opóźnienia informacji z RRe zależy od: czasu analizy i przekazywania danych przez operatorów urządzeń rozpoznawczych oraz czasu analizy, opracowania i przekazywania informacji przez osoby funkcyjne stanowiska dowodzenia poszczególnych szczebli  $/T_{1,2,\dots,n}/$

Wykaz składowych czasów opóźnienia informacji przedstawia tabela nr 2.



Rus. 1.1.5 Schemat obiegu informacji w SRReDPK

Tabela nr 2

| Lp. | Oznaczenia czasów | Nazwa czasów  |
|-----|-------------------|---|
| 1.  | $t_1$             | Czas przechwycenia analizy i przekazania danych operatora RCO UKF.                                  |
| 2.  | $t_2$             | Czas wykrycia, analizy i przekazania danych operatora stacji rozpoznania SRL.                       |
| 3.  | $t_3$             | Czas przekazania zadania /komendy/ do namierzania przez operatora RCO UKF.                          |
| 4.  | $t_4$             | Czas dokonania namiaru, opracowania i przekazania wyników operatora namiernika UKF.                 |
| 5.  | $T_1$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD krrel UKF.                                    |
| 6.  | $t_5$             | Czas przechwycenia, analizy i przekazania danych operatora RCO KF.                                  |
| 7.  | $t_6$             | Czas przekazania zadania /komendy/ do <sup>namierzania</sup> rozmieszczenia przez operatora RCO KF. |
| 8.  | $t_7$             | Czas wykonania namiaru, opracowania i przekazania wyników operatora namiernika KF.                  |
| 9.  | $T_2$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD brrel UKF.                                    |
| 10. | $t_5$             | Czas przechwycenia, analizy i przekazania danych operatora RCO KF.                                  |
| 11. | $t_6$             | Czas przekazania zadania /komendy/ do namierzania przez operatora RCO KF.                           |
| 12. | $t_7$             | Czas wykonania namiaru, opracowania i przekazania wyników operatora namiernika KF.                  |
| 13. | $t_5$             | jak 10  |
| 14. | $t_6$             | jak 11  |
| 15. | $t_7$             | jak 12  |
| 16. | $T_3$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD krr KF.                                       |
| 17. | $t_5$             | jak 13  |
| 18. | $t_6$             | jak 14  |
| 19. | $t_7$             | jak 15  |
| 20. | $T_4$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD brr KF.                                       |
| 21. | $t_8$             | Czas opracowania, przekazania i zobrazowania wyników namierzania SKN prrel.                         |
| 22. | $T_5$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD prrel.  |

Zgodnie z rysunkiem 1.1.5 czas opóźnienia informacji z rozpoznania radioelektronicznego na CSD WOPK, której źródłem /miejscem zdobycia/ jest RCO UKF krrel określa<sup>m</sup> z zależności:

$$T_J = t_1 + t_3 + t_4 + T_1 + T_2 + T_5 \quad 1.1.22.$$

Czas opóźnienia informacji rozpoznawczej na CSD WOPK, której źródłem jest stacja rozpoznania pokładowych SRL określamy z zależności:

$$T_J = t_2 + T_1 + T_2 + T_5 \quad 1.1.23.$$

Jeżeli źródłem informacji rozpoznawczej jest RCO KF brrel, krr lub brr, to czas opóźnienia tej informacji na CSD WOPK określamy z zależności:

$$T_J = t_5 + t_6 + t_7 + T_{2/3 \text{ lub } 4} + t_8 + T_5 \quad 1.1.24.$$

Natomiast w przypadku, gdy źródłem informacji rozpoznawczej jest RCO KF prrel, czas opóźnienia tej informacji na CSD WOPK określamy z zależności:

$$T_J = t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + T_5 \quad 1.1.25.$$

We wszystkich przypadkach wartość  $T_J$  oznacza maksymalny czas, jaki może osiągnąć opóźnienie informacji z rozpoznania radioelektronicznego na CSD WOPK/SK JSRR WP.

Uśrednione wartości czasów przechwycania, analizy i przekazania danych rozpoznawczych operatorów urządzeń rozpoznania radioelektronicznego /od  $t_1$  do  $t_7$ / oraz wartości czasów analizy, opracowania i przekazania informacji poszczególnych stanowisk dowodzenia SRRe OPK /od  $T_1$  do  $T_5$  i  $t_8$ / zostały określone doświadczalnie w czasie ćwiczeń organizowanych w SZ państw NATO pk "AUTUMN FORGE",

"ABLE ARCHER", "WINTEX-CIMEX" na przestrzeni ostatnich kilku lat oraz w czasie ćwiczeń organizowanych przez dowództwo i sztab ZSZ UW pk "GRANIT-86" i dowództwo wojsk OPK pk "TAPIR-86".

Wartości te przedstawione są w tabeli nr 3.

Tabela nr 3

| Lp. | Oznaczenie czasów | Nazwa czasów  | Wartości czasów |
|-----|-------------------|---|-----------------|
| 1.  | $t_1$             | Czas przechwycenia, analizy i przekazania danych operatora RCO UKF.                 |                 |
| 2.  | $t_2$             | Czas wykrycia, analizy i przekazania danych operatora stacji rozpoznania SRL.       |                 |
| 3.  | $t_3$             | Czas przekazania komendy do namierzenia przez operatora RCO UKF.                    |                 |
| 4.  | $t_4$             | Czas dokonania namiaru, opracowania i przekazania wyników operatora namiernika UKF. |                 |
| 5.  | $t_5$             | Czas przechwycenia, analizy i przekazania danych operatora RCO KF.                  |                 |
| 6.  | $t_6$             | Czas przekazania komendy do namierzenia przez operatora RCO KF.                     |                 |
| 7.  | $t_7$             | Czas wykonania namiaru, opracowania i przekazania wyników operatora namiernika KF.  |                 |
| 8.  | $t_8$             | Czas opracowania i zobrazowania wyników namierzenia SKN pułku.                      |                 |
| 9.  | $T_1$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD krrel UKF.                    |                 |
| 10. | $T_2$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD brrel UKF.                    |                 |
| 11. | $T_3$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD krr KF.                       |                 |
| 12. | $T_4$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD brr KF.                       |                 |
| 13. | $T_5$             | Czas analizy, opracowania i przekazania informacji SD prrel.                        |                 |

1.1.8. Wykrywanie pracujących źródeł rozpoznania radioelektronicznego / $\dot{Z}_{Re}$ /

Aby było możliwe wykrycie pracujących  $\dot{Z}_{Re}$ , muszą być spełnione następujące warunki:

1.  $\dot{Z}_{Re}$  musi znaleźć się w strefie nasłuchu radiowego KF lub UKF albo rozpoznania pokładowych SRL /strefie wykrywania r/elektron/.

2. Odbiornik urządzenia rozpoznawczego /UR/ powinien być nastrojony na częstotliwość pracy /nośną/  $f_s$  źródła rozpoznania radioelektronicznego z odpowiednią dokładnością /warunek częstotliwościowy/:

$$f_r - \frac{\Delta f}{2} \ll f_s \ll f_r + \frac{\Delta f}{2}; \text{ czyli } |f_s - f_r| \ll \frac{\Delta f}{2}$$

gdzie:

$\Delta f$  - szerokość pasma przepuszczania części liniowej w przypadku odbiorników przestrajanych lub szerokość pasma wejściowego w przypadku odbiorników nieprzestrajanych;

$f_r$  - częstotliwość, na którą jest nastrojony odbiornik lub częstotliwość środkowa pasma wejściowego.

3. Powinno nastąpić spotkanie charakterystyk kierunkowych anten  $\dot{Z}_{Re}$  i UR. /warunek przestrzenny/.

4. W czasie spotkania charakterystyk kierunkowych anten, UR powinno odebrać sygnał o czasie występowania  $t_s$  /przebywania w odbiorniku/ nie mniejszym od zadanego czasu  $t_z$  /warunek czasowy/

$$t_s \geq t_z$$

Ostatni warunek jest związany z właściwościami działania stopni końcowych /wskaźnikowych/ UR - szczególnie stacji POST-3M.

Występujące tam układy progowe potrzebują od kilku do kilkunastu impulsów, których energia łączna /po scałkowaniu/ umożliwia osiągnięcie efektu wykrycia sygnału tj. przekroczenia ustalonego poziomu energetycznego. Tak więc wykrycie  $\dot{Z}_{Re}$  składa się z wykrycia w częstotliwości i w kierunku.

Sprawdzenie, czy  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w strefie nasłuchu radiowego KF lub UKF albo rozpoznania pokładowych SRL należy wykonać w stosunku do wszystkich urządzeń rozpoznawczych, które <sup>54</sup> w gotowości bojowej nr 1. Podstawowym źródłem informacji w SRRe OPK są stanowiska nasłuchu radiowego KF i UKF wyposażone w różnego rodzaju odbiorniki radiowe. Informacje uzyskane przez RCO KF i UKF uzupełniane są danymi z namierzania radiowego KF i UKF oraz rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych. W związku z tym sprawdzenie, czy  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w strefie rozpoznania należy wykonać w pierwszej kolejności w stosunku do urządzeń odbiorczych rozwiniętych w RCO KF lub UKF.

A. Sprawdzenie, czy  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w strefie nasłuchu radiowego KF. Sprawdzenie to wykonujemy w **stosunku** do wszystkich odbiorników KF rozwiniętych w **RCO** KF i będących w gotowości bojowej nr 1.

$\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w strefie nasłuchu radiowego KF wtedy, gdy natężenie pola sygnału tego źródła /rozpoznawanej radiostacji przeciwnika/ w punkcie odbioru  $/E_s/$  będzie większe od iloczynu natężenia pola zakłóceń w tym punkcie  $/E_z/$  i wartości współczynnika ochrony  $/K/$  lub jemu równe.

$$E_s \geq E_z \cdot K$$

Wielkość  $E_s, E_z, K$  określane są zależnościami ~~2.3, 2.4, 2.8, 2.9~~ <sup>1.1.3 do 1.1.9a</sup>.  
Jeżeli powyższy warunek zostanie spełniony dla co najmniej jednego odbiornika radiowego KF, to znaczy, że  $\dot{Z}_{Re}$  jest w strefie nasłuchu radiowego KF.

B. Sprawdzenie, czy  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w strefie nasłuchu radiowego UKF lub rozpoznania pokładowych SRL wykonujemy w stosunku do wszystkich odbiorników UKF rozwiniętych w RCO UKF lub wszystkich stacji rozpoznania pokładowych SRL rozwiniętych w  $SRR_e$  OPK i będących w gotowości bojowej nr 1.

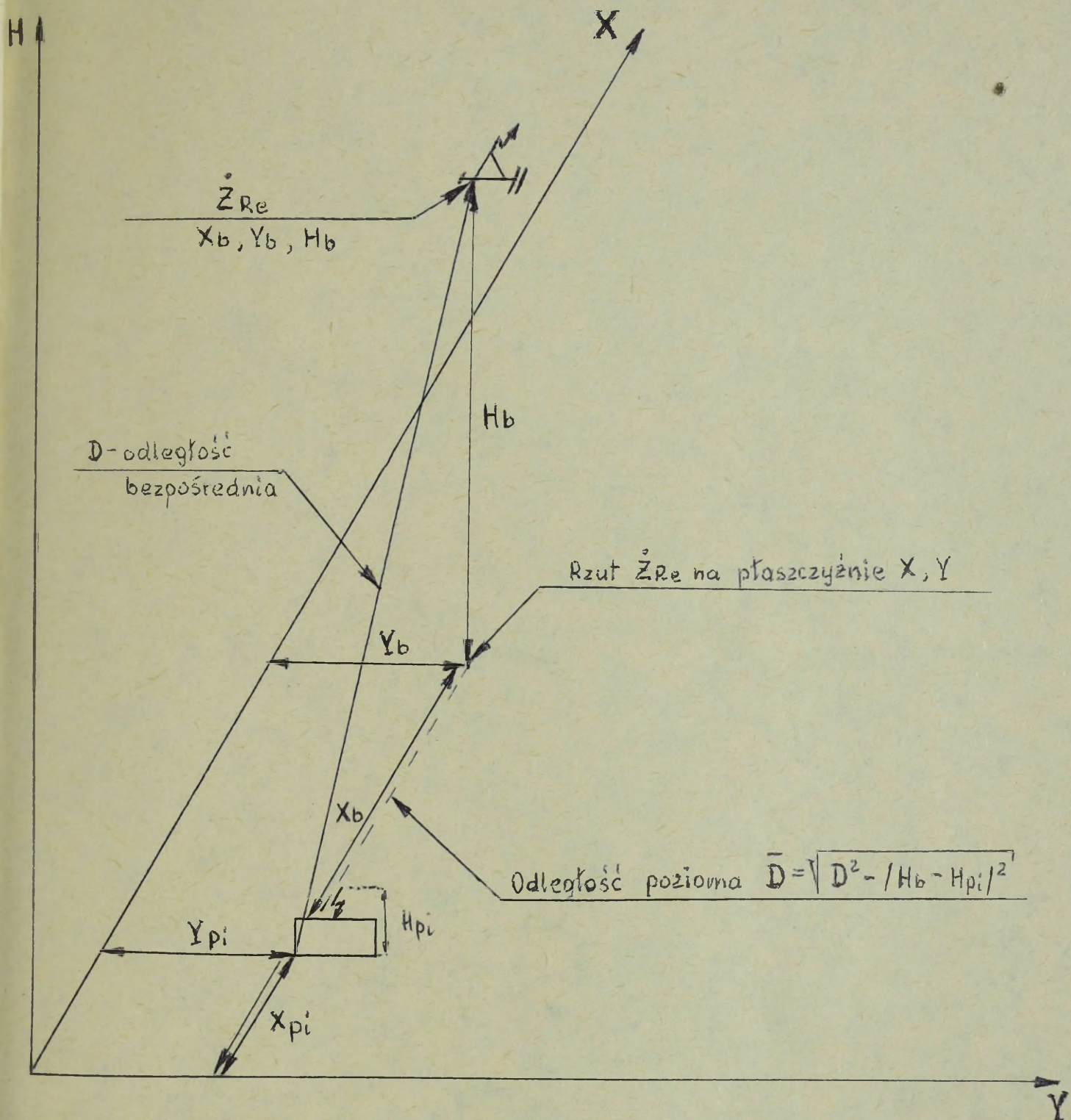
$\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w tej strefie wtedy, gdy odległość bezpośrednia /D/ od tego źródła do UR spełnia nierówność:

$$D < R_{max_t}^o$$

Wielkość  $R_{max_t}^o$  <sup>1.1.10 do 1.1.15</sup> określane jest zależnościami ~~2.10 + 2.15~~, natomiast wielkość  $D^*$  możemy określić według następującej zależności /rys.1.1.6./

$$D = \sqrt{\frac{1}{x_b - x_{pi}}^2 + \frac{1}{y_b - y_{pi}}^2 + \frac{1}{h_b - h_{pi}}^2} \quad 1.1.26.$$

-----  
\*/ Współrzędne /x,y/ UR rozwiniętych na pozycji  $P_i$  równają się współrzędnym danego RCO UKF lub stacji rozpoznania pokładowych SRL /posterunku namierzania radiowego UKF i rozpoznania pokładowych SRL/.



Rys.1.1.6.

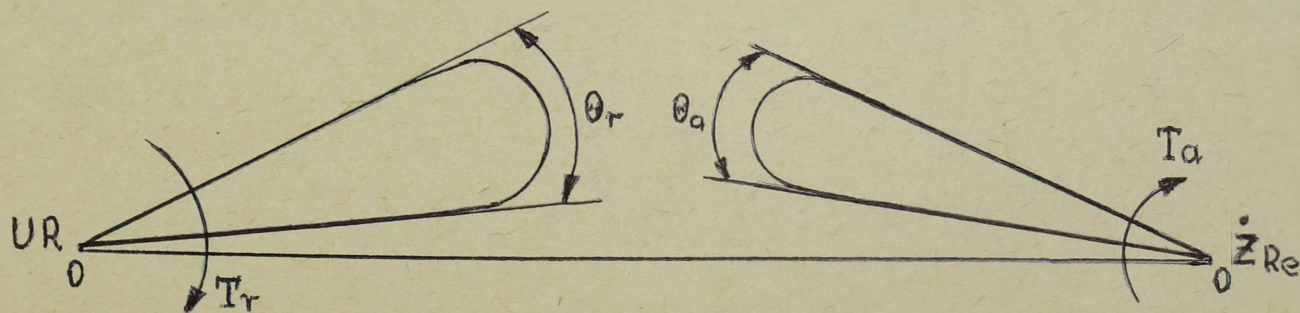
Jeżeli nierówność ~~2.23~~<sup>ta</sup> jest spełniana dla co najmniej jednego odbiornika radiowego UKF lub jednej stacji rozpoznania pokładowych SRL, to znaczy, że  $\dot{Z}_{Re}$  jest w strefie nasłuchu radiowego UKF lub strefie rozpoznania pokładowych SRL.

Wykrywanie  $\dot{Z}_{Re}$  w kierunku ma na celu doprowadzenie do spotkania charakterystyk kierunkowych anten UR i  $\dot{Z}_{Re}$ .

W SRRe OPK wykrywanie pracujących radiostacji KF i UKF przeciwnika / $\dot{Z}_{Re}$ / realizowane jest przez urządzenia rozpoznawcze radiowych centrów odbiorczych wyposażone w anteny odbiorcze o nieruchomej charakterystyce kierunkowej, co zapewnia wykrywanie  $\dot{Z}_{Re}$  w kierunku bez poszukiwania, metodą dookólnego odbioru kierunkowego lub bezkierunkowego. Metody te pozwalają na natychmiastowe wykrycie  $\dot{Z}_{Re}$  w kierunku z prawdopodobieństwem wykrycia  $P_{wk}=1$ . Czas wykrycia  $\dot{Z}_{Re}$  / $t_{wk}$ / jest równy czasowi spotkania charakterystyk anten UR i  $\dot{Z}_{Re}$  / $t_{sp}$ / i czasowi opromieniowania / $T_{op}$ /, gdyż radiostacje KF i UKF przeciwnika -  $\dot{Z}_{Re}$  wyposażone są również w systemy antenowe o nieruchomych charakterystykach kierunkowych, a więc

$$T_{wk} = t_{sp} = t_{op}$$

Natomiast wykrywanie pokładowych SRL przeciwnika / $\dot{Z}_{Re}$ / w SRRe OPK realizowane jest przez UR o ruchomych /obrotowych/ systemach antenowych. Pokładowe systemy radiolokacyjne przeciwnika mają również systemy antenowe o ruchomych charakterystykach kierunkowych. ~~W takiej sytuacji~~ Zatem, w tym podsystemie rozpoznania wykrywanie  $\dot{Z}_{Re}$  w kierunku odbywa się z poszukiwaniem.



Rys.1.1.7. Wykrywanie  $\dot{Z}_{Re}$  w kierunku z poszukiwaniem

W zależności od wzajemnej szybkości obrotów anten UR i  $\dot{Z}_{Re}$  wykrywanie w kierunku będzie:

1/ pewne  $/P_{wk}=1/$

2/ prawdopodobne  $/P_{wk} < 1/$

Prawdopodobieństwo wykrycia  $\dot{Z}_{Re}$  w kierunku można wyrazić wzorem:

$$P_{wk} = P_{sp} \cdot P/t_s \geq t_z/ \quad 1.1.27.$$

gdzie:

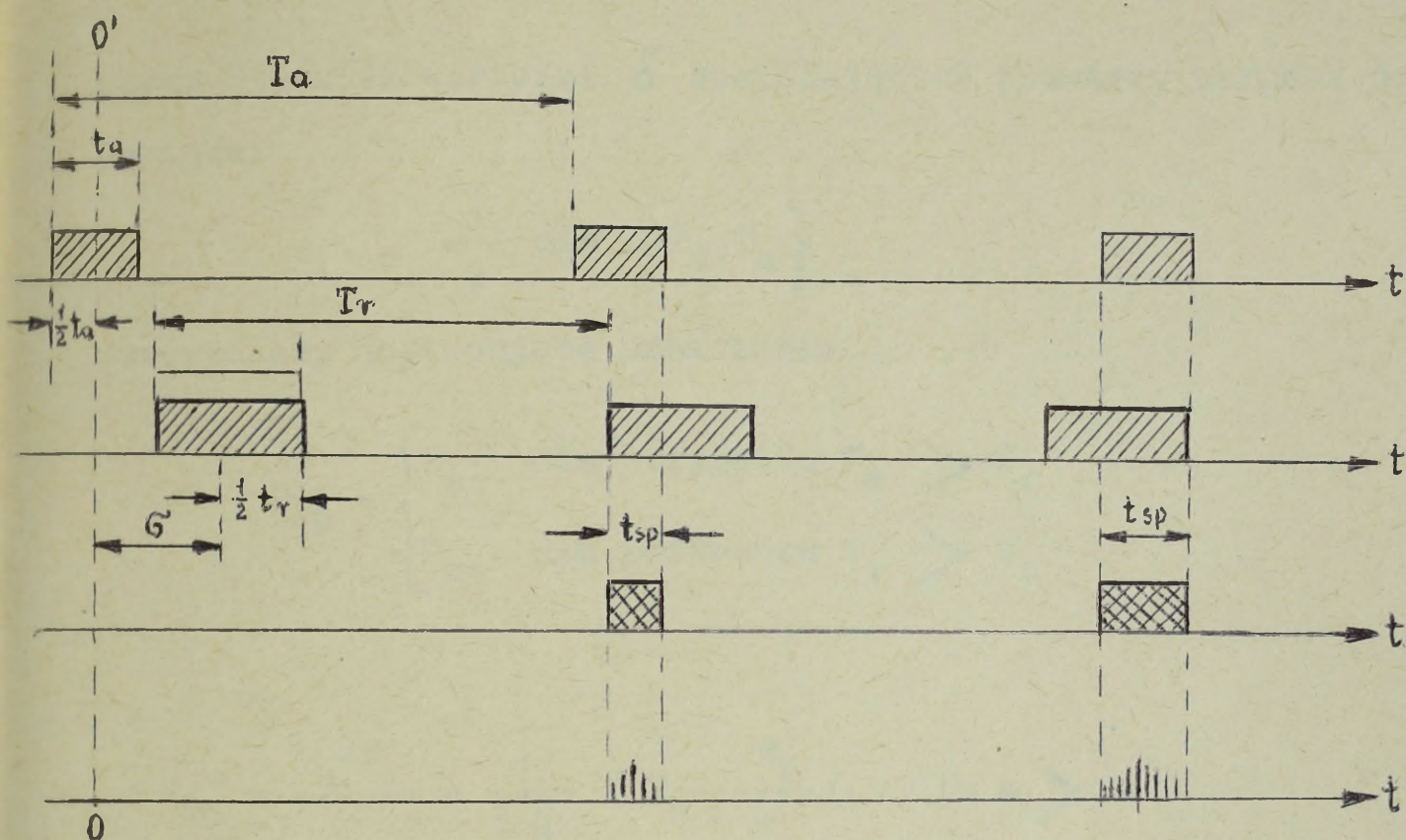
$P_{sp}$  - prawdopodobieństwo spotkania charakterystyk kierunkowych anten UR i  $\dot{Z}_{Re}$  w czasie największego z okresów obrotów tych anten;

$P/t_s \geq t_z/$  - prawdopodobieństwo odbioru sygnału  $\dot{Z}_{Re}$  w czasie przebywania /trwania/ w odbiorniku nie mniejszym od zadanego /w czasie spotkania charakterystyk kierunkowych anten/.

Zakładając, że  $P/t_s \geq t_z/=1$  prawdopodobieństwo  $P_{sp}$  można wyznaczyć w oparciu o rys.1.1.8, gdzie  $t_a$  oznacza czas opromieniowania obiektu punktowego przez  $\dot{Z}_{Re}$ , natomiast  $t_v$  jest czasem możliwego odbioru sygnału od  $\dot{Z}_{Re}$  przez UR, przy czym

$$t_a = \frac{Q_a}{2\pi} T_a \quad ; \quad t_v = \frac{Q_v}{2\pi} T_v \quad 1.1.28, 29$$

Czasem spotkania  $t_{sp}$  nazywany jest czas, w ciągu którego zachodzi jednoczesne przecięcie linii  $00'$  przez obie charakterystyki antenowe.



Rys.1.1.8. Diagramy czasowe przy odbiorze przez UR sygnałów wypromieniowanych przez  $Z_{Re}$

Jak widać z rys.1.1.8. czas spotkania  $/t_{sp}/$  nie jest stały i zmienia się okresowo. Zmiany te mają charakter przypadkowy, ponieważ ciosowe jest wzajemne położenie środków przedziałów czasu  $t_a$  i  $t_r$  na osi czasu. Należy zaznaczyć, że fazy ciągów wielkości  $t_a$  i  $t_r$  /określane położeniem środków przedziałów  $t_a$  i  $t_r$ / są wzajemnie niezależne.

Spotkanie charakterystyk kierunkowych nastąpi tylko wtedy, gdy wartości różnic czasowych  $\delta$  będą spełniały warunek

$$-\frac{t_a+t_r}{2} \leq \delta \leq \frac{t_a+t_r}{2}, \text{ tzn. } |\delta| \leq \frac{t_a+t_r}{2} \quad 1.1.30.$$

Prawdopodobieństwo spotkania charakterystyk kierunkowych anten w czasie największego z okresów obrotów anten jest określone

przez stosunek wartości  $\delta$  spełniających powyższy warunek do wartości

$$\frac{1}{2} \min \{T_r, T_a\}$$

wprowadzamy następujące oznaczenia:

$$P_{sp} = \begin{cases} P_{ar} & \text{dla przypadku } T_a > T_r \\ P_{ra} & \text{dla przypadku } T_r > T_a \end{cases}$$

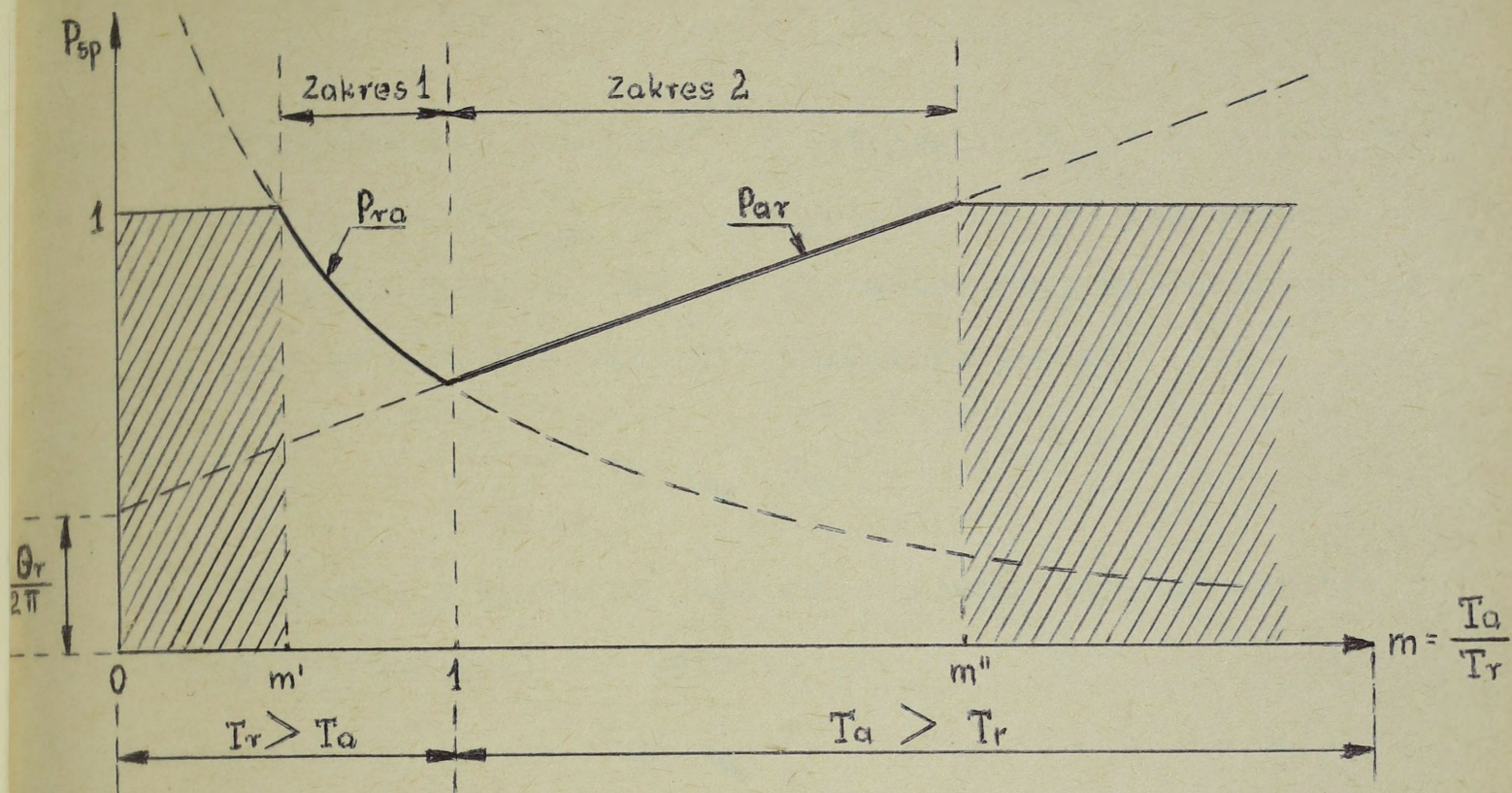
$$P_{ra} = \frac{t_a + t_r}{T_a} = \frac{1}{2\pi} / \left( \frac{Q_a}{m} + \frac{Q_r}{m} \right) \quad \text{dla } m \geq m'$$

$$P_{ar} = \frac{t_a + t_r}{T_r} = \frac{1}{2\pi} / \left( Q_a \cdot m + Q_r \right) \quad \text{dla } m \leq m'' \quad 1.1.31.$$

gdzie:

$$m = \frac{T_a}{T_r}; \quad m' = \frac{Q_r}{2\pi - Q_a}; \quad m'' = \frac{2\pi - Q_r}{Q_a} \quad 1.1.32.$$

W zależności od konkretnych wartości parametru  $m$ , przy ustalonych wartościach  $Q_a$  i  $Q_r$  poszukiwanie może przybierać różny charakter, ponieważ  $P_{sp}$  w bardzo istotny sposób zależy od wartości  $m$  /rys. 9/.



Rys.1.1.9. Wykres zmienności prawdopodobieństw  $P_{sp}$  w funkcji zmiennej  $m$

Jak widać z rys. 1.1.9 dla niektórych wartości  $m$  poszukiwanie jest pewne /obszary zakreślone/, natomiast dla pozostałych wartości ma charakter prawdopodobny:

$$P_{sp}=1 \quad \text{dla} \quad 0 \leq m \leq m' \quad \text{lub} \quad m \geq m''$$

$$P_{sp}=1 \quad \text{dla} \quad m' < m < m''$$

Urządzenia rozpoznawcze mają możliwość zmiany szybkości obrotów anteny. W zależności od szybkości obrotów anteny UR w odniesieniu do szybkości obrotów anteny  $\dot{Z}_{Re}$ , rozróżnia się następujące metody poszukiwania:

a/ powolne }  
b/ szybkie } poszukiwania pewne

c/ z prędkością średnią - poszukiwanie prawdopodobne

Przy poszukiwaniu powolnym<sup>\*</sup>/  $P_{wk}=1$  jeżeli  $P_{sp}=1$  oraz  $P/t_s \geq t_z/=1$ .  
 Zakładając, że  $P/t_s \geq t_z/=1$ ,  $P_{sp}=1$ , tzn.  $P_{ra}=1$  dla wartości  $m \leq m'$   
 Warunek pewnego spotkania się charakterystyk kierunkowych anten  
 dla tego sposobu poszukiwania przybiera postać:

$$T_a \leq t_r$$

Czas wykrycia w kierunku jest uwarunkowany okresem obrotów  
 anteny, obracającej się wolniej

$$t_{wk} \leq T_r$$

Czas spotkania charakterystyk kierunkowych jest uwarunkowany  
 anteną obracającą się szybciej. Czas ten można więc określić  
 w przybliżeniu czasem opromieniowania, tzn.

$$t_{sp} \approx t_a$$

Dla poszukiwania szybkiego<sup>\*\*</sup>/  $P_{sp}=1$ , a ściślej  $P_{ar}=1$  dla  $m \geq m'$ ,  
 Warunek pewnego spotkania się charakterystyk kierunkowych anten  
 UR i  $\dot{Z}_{Re}$  dla tego sposobu poszukiwania przybiera postać

$$T_r < t_a$$

-----  
<sup>\*</sup>/ Poszukiwaniem powolnym w kierunku nazywamy takie poszukiwanie,  
 przy którym w czasie obrotu anteny UR o kąt równy szerokości  
 listka głównego  $Q_r$  jej charakterystyki kierunkowej, antena  $\dot{Z}_{Re}$   
 wykona przynajmniej jeden obrót /pełny/, a zatem

$$n_r \leq \frac{Q_r}{2 \cdot \pi} \cdot n_a \quad \text{gdzie} \quad n_r = \frac{60}{T_r}, \quad n_a = \frac{60}{T_a} \quad [\text{obr/min}]$$

<sup>\*\*</sup>/ Poszukiwaniem szybkim w kierunku nazywamy takie poszukiwanie,  
 przy którym w czasie obrotu anteny  $\dot{Z}_{Re}$  o kąt równy szerokości  
 listka głównego  $Q_a$  jej charakterystyki kierunkowej, antena UR  
 wykona przynajmniej jeden obrót, a zatem

$$n_r \geq \frac{2 \cdot \pi}{Q_a} \cdot n_a$$

Czas wykrywania w kierunku jest uwarunkowany okresem obrotów anteny  $\dot{Z}_{Re}$

$$t_{wk} \leq T_a$$

Czas spotkania charakterystyk kierunkowych

$$t_{sp} \approx t_r$$

W przypadku poszukiwania z prędkością średnią spotkanie charakterystyk kierunkowych w czasie jednego obrotu anteny UR lub  $\dot{Z}_{Re}$  ma charakter prawdopodobny. Dla tego rodzaju poszukiwania parametr  $m$  zawiera się w przedziale

$$m' < m < m'$$

przy czym przedział ten można podzielić na dwa podprzedziały:

$$1/ \text{zakres 1} \quad \text{dla} \quad m' < m \leq 1$$

$$2/ \text{zakres 2} \quad \text{dla} \quad 1 \leq m < m''$$

W zakresie pierwszym prawdopodobieństwo spotkania charakterystyk kierunkowych dla  $k$  obrotów anteny UR określamy zależnością:

$$P_k^{/ra/} = 1 - /1 - P_{ra/}^k$$

ponieważ  $P_{ra}$  jest równa prawdopodobieństwu spotkania charakterystyk kierunkowych w czasie jednego obrotu anteny UR.

Liczbę obrotów  $k$  anteny UR zapewniającą zadane minimalne prawdopodobieństwo  $P$  spotkania charakterystyk kierunkowych, tj. dla

$P_k^{/ra/} \geq P$  można określić ze wzoru

$$k \geq \frac{\lg /1 - P/}{\lg /1 - P_{ra/}} \quad 1.1.33.$$

Czas wykrycia w kierunku jest w tym przypadku określany zależnością:

$$t_{wk} = k' T_r$$

gdzie:

$$k' = \left[ \frac{\lg /1-P/}{\lg /1-P_{ra}/} \right] + 1 \quad 1.1.34.$$

W zakresie drugim prawdopodobieństwo spotkania charakterystyk kierunkowych po k obrotach anteny UR ma postać:

$$P_k^{ar/} = 1 - /1-P_{ar}/^k \quad 1.1.35.$$

i odpowiednio czas wykrycia będzie

$$t_{wk} = k'' T_a$$

gdzie:

$$k'' = \left[ \frac{\lg /1 - P/}{\lg /1 - P_{ar}/} \right] + 1 \quad 1.1.36.$$

Przy określaniu  $P_{sp}$  zakładaliśmy, że  $P/t_s \geq t_z/ = 1$ . Niespełnienie warunku  $t_s \geq t_z$  prowadzi do wykrycia prawdopodobnego.

Ponieważ odbiór sygnału jest realizowany w czasie spotkania charakterystyk kierunkowych UR i  $\dot{Z}_{Re}$ , więc warunek  $t_s \geq t_z$  będzie spełniony, jeżeli  $t_{sp} \geq t_z$ .

Prawdopodobieństwo  $P/t_{sp} \geq t_z/$  będzie równe stosunkowi wartości  $\xi$  spełniającej warunek  $t_{sp} \geq t_z$ , do wszystkich możliwych wartości  $\xi$  tzn.

$$P/t_{sp} \geq t_z/ = \frac{\frac{t_a + t_r}{2} - t_z}{\frac{t_a + t_r}{2}} = 1 - \frac{2 t_z}{t_a + t_r} \quad 1.1.37.$$

Wykrywanie  $\dot{Z}_{Re}$  w częstotliwości ma na celu dostrojenie UR do częstotliwości pracy  $\dot{Z}_{Re}$  i określenie tej częstotliwości z wymaganą dokładnością:

W SRRe OPK wykrywanie  $\dot{Z}_{Re}$  w częstotliwości realizowane jest następującymi metodami:

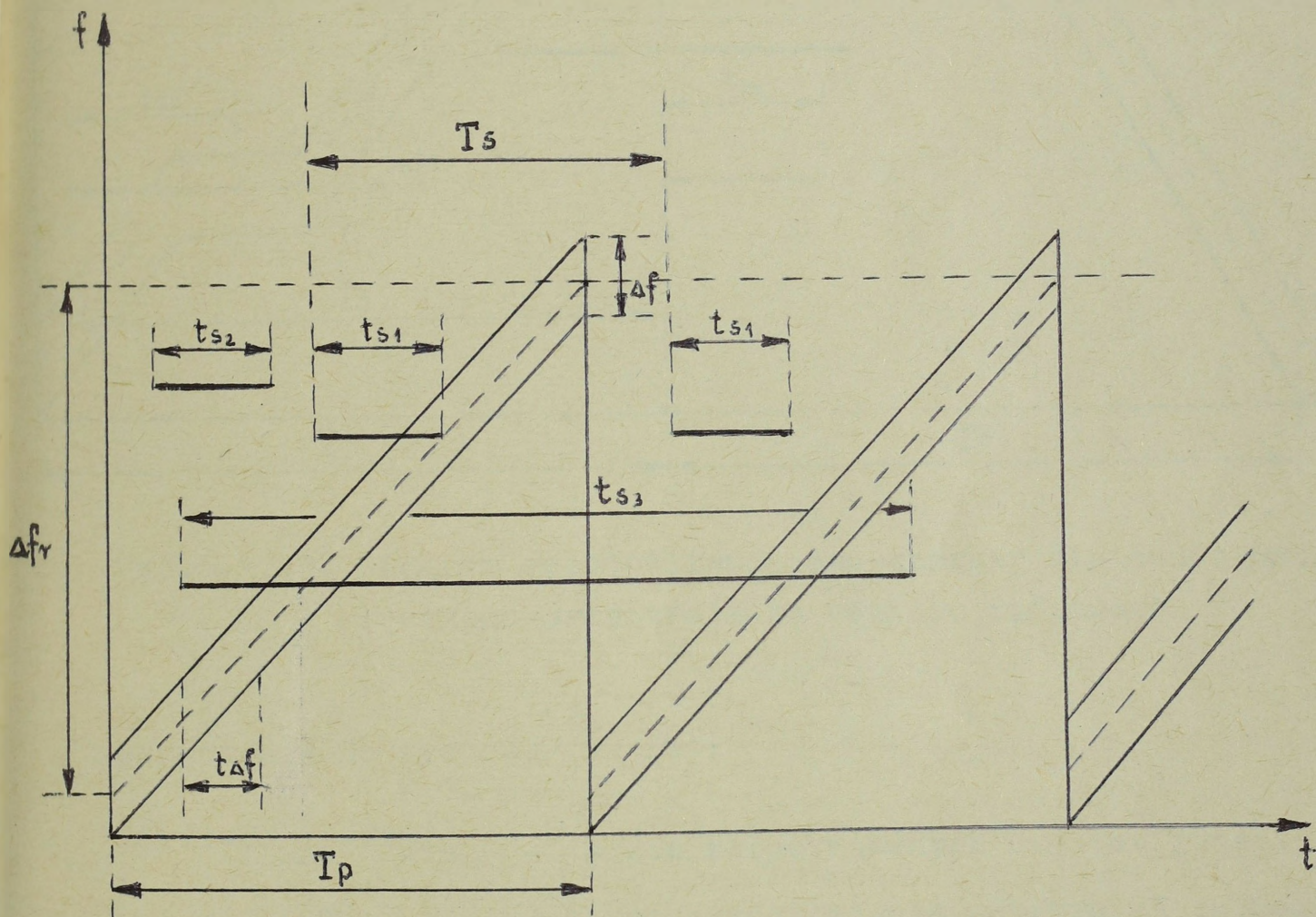
a/ bez poszukiwania - przez podsystem rozpoznania pokładowych SRL - rozpoznanie prowadzi się jednocześnie na wszystkich podzakresach roboczego zakresu częstotliwości urządzeń odbiorczych /wielokanałowych/;

b/ z poszukiwaniem - przez podsystem nasłuchu radiowego KF i UKF - z wykorzystaniem tzw. odbiorników panoramicznych przestrajanym elektronicznie /np. WP-3Mb w zakresie UKF/ lub odbiorników radiowych KF i UKF przestrojonych ręcznie. Przy rozpatrywaniu tych metod zakłada się, że wykrycie  $\dot{Z}_{Re}$  w kierunku zostało już dokonane i antena UR jest skierowana w jego stronę.

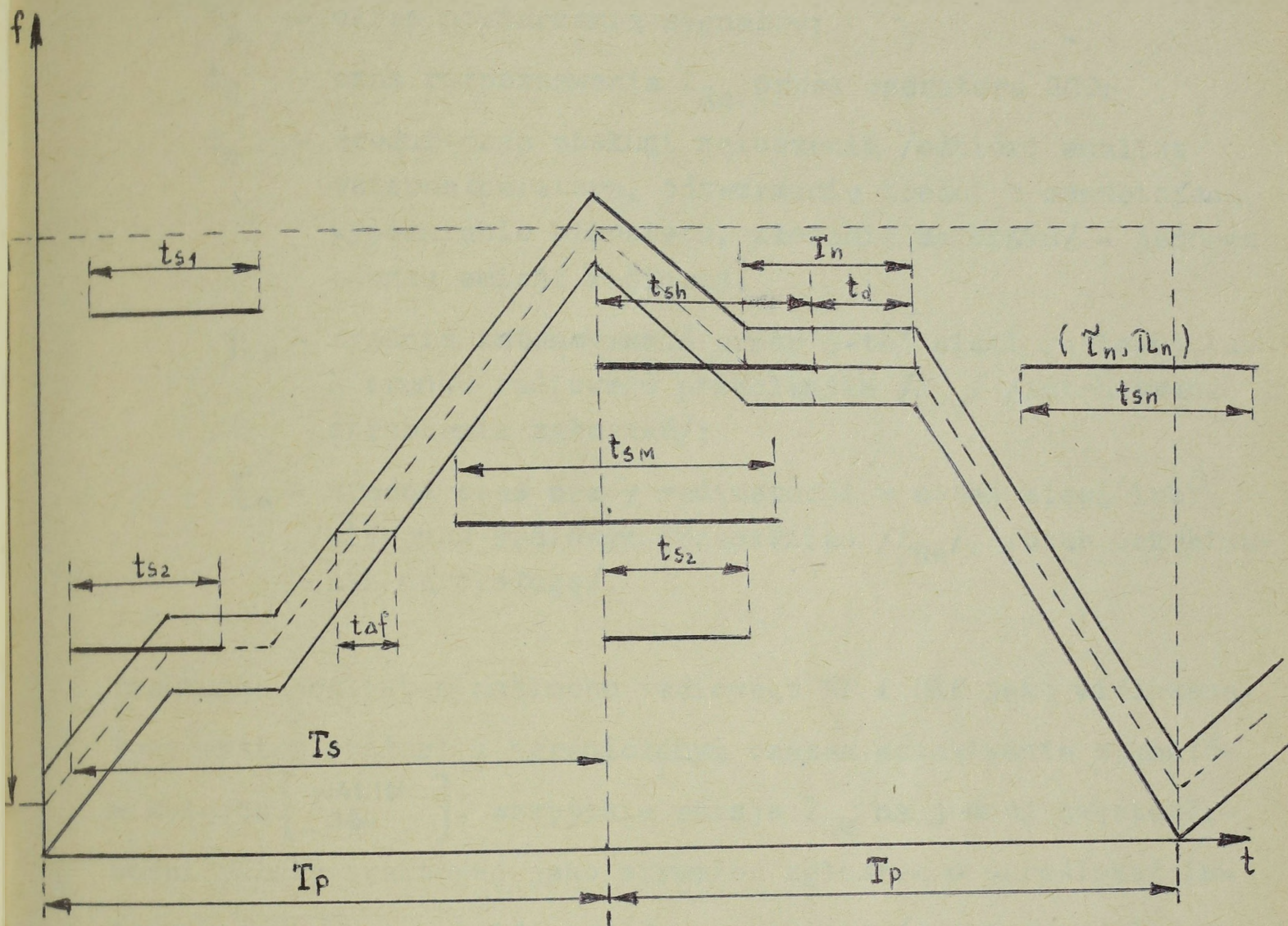
Metody bez poszukiwania pozwalają na praktycznie natychmiastowe wykrycie sygnału i określenie jego częstotliwości z prawdopodobieństwem wykrycia w częstotliwości  $P_{wcz}=1$ . Są to więc metody wykrycia pewnego. Podstawą tych metod jest wykorzystanie szerokopasmowych odbiorników nieprzestranych, umożliwiających jednoczesny odbiór sygnałów w całym zakresie rozpoznawanych częstotliwości.

Metody z poszukiwaniem realizowane są za pomocą odbiorników superheterodynowych KF i UKF przestrajanym w zakresie rozpoznawanych częstotliwości /paśmie poszukiwania/ o szerokości  $\Delta$  fr.

Przy przeszukiwaniu zakresu fal UKF z wykorzystaniem odbiorników panoramicznych UP-3MB stosowane jest przestrajanie elektroniczne, jednostronne z szybkim powrotem jałowym /zob.rys.<sup>1.1.</sup>10/. Natomiast poszukiwanie w zakresie KF i UKF z wykorzystaniem odbiorników radiowych przestrajanych ręcznie realizowane jest metodą przestrajania dwustronnego /zob.rys.<sup>1.1.</sup>11/.



Rys.1.1.10. Diagram częstotliwościowo-czasowy dla jednostronnego, elektronicznego przestrajania odbiornika radiowego



Rys.1.1.11. Diagram częstotliwościowo-czasowy dla dwustronnego, ręcznego przestrajania odbioru radiowego

Oznaczenia do rysunków <sup>11</sup>10 i 11:

- $\Delta f_r = f_{r_{\max}} - f_{r_{\min}}$  - zakres rozpoznawanych częstotliwości;
- $T_p$  - okres przestrajania odbiornika radiowego w zakresie  $\Delta f_r$ ;
- $\Delta f$  - szerokość pasma przenoszenia odbiornika;
- $t \Delta f$  - czas przestrajania odbiornika o szerokość jego pasma przenoszenia;
- $t_{s_{1\dots m, n}}$  - czas trwania sygnału /emisji/ od  $Z_{Re}$ ;

- $T_s$  - okres powtarzania sygnałów;  
 $t_d$  - czas rozpoznawania  $\dot{Z}_{Re}$  przez operatora RCO;  
 $T_n$  - średni czas obsługi zgłoszenia /odbiór, analiza wstępna operatora, odtworzenie treści z magnetofonu, wypełnienie blankietu, złożenie meldunku/ - jednego seansu emisji radiowej;  
 $\mathcal{N}_n$  - średnia intensywność pracy n-tej sieci radiowej lub kierunku radiowego przeciwnika / $\dot{Z}_{Re}$ / /intensywność strumienia zgłoszeń/;  
 $\tau_n$  - średni czas pracy radiostacji w n-tej sieci lub kierunku radiowym przeciwnika / $\dot{Z}_{Re}$ /, /czas oczekiwania na obsługę/.

Traktując podsystem nasłuchu radiowego KF i UKF jako wielokanałowy system obsługi z ograniczonym czasem oczekiwania sygnałów w kolejce [ WAKIN 366 ], wszystkie emisje  $\dot{Z}_{Re}$  na jednej częstotliwości należy traktować jako strumień zgłoszeń o określonej intensywności  $\mathcal{N}$ , a każdą pojedynczą emisję /jeden seans łączności radiowej/ jako zgłoszenie o określonym średnim czasie trwania  $\tau$

Zakładając, że w rozpoznawanym zakresie częstotliwości

$\Delta f_r$  pracuje tylko jedna sieć radiowa, której pracę charakteryzuje  $\mathcal{N}_n$  i  $\tau_n$ , prawdopodobieństwo wykrycia jednego ze zgłoszeń tej sieci w jednym okresie przestrajania  $T_p$  można wyrazić wzorem:

$$P_n = \mathcal{N}_n \cdot \tau_n \quad 1.1.38.$$

W realnych warunkach  $\Delta f$  jest pomijalnie mała w porównaniu z  $\Delta f_r$  /  $\Delta f \ll \ll f_r$  /.

Wobec tego w czasie  $t_{n_1}$  /czasie obsługi jednego zgłoszenia n-tej sieci radiowej/ prawdopodobieństwo wykrycia sieci, będzie:

$$P_n = 1 - \exp / - \frac{\lambda_n \cdot \tau_n \cdot t_{n1}}{T_p} / \quad 1.1.39.$$

a czas obsługi tego zgłoszenia przy zadanym  $P_n$ :

$$t_{n1} = \frac{T_p \cdot \ln / 1 - P_n /}{\lambda_n \cdot \tau_n} \quad 1.1.40.$$

W realnych warunkach zgłoszenie n-tego strumienia nie może być jednak obsłużone w czasie  $t_{n1}$ , ponieważ w paśmie przestrajanania

$\Delta fr$  występują inne strumienie, na innych częstotliwościach.

Tak więc rzeczywisty czas wymagany do obsługi n-tego strumienia w obecności innych strumieni w paśmie  $\Delta fr$  jest różny

$$t = m \cdot T \cdot P \frac{T_p \cdot \ln / 1 - P /}{\lambda \cdot \tau} \quad 1.1.41.$$

gdzie:

$m$  - ogólna ilość sieci pracujących w rozpoznawanym paśmie, znajdujących się w zasięgu urządzeń rozpoznawczych /strefie nasłuchu radiowego KF lub UKF/, oszacowane na podstawie odpowiednich badań średniej intensywności pracy sieci;

$T$  - średni czas obsługi jednego seansu łączności nowo wykrytej sieci.

$T = \frac{1}{2} \tau_n + t_d$ , gdzie  $t_d$  - czas zużyty dodatkowo na analizę prowadzoną przez operatora po zakończeniu emisji i złożenie meldunku /zob. rys. 11/;  $t_d$  uwzględnia średnie wyszkolenie obsługi i jest obliczany praktycznie;

$P$  - zadana z góry wartość prawdopodobieństwa, z jakim określone sieci radiowe powinny być wykryte;

$T_p$  - okres przestrajanania odbiornika radiowego w zakresie  $\Delta fr$

$T_p = \frac{\Delta fr}{\mu}$  gdzie:  $\mu$  - szybkość przestrajanania odbiornika / $\frac{\text{MHz}}{\text{min}}$ /, Przy przestrajananiu ręcznym wartość oblicza się praktycznie, uwzględnia ona wyszkolenie obsłu

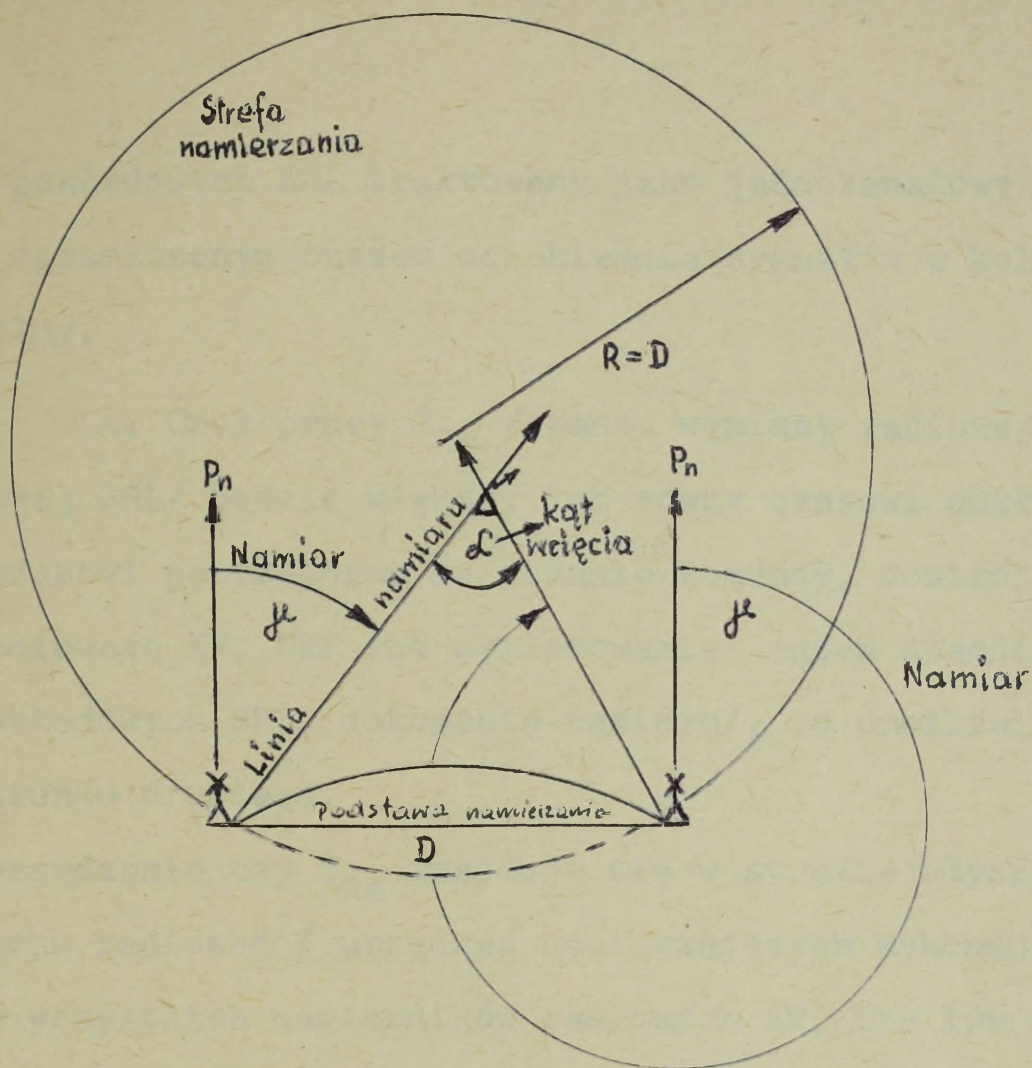
- $\pi$  - średnia częstość, z jaką w sieciach i kierunkach radiowych nawiązuje się łączność i wymienia informacje /oszacowane na podstawie badań średniej intensywności pracy sieci i kierunków radiowych/;
- $\tau$  - średni czas trwania seansu łączności w sieciach i kierunkach radiowych /oznaczony na podstawie badań średniej intensywności pracy sieci radiowych/.

#### 1.1.9. Namierzanie/określanie miejsca położenia pracujących $\dot{Z}_{Re}$

Proces namierzania składa się z dwóch zasadniczych etapów. W pierwszym etapie należy z kilku punktów /co najmniej dwóch/ określić namiary, czyli azymuty na pracujące radiostacje  $\dot{Z}_{Re}$ . W drugim etapie, na podstawie otrzymanych namiarów określa się miejsce położenia tego  $\dot{Z}_{Re}$ .

Określenie kierunku /azymutu/ na pracującą radiostację KF lub UKF albo pokładową stację radiolokacyjną przeprowadza się za pomocą namierników radiowych lub stacji rozpoznania pokładowych SRL /POST-3M/.

Namiarem nazywa się kąt zawarty między północnym kierunkiem południka geograficznego a kierunkiem na pracujące  $\dot{Z}_{Re}$  /linią namiaru/. Kąt określa się zgodnie z ruchem zegara. Ponieważ anteny urządzeń namierzających /UN/ orientuje się według północy magnetycznej, dlatego namiar określa się w zasadzie jako kąt zawarty między linią namiaru a południkiem magnetycznym. Linię namiaru nazywa się półprostą przechodzącą przez urządzenie namierzające i namierzone  $\dot{Z}_{Re}$  /rys. 1.1.12/. Kąt zawarty między liniami namiarów nazywa się kątem wcięcia.



Rys.1.1.12. Ilustracja podstawowych określeń w namierzaniu

Określenie miejsca położenia pracujących  $\dot{Z}_{Re}$  jest możliwe, jeżeli będą spełnione następujące warunki:

1.  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w strefie słyszalności i namierzania co najmniej dwóch urządzeń namierzających.

2. Odbiorniki urządzeń namierzających /UN/ będą nastrojone na częstotliwość pracy  $\dot{Z}_{Re}$  oraz nastąpi spotkanie charakterystyk kierunkowych anten  $\dot{Z}_{Re}$  i UN.

3. Podsystem namierzania radiowego KF traktowany jako wielokanałowy system obsługi z ograniczonym czasem oczekiwania sygnałów w kolejce lub podsystem namierzania radiowego UKF

i pokładowych SRL traktowany jako jednokanałowy system obsługi z ograniczonym czasem oczekiwania sygnałów w kolejce będzie wolny.

4. Czas pracy  $\dot{Z}_{Re}$  /seansu wymiany radiowej, pracy pokładowej SRL/ będzie większy lub równy czasowi obsługi zgłoszenia /czasowi potrzebnemu na podanie komendy, dostrojenie namiernika radiowego KF, UKF lub nakierowanie anten stacji rozpoznania pokładowych SRL, dokonanie namiaru/, co umożliwi spełnienie warunku drugiego.

Sprawdzenie czy  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w strefie słyszalności /nasłuchu radiowego/ urządzeń namierzających wykonuje się w stosunku do wszystkich namierników radiowych KF, UKF lub stacji rozpoznania pokładowych SRL danego podsystemu namierzania, analogicznie jak w punkcie <sup>1.1.8</sup>~~3.1.4~~.

Sprawdzenie, czy  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w strefie namierzania radiowego KF lub UKF czy też pokładowych SRL należy wykonać w stosunku do wszystkich urządzeń namierzających wchodzących w skład danego podsystemu namierzania, będących w gotowości bojowej nr 1, którym postawiono zadanie namierzania omawianego źródła rozpoznania radioelektronicznego.

$\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w strefie namierzania radiowego KF, jeżeli kąt wcięcia / $\mathcal{L}$ /, zawarty pomiędzy liniami namiaru wyznaczonymi z punktu rozwinięcia co najmniej jednej pary namierników radiowych KF na to  $\dot{Z}_{Re}$  <sup>zakreśli</sup> ~~namierzać~~ się będzie w przedziale od  $30^\circ$  do  $150^\circ$ .

$$150^\circ > \mathcal{L} > 30^\circ$$

Jeżeli ten warunek nie będzie spełniony, na  $\dot{Z}_{Re}$  można określić tylko kierunek /azymut/.

Natomiast  $\dot{Z}_{Re}$  będzie znajdowało się w strefie namierzania radiowego UKF lub pokładowych SRL jeżeli będzie spełniany powyższy warunek, a ponadto bezpośrednia odległość /D/ od tego źródła do urządzeń namierzających będzie mniejsza lub równa odległości do ciągłej rubieży strefy namierzania radiowego UKF i pokładowych SRL / $R_{CN}$ / określonej zależnością

$$D \leq R_{CN}$$

Zapewnienie warunku dostrojenia urządzeń namierzających do częstotliwości pracy  $\dot{Z}_{Re}$  oraz spotkania charakterystyk kierunkowych anten  $\dot{Z}_{Re}$  i UN zależy przede wszystkim /jak już stwierdzono wyżej/ od czasu trwania seansu wymiany radiowej lub czasu pracy pokładowej SRL.

Jeżeli czas pracy  $\dot{Z}_{Re}$  /czas oczekiwania zgłoszenia na obsługę -  $\tau$ . / będzie różny lub większy od czasu zużytego na wykrycie tego  $\dot{Z}_{Re}$  w kierunku i częstotliwości, podanie komendy do namierzania, dostrajanie namiernika /tylko przy namierzaniu radiowym KF i UKF/ i dokonanie namiaru /czasu obsługi zgłoszenia -  $v$ /, wówczas jest możliwe określenie miejsca położenia  $\dot{Z}_{Re}$ .

$$\tau \geq v$$

Prawdopodobieństwo tego, że zgłoszenie, które przybyło do systemu, będzie w pełni obsłużone wyraża się następującą zależnością:

$$\left. \begin{array}{l}
 \frac{v / e / \lambda_p - v / \tilde{\tau}_n - 1 /}{/ \lambda_p - v / \tilde{\tau}_n - v /} \quad \text{dla } \lambda_p \neq v \\
 \\
 \frac{\lambda_p \cdot \tilde{\tau}_n}{1 + \lambda_p \cdot \tilde{\tau}_n} \quad \text{dla } \lambda_p = v
 \end{array} \right\} \quad 1.1.42.$$

gdzie:

$$v = \frac{1}{\tilde{\tau}_n} \quad - \text{ odwrotność średniego czasu obsługi zgłoszenia / czasu zużytego na podanie komendy, dostrojenie namiernika, namierzania /;}$$

$$\lambda_p \quad - \text{ intensywność strumienia sygnałów napływających do systemu namierzania;}$$

$$\tilde{\tau}_n = \frac{1}{2} \tilde{\tau} \quad - \text{ średni czas oczekiwania zgłoszenia na obsługę.}$$

Wynikiem końcowym procesu namierzania jest określenie położenia pracującego  $\dot{Z}_{Re}$ . Położenie  $\dot{Z}_{Re}$  określa się na podstawie opracowania wyników namiaru pochodzących od dwóch lub więcej urządzeń namierzających.

Wstępne opracowanie wyników namierzania przeprowadzane jest przez operatora urządzenia namierzającego lub automatycznie i polega na:

- obliczeniu średniej arytmetycznej wartości namiaru /jeżeli pomiar był wielokrotny/;
- uwzględnieniu poprawki wynikającej z błędu systematycznego namierzania;
- ocenie pewności namiaru.

Wyniki pomiarów z poszczególnych UN przekazywane są ze stanowisk dowodzenia /lub kierowania namierzaniem/, w których następuje opracowanie namiarów w celu określenia położenia  $\dot{Z}_{Re}$ . Proces ten obejmuje następujące czynności:

- selekcję otrzymanych wyników poszczególnych UN;
- znalezienie punktów przecięcia linii namiarów;
- określenie najbardziej prawdopodobnego położenia  $\dot{Z}_{Re}$ .

Istnienie błędów kątowych UN prowadzi do błędów określenia położenia namierzanych  $\dot{Z}_{Re}$ . Odległość między rzeczywistym położeniem  $\dot{Z}_{Re}$ , a położeniem otrzymanym w wyniku namierzania nazywa się błędem liniowym.

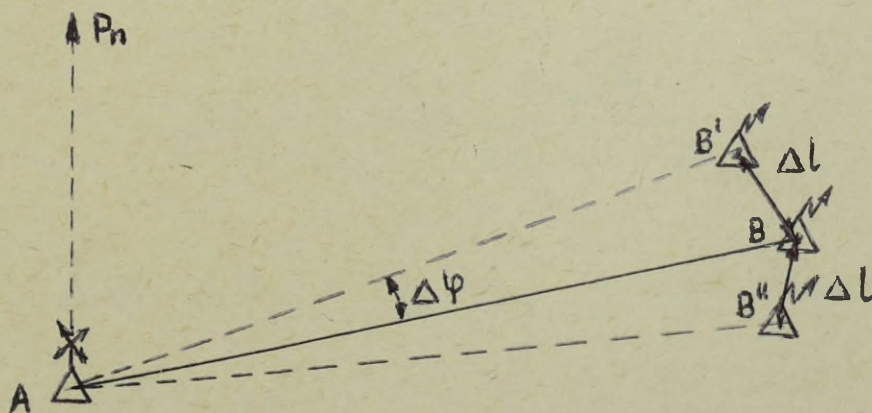
Dla określenia błędu liniowego  $\Delta l$  pojedynczego UN należy znać odległość  $R$  do namierzanego  $\dot{Z}_{Re}$  oraz błąd kątowy UN  $\Delta\psi$  /rys. 1.1.13/. Błąd liniowy jest równy długości łuku o promieniu  $R$  i wynosi

$$\Delta l = R \Delta\psi \quad 1.1.43.$$

jeżeli  $\Delta\psi$  wyrażane jest w miarze łukowej /w radianach/ lub

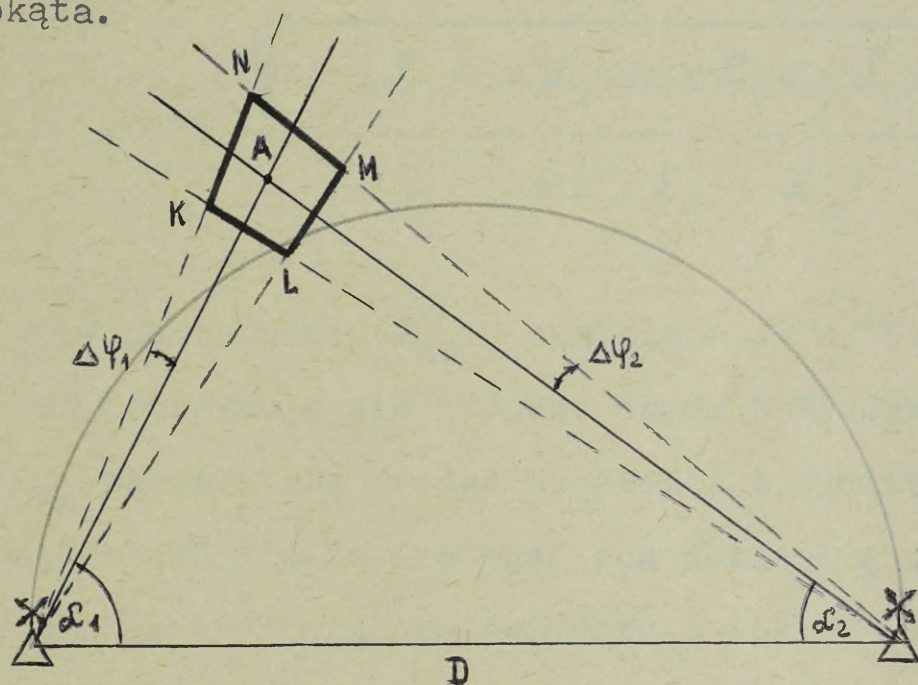
$$\Delta l = 0,0175 R \Delta\psi \quad 1.1.44.$$

gdy  $\Delta\psi$  wyrażane jest w miarze kątowej /w stopniach/



Rys.1.1.13. Błąd liniowy pojedynczego namiernika

Namierzając  $\dot{Z}_{Re}$  położone w punkcie A /rys. 1.1.14/ za pomocą dwóch UN z błędami kątowymi odpowiednio  $\Delta\psi_1$  i  $\Delta\psi_2$  otrzymuje się czworokąt KLMN, w którego polu powinien znajdować się obiekt. Maksymalny błąd liniowy w takim przypadku jest równy najdłuższemu z odcinków łączących punkt A z wierzchołkami czworokąta.



Rys.1.1.14. Błąd liniowy przy namierzaniu dwoma UN

Dla określenia błędu liniowego należy wykreślić półokrąg oparty na podstawie namierzania /D/ jako na średnicy. Jeżeli namierzanie  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się wewnątrz okręgu /jeżeli  $m \leq \frac{D}{2}$ /, to błąd liniowy można wyliczyć z zależności

$$\Delta l = 0,0175 \frac{D \Delta\psi}{\sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}} \quad 1.1.45.$$

- gdzie:  $\Delta\psi = \Delta\psi_1 - \Delta\psi_2$  - błąd kątowy UN w stopniach;  
 $\alpha_1, \alpha_2$  - kąty między podstawą namierzania a liniami namiaru;  
D - długość podstawy namierzania.

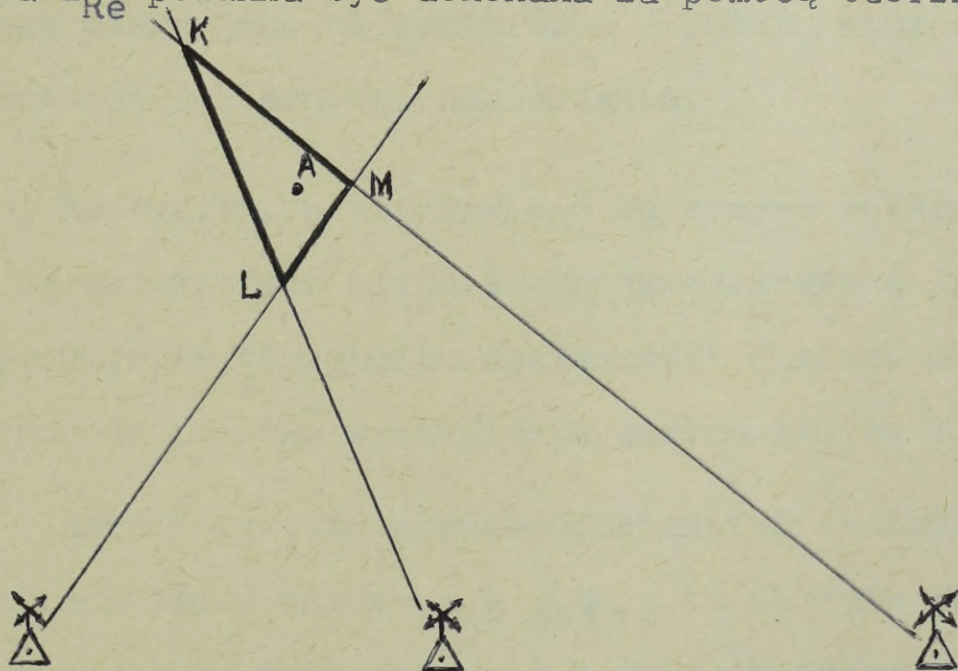
Z powyższego wzoru wynika, że błąd liniowy jest minimalny wtedy, gdy  $\dot{Z}_{Re}$  leży na okręgu /linie namiaru przecinają się pod kątem prostym/.

Jeżeli namierzanie  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się poza okręgiem, to błąd liniowy oblicza się z zależności:

$$\Delta l = 0,0175 \frac{\sqrt{\sin^2 d_1 + \sin^2 d_2 - 2 \sin d_1 \sin d_2 \cos / d_1 + d_2 /}}{\sin^2 / d_1 + d_2 /} \quad 1.1.46$$

Przy namierzaniu  $\dot{Z}_{Re}$  w punkcie A /rys. 1.1.15/ za pomocą trzech UN, otrzymuje się trójkąt błędu KLM. Jako miejsce położenia  $\dot{Z}_{Re}$  określa się środek ciężkości trójkąta. Jednakże namierzany obiekt nie zawsze musi znajdować się wewnątrz trójkąta błędu, a pole trójkąta nie świadczy o dokładności namierzania.

Oznacza to, że ocena dokładności określenia położenia  $\dot{Z}_{Re}$  powinna być dokonana za pomocą teorii błędów.



Rys.1.1.15. Przecięcie się linii namiarów trzech UN

Ponieważ błędy namierzania uwarunkowane są z reguły wpływem wielu czynników losowych, to spełniają one założenia teorii błędów, które bazuje na teorii prawdopodobieństwa. Zastosowanie teorii błędów pozwala określić dokładność namierzania.

Z doświadczenia wynika, że błędy kątowe namierzania podlegają rozkładowi normalnemu. Gęstość prawdopodobieństwa błędu kątowego  $\Delta\psi$  opisana jest zależnością

$$P/\Delta\psi/ = \frac{K}{\sqrt{\pi}} e^{-K\Delta\psi/2} \quad 1.1.47.$$

gdzie:

$K$  - współczynnik dokładności namierzania, zależy od błędu średniokwadratowego

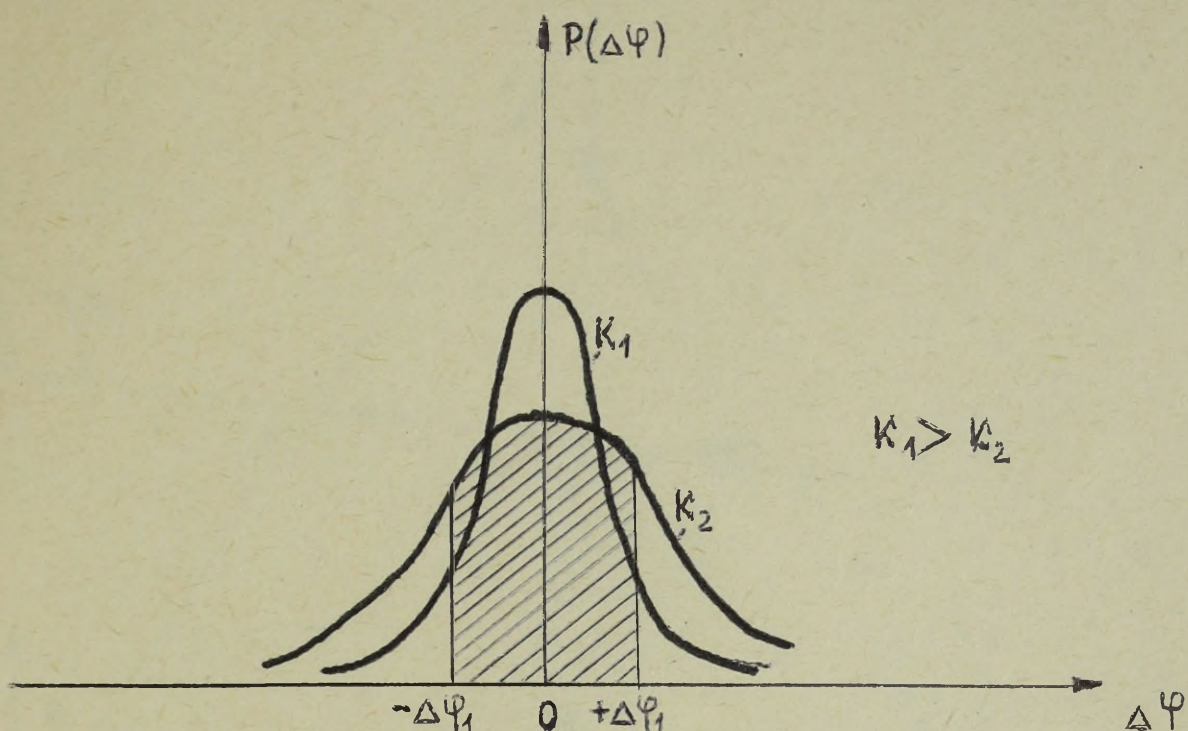
$$K = \frac{40,5}{\sigma/\text{stopnie}/} = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma/\text{rad}/} \quad 1.1.48.$$

i jest miarą jakości namiernika z punktu widzenia zapewnienia określonej dokładności namierzania.

Na rys. 16. przedstawione są krzywe rozkładu normalnego dla dwóch wartości błędu średniokwadratowego  $\sigma$ . Widać, że przy dużym współczynniku dokładności niamiaru mniejsze jest prawdopodobieństwo wystąpienia dużych błędów kątowych.

Jeżeli gęstość prawdopodobieństwa scałkuje się w zadanych granicach błędu kątowego  $\pm \Delta\psi_1$ , to otrzyma się prawdopodobieństwo tego, że niamiar nie będzie obarczony błędem większym od  $\Delta\psi_1$ , co jest miarą pewności namierzania  $P_e$

$$P_e = \int_{-\Delta\psi_1}^{+\Delta\psi_1} P/\Delta\psi/ d\Delta\psi \quad 1.1.49.$$



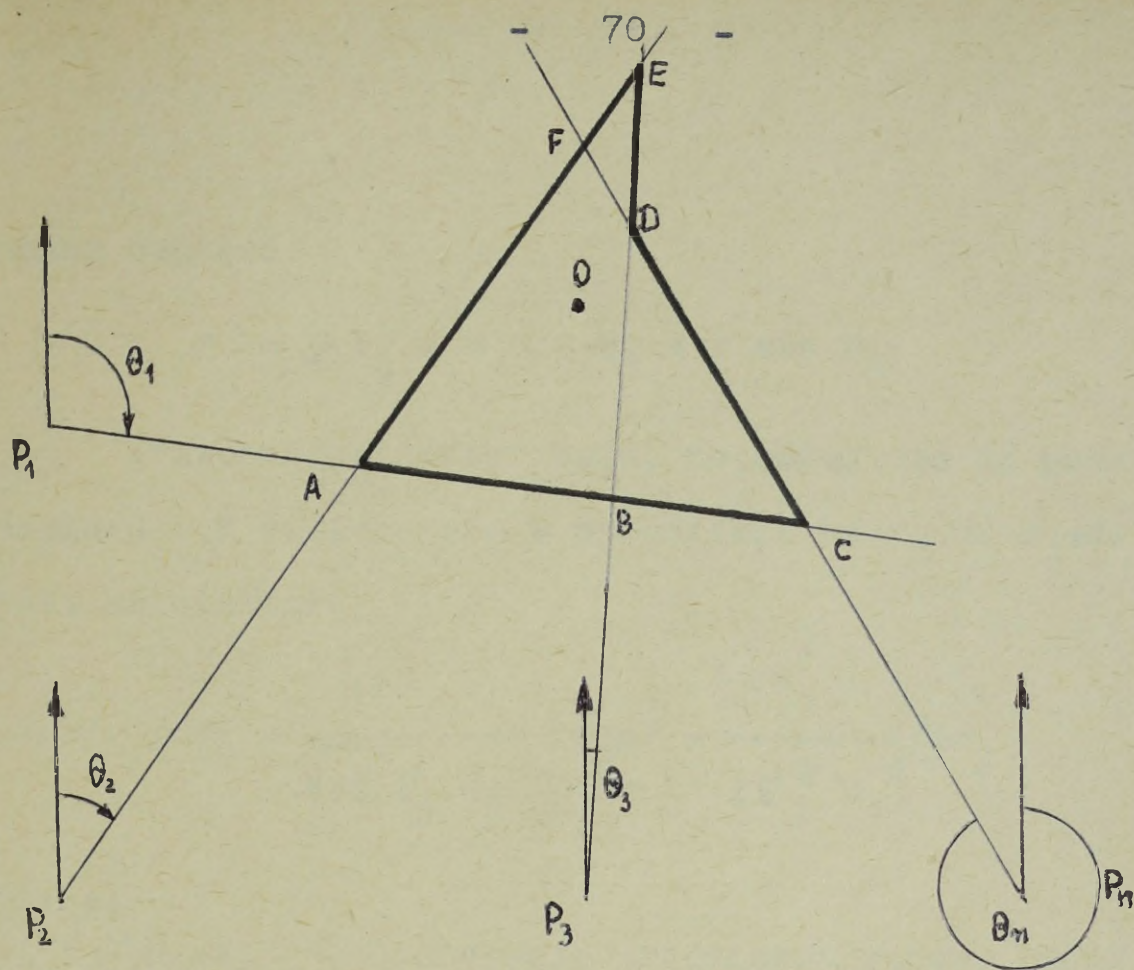
Rys.1.1.16. Krzywe rozkładu normalnego błędów namierzenia

Ponieważ błędy kątowe mogą być różne, dlatego za pomocą <sup>teorii</sup> błędów należy wyznaczyć najbardziej prawdopodobny punkt położenia  $\dot{Z}_{Re}$  oraz określić rejon, w granicach którego powinno znajdować się  $\dot{Z}_{Re}$  z zadany<sup>m</sup> prawdopodobieństwem  $P_e$ .

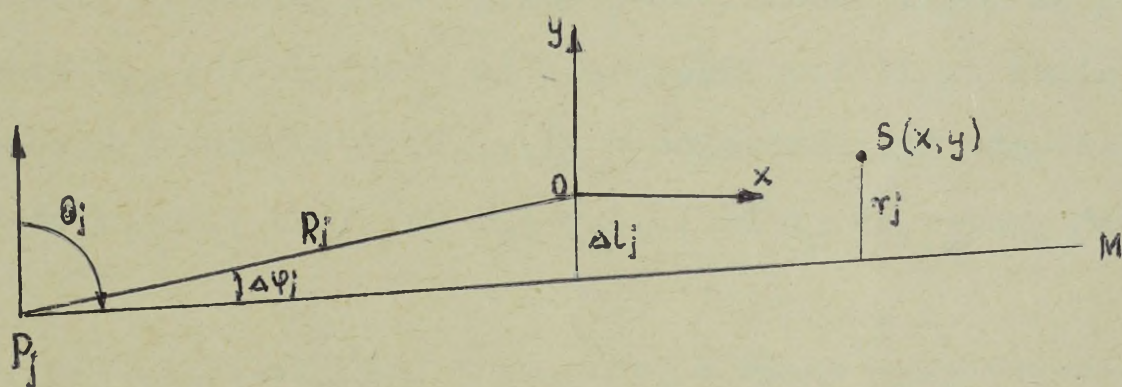
Rozpatrzmy ogólny przypadek namierzenia  $\dot{Z}_{Re}$  położonego w punkcie 0 /rys. 1.1.17./ za pomocą urządzeń namierzających  $P_1, P_2, \dots, P_n$  z błędami kątowymi  $\Delta\psi_1, \Delta\psi_2, \dots, \Delta\psi_n$ . Otrzymane namiary  $\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n$  obarczane są błędami średniokwadratowymi  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ . Z powodu błędów kątowych linie namiaru nie przecinają się w jednym punkcie, lecz tworzą wielobok. Liczbę wierzchołków wieloboku oblicza się ze wzoru

$$\left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor = \frac{n!}{2! (n-2)!} \quad 1.1.50.$$

Na rys. 1.1.18 przedstawiona jest linia namiaru jednego /j-tego/ UN. Początek układu współrzędnych przeniesiony jest do punktu 0 rzeczywistego położenia  $\dot{Z}_{Re}$ . Oś Ox skierowana jest wzdłuż równoleżnika, a oś Oy - wzdłuż południka przechodzącego przez punkt 0.



Rys.1.1.17. Namierzanie za pomocą wielu UN



Rys.1.1.18. Linia namiaru j-tego UN

Błąd liniowy UN  $P_j$  wynosi

$$\Delta l_j = R_j \Delta \psi_j \quad 1.1.51.$$

gdzie:

$R_j$  - odległość między  $O$  i  $P_j$ .

Jeżeli w rezultacie <sup>namieszenia</sup> ~~namierzenia~~ linii namiarów na mapie za miejsce położenia radiostacji wybrano punkt  $S$  o współrzędnych  $x, y$  położony w odległości  $r_j$  od linii namiaru  $P_j M$ , to dla  $r_j$

można napisać

$$r_j = \Delta l_j - x \cos \theta_j + y \sin \theta_j \quad 1.1.52.$$

Prawdopodobieństwo tego, że odległość od punktu S do linii namiaru P<sub>j</sub>M zawiera się w przedziale od r<sub>j</sub> do r<sub>j</sub>+dr<sub>j</sub> określona jest zależnością

$$P/r_j/dr_j = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_j \cdot R_j} \exp\left[-\frac{r_j^2}{2\sigma_j^2 R_j^2}\right] / dr_j \quad 1.1.53.$$

gdzie:

$\sigma_j \cdot R_j = E_j$  - odchylenie średniokwadratowe linii namiaru od rzeczywistego położenia  $\dot{Z}_{Re}$ .

Analogiczne wyrażenia można napisać dla pozostałych linii namiarów. Wielowymiarowe prawdopodobieństwo tego, że punkt położenia  $\dot{Z}_{Re}$  /S/ znajduje się od poszczególnych linii namiarów wychodzących z punktów P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>n</sub> w odległościach odpowiednio od r<sub>1</sub> do r<sub>1</sub>+dr<sub>1</sub>, od r<sub>2</sub> do r<sub>2</sub>+dr<sub>2</sub>, ..., od r<sub>n</sub> do r<sub>n</sub>+dr<sub>n</sub> jest równe

$$p/r_1, r_2, \dots, r_n / dr_1, dr_2, \dots, dr_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi}^{n/2} E_1, E_2, \dots, E_n} \cdot \quad 1.1.54.$$

$$\cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \frac{(\Delta l_j - x \cos \theta_j + y \sin \theta_j)^2}{E_j^2}\right] dr_1 dr_2 \dots dr_n$$

Współrzędne /x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub>/ najbardziej prawdopodobnego punktu położenia  $\dot{Z}_{Re}$  można wyznaczyć z warunku maksimum wyrażenia <sup>1.1.54</sup> 3.28 lub minimum wykładnika potęgi e w tym wyrażeniu. W rezultacie otrzymuje się:

$$x_0 = \frac{1}{AC-B^2} \sum_{j=1}^n \left[ \frac{r_j / B \sin \alpha_j + C \cos \alpha_j}{E_j^2} \right] \quad 1.1.55.$$

$$y_0 = \frac{1}{AC-B^2} \sum_{j=1}^n \left[ \frac{r_j / -A \sin \alpha_j + B \cos \alpha_j}{E_j^2} \right] \quad 1.1.56.$$

gdzie:

$$A = \sum_{k=1}^n \frac{\cos^2 \alpha_k}{E_k^2} \quad B = \sum_{k=1}^n \frac{\sin \alpha_k \cos \alpha_k}{E_k^2} \quad C = \sum_{k=1}^n \frac{\sin^2 \alpha_k}{E_k^2}$$

Punkt o współrzędnych  $x_0, y_0$  jest najbardziej prawdopodobnym punktem położenia  $\dot{Z}_{Re}$  i nazywa się środkiem prawdopodobieństwa

Można wykazać, że środek prawdopodobieństwa pokrywa się ze środkiem ciężkości figury ABCDEF /rys. 1.1.17/, w wierzchołkach której umieszczone są masy  $m_{jk}$ . Współrzędne środka ciężkości oblicza się z zależności

$$x_0 = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n x_{jk} m_{jk}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n m_{jk}} \quad 1.1.57.$$

$$y_0 = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n y_{jk} m_{jk}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n m_{jk}} \quad 1.1.58.$$

gdzie:

$x_{jk}, y_{jk}$  - współrzędne punktu przecięcia linii namiarów od urządzeń namierzających  $P_j$  i  $P_k$ ;

$m_{jk}$  - masa w punkcie przecięcia linii namiarów od UN  $P_j$  i  $P_k$ .

Współrzędne punktu przecięcia linii namiarów od UN  $P_j$  i  $P_k$  określa się z układu równań tych linii

$$\Delta l_j - x \cos \alpha_j + x \sin \alpha_j = 0 \quad 1.1.59.$$

$$\Delta l_k - x \cos \alpha_k + x \sin \alpha_k = 0 \quad 1.1.60.$$

Rozwiązanie układu równań daje w rezultacie

$$x_{jk} = \frac{\Delta l_k \sin \alpha_j - \Delta l_j \sin \alpha_k}{\sin / \alpha_j - \alpha_k /} \quad 1.1.61.$$

$$y_{jk} = \frac{\Delta l_k \cos \alpha_j - \Delta l_j \cos \alpha_k}{\sin / \alpha_j - \alpha_k /} \quad 1.1.62.$$

Masę  $m_{jk}$  w punkcie przecięcia oblicza się z wyrażenia

$$m_{jk} = \frac{\sin^2 \mathcal{L}_{jk}}{E_j^2 E_k^2}$$

gdzie:

$\mathcal{L}_{jk}$  - jest kątem pod jakim przecinają się linie  
namiarów od UN  $P_j$  i  $P_k$  i jest równy

$$\mathcal{L}_{jk} = Q_j - Q_k \quad 1.1.63.$$

Dla dwóch UN najbardziej prawdopodobne położenie  $\hat{Z}_{Re}$  pokrywa się z punktem przecięcia namiarów.

Dla trzech UN masy umieszczone w wierzchołku trójkąta błędów są równe odpowiednio:

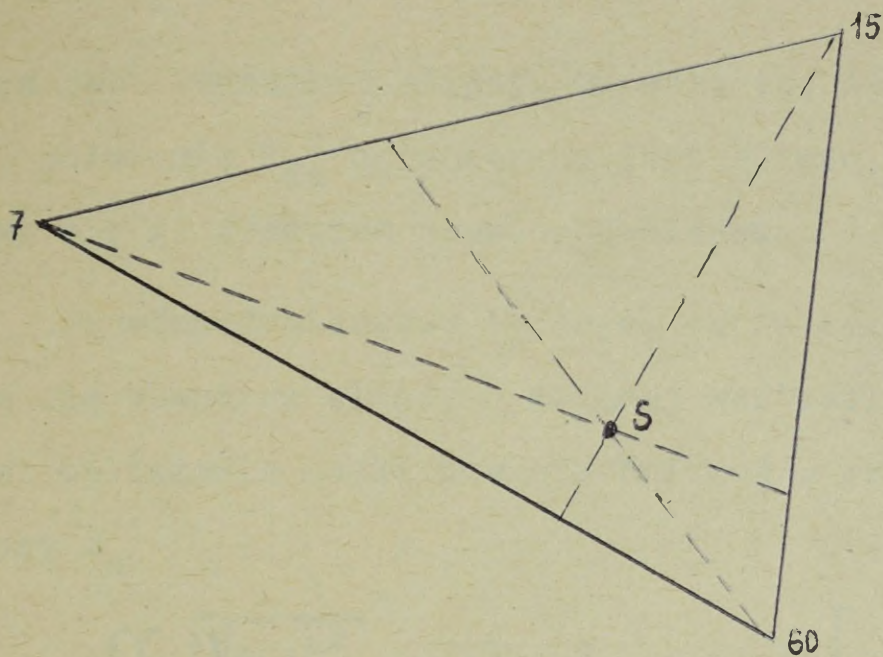
$$m_{12} = \frac{\sin^2 \mathcal{L}_{12}}{E_1^2 E_2^2}; \quad m_{13} = \frac{\sin^2 \mathcal{L}_{13}}{E_1^2 E_3^2}; \quad m_{23} = \frac{\sin^2 \mathcal{L}_{23}}{E_2^2 E_3^2}$$

lub

$$m_{12} = R_3^2 G_3^2 \sin^2 \mathcal{L}_{12}; \quad m_{13} = R_2^2 G_2^2 \sin^2 \mathcal{L}_{13}; \quad m_{23} = R_1^2 G_1^2 \sin^2 \mathcal{L}_{23}$$

Graficzne określenie najbardziej prawdopodobnego położenia  $\hat{Z}_{Re}$  przy trzech UN polega na znalezieniu punktu przecięcia prostych poprowadzonych z wierzchołków trójkąta błędów, które dzielą przeciwległe boki na odcinku odwrotnie proporcjonalne do mas w wierzchołkach /rys. 1.1.19/.

Jak już wspomniałem  $\hat{Z}_{Re}$  nie musi znajdować się wewnątrz figury utworzonej przez przecinające się linie namiarów. Z tego



Rys.1.119. Wyznaczanie środka ciężkości trójkąta

względu celowym jest wyznaczenie rejonu, w obrębie którego znajduje się  $\dot{Z}_{Re}$  z zadanyim prawdopodobieństwem.

Jeżeli początek układu współrzędnych przeniesie się do punktu najbardziej prawdopodobnego położenia  $\dot{Z}_{Re} /x_0, y_0/$ , to prawdopodobieństwo tego, że  $\dot{Z}_{Re}$  znajduje się w dowolnym punkcie o współrzędnych  $/x, y/$  oblicza się z zależności

$$P/x, y/dxdy = \frac{\sqrt{AC-B^2}}{2\pi} e^{-\frac{1}{2}/Ax^2-2Bxy+Cy^2/dxdy} \quad 1.1.64.$$

Z powyższego równania widać, że przy zmianach  $x$  lub  $y$  zmienia się wykładnik potęgi liczby  $e$ , a zatem zmienia się również prawdopodobieństwo  $P$ . Aby wyznaczyć obszar, na granicy którego prawdopodobieństwo  $P$  jest jednakowe, należy założyć, że stały jest wykładnik potęgi. Oznaczając ten wykładnik przez  $-\frac{1}{2} k_0^2$ , otrzymuje się równanie

$$Ax^2-2Bxy+Cy^2=k_0^2$$

które jest równaniem elipsy. Oznacza to, że rejon prawdopodobnego położenia  $\hat{Z}_{Re}$  ograniczony jest elipsą, której środek pokrywa się ze środkiem prawdopodobieństwa.

Prawdopodobieństwo  $P_e$  tego, że namierzony obiekt znajduje się wewnątrz elipsy o zadanej wartości  $k_0$ , otrzymuje się przez obliczenie całki powierzchniowej w granicach obszaru elipsy  $S_e$

$$P_e = \iint_{S_e} \left[ \frac{\sqrt{AC-B^2}}{2\pi} e^{-\frac{1}{2}(Ax^2-2Bxy+Cy^2)} \right] dx dy \quad 1.1.65.$$

Po rozwiązaniu całki otrzymuje się

$$P_e = 1 - e^{-0,5 K_0^2} \quad 1.1.66.$$

przy czym  $K_0$  jest miarą dokładności namierzania zależą od  $P_e$

$$K_0 = \sqrt{-2 \ln(1 - P_e)} \quad 1.1.67.$$

ze wzrostem  $K_0$  wzrasta pole elipsy, a zatem wzrasta również prawdopodobieństwo  $P_e$ .

W celu obliczenia długości osi elipsy należy układ współrzędnych pokryć z osiami. Równanie elipsy przyjmuje wtedy postać:

$$\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} = K_0^2 \quad 1.1.68.$$

gdzie  $a_0$  i  $b_0$  są odpowiednio długościami dużej i małej półosi elipsy.

Wzory dla obliczania półosi elipsy są następujące:

$$a_0 = \sqrt{-\ln/1-P_e/} \frac{\sqrt{A+C + \sqrt{A-C/2 + 4B^2}}}{\sqrt{AC-B^2}} \quad 1.1.69.$$

$$b_0 = \sqrt{-\ln/1-P_e/} \frac{\sqrt{A+C + \sqrt{A-C/2 + 4B^2}}}{\sqrt{AC-B^2}} \quad 1.1.70.$$

Kąt  $\mu$  zawarty między dłuższą osią elipsy a południkiem określa się z zależności

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{A-C - \sqrt{A-C/2 + 4B^2}}{2B} \quad 1.1.71.$$

Znając wielkości  $a_0$  i  $b_0$  można obliczyć powierzchnię elipsy ze wzoru

$$S_e = \pi a_0 b_0 = 2\pi \ln /1-P_e/ \frac{1}{\sqrt{AC-B^2}} \quad 1.1.72.$$

Z przedstawionej analizy należy wyciągnąć następujące wnioski:

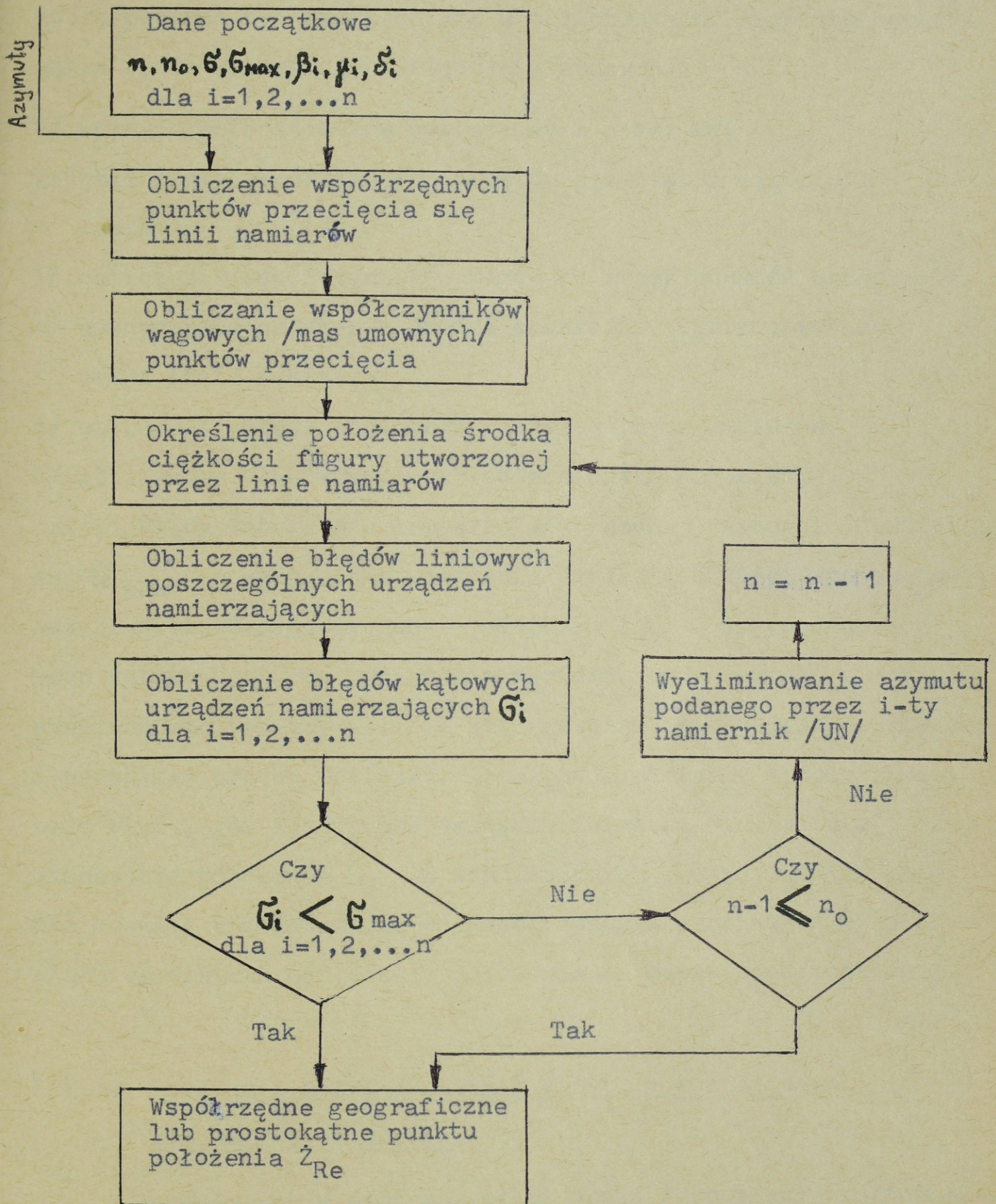
1/ błędy liniowe namierzania mają rozkład eliptyczny, tzn. przy dużej liczbie namiarów linie przecinają się wewnątrz obszaru ograniczonego elipsą;

2/ gęstość prawdopodobieństwa przecięcia się linii namiarów maleje przy oddalaniu się od punktu rzeczywistego położenia  $\dot{Z}_{re}$ ;

3/ powierzchnia elipsy przy zadanym prawdopodobieństwie  $P_e$  oraz dokładności namierzania  $K$  zależy od odległości  $\dot{Z}_{Re}$  od urządzeń namierzających oraz kąta przecięcia się linii namiarów;

4/ duża półoś elipsy charakteryzuje ~~charakteryzuje~~ maksymalny błąd liniowy namierzania.

Jak z powyższych rozważań wynika, dokładne określenie współrzędnych punktu położenia  $Z_{Re}$  wymaga szeregu skomplikowanych obliczeń, co zajmuje dużo czasu, a ponadto zachodzi możliwość pomyłki w obliczeniach. Z tego względu do tych obliczeń należy wykorzystywać EMC. Do pamięci EMC należy na stałe wprowadzić współrzędne punktów położenia UN wraz z poprawkami na deklinację i uchylenie magnetyczne. Zadanyimi parametrami powinny być również błędy kątowe namierników /UN/ oraz maksymalna dopuszczalna wartość błędu kąтового namierzania. Po wprowadzeniu do maszyny wartości azymutów otrzymanych z UN, następuje obliczenie współrzędnych najbardziej prawdopodobnego punktu położenia  $Z_{Re}$  oraz długości osi i położenia elipsy prawdopodobieństwa. Po obliczeniu tych danych zachodzi konieczność wyliczenia błędów kątowych popełnianych przez poszczególne UN oraz porównanie ich z wartością zadaną. W trakcie obliczeń istnieje możliwość eliminacji tych namiarów, dla których błąd kątowy jest zbyt duży, lecz liczba namiarów wziętych do obliczeń nie może być mniejsza od 3-4. Przykład algorytmu opracowania wyników namierzania ilustruje rys. <sup>11.</sup>20. Program wyznacza położenie  $Z_{Re}$  we współrzędnych geograficznych na podstawie azymutów magnetycznych określanych przez UN. Dane początkowe algorytmu stanowią: liczba UN /n/ w systemie namierzania; współrzędne geograficzne punktów położenia UN /  $\beta$  - szerokość geograficzna,  $\mu$  - długość geograficzna /; wartość deklinacji magnetycznej /  $\delta$  / dla punktów położenia UN; średniokwadratowy błąd kątowy UN /  $\sigma$  /; maksymalny dopuszczalny



Rys.1.1.20. Algorytm opracowania wyników namierzania

błąd kątowy namierzania  $/G_{max}/$ ; minimalna liczba namiarów  $/n_0/$ , która powinna być uwzględniana w obliczeniach. Algorytm opracowania wyników obejmuje następujące etapy:

- 1/ wprowadzenie azymutów pomierzonych przez UN;
- 2//obliczenie współrzędnych punktów przecięcia się linii namiarów;
- 3/ obliczenie współczynników wagowych  $/mas/$  punktów przecięcia;
- 4/ wyznaczenie położenia środka ciężkości figury utworzonej przez linie namiarów;
- 5/ obliczenie błędu liniowego poszczególnych namiarów;
- 6/ obliczenie błędów kątowych popełnionych przez UN.

Jeżeli błędy kątowe nie przekraczają zadanej wartości dopuszczalnej  $G_{max}$ , to wyznaczone położenie środka ciężkości stanowi najbardziej prawdopodobny punkt położenia  $Z_{Re}$ . W przypadku, gdy błąd kątowy namiarów przekracza wartość dopuszczalną, to należy wyeliminować ten azymut, dla którego błąd kątowy jest największy i powtórzyć proces obliczeń. Eliminację namiarów należy zakończyć wtedy, gdy ich liczba osiągnie założoną wartość  $n_0$ .

Wyznaczone położenie  $Z_{Re}$  we współrzędnych geograficznych może być również przedstawione we współrzędnych prostokątnych płaskich, co ułatwia nanoszenie położenia na mapie topograficznej.

#### 1.1.10. Analizy i ocena zdobytych danych z rozpoznania radioelektronicznego

Ze zdobytych w procesie prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego danych rozpoznawczych tylko treść jawnej korespondencji przekazywanej przez środki łączności radiowej KF i UKF

może zawierać bezpośrednio informacje charakteryzujące działalność wojsk przeciwnika. Pozostałe dane dotyczą natomiast charakteru pracy i sposobu wykorzystania środków systemów radioelektronicznych przeciwnika i wymagają szczegółowej analizy w celu uzyskania informacji rozpoznawczych o charakterze operacyjnym i taktycznym. Analizę zdobytych danych rozpoznawczych prowadzą wszystkie stanowiska i ogniwa rozpoznawcze SRRe OPK - operatorzy stanowisk nasłuchu i namierzania radiowego prac rozpoznania pokładowych SRL, osoby funkcyjne stanowisk dowodzenia i grup analizy danych wszystkich szczebli.

W wyniku analizy uzyskanych danych rozpoznawczych można określić rodzaj oraz przynależność  $\dot{Z}_{Re}$  do odpowiednich systemów radioelektronicznych i obiektów rozpoznania, ich skład, przeznaczenie i rolę, jaką spełniają w tych systemach oraz ich operacyjno-techniczną charakterystykę. Na podstawie wniosków z analizy i oceny pracy systemów radioelektronicznych przeciwnika określa się przynależność, skład bojowy, ugrupowanie, gotowość bojową i działalność przeciwnika w rozpoznawanych rejonach itp. /patrz punkt <sup>1.1.1</sup> ~~4~~ str. <sup>9</sup> ~~8~~/. Określenie powyższych danych uwarunkowane jest szeregiem czynników. Aby określić przynależność państwową i organizacyjną  $\dot{Z}_{Re}$  a następnie obiektu rozpoznania /celu powietrznego, jednostki/sił powietrznych/ muszą być spełnione następujące warunki:

1. Parametry techniczne przechwyconych sygnałów  $\dot{Z}_{Re}$  muszą być zgodne z wcześniej określonymi, znanymi parametrami  $\dot{Z}_{Re}$  /wzorcami/ będącymi w "banku danych" grup analizy danych lub grup analizy techniczno-operacyjnej. "Bankiem danych" są tu wcześniej opracowane klasyfikatory środków radioelektronicznych

przeciwnika ułatwiający identyfikację rozpoznawanych  $Z_{Re}$  lub specjalnie opracowane programy na EMC, np. program "ROT" umożliwiający identyfikację radiostacji przeciwnika, pracujących z wykorzystaniem różnych emisji radiowych.

2. W treści przechwyconej korespondencji radiowej muszą być podane sygnały /sygnał/ rozpoznawanej radiostacji korespondentów lub indeksy pilotów. Dla przykładu, jeżeli w wymianie radiowej przechwycono sygnały rozpoznawcze radiostacji o brzmieniu "UPAVON" i "ASCOT 4962", to na ich podstawie można stwierdzić, że pracowały radiostacje naziemne dowództwa 38 Grupy Lotnictwa Taktycznego W. Brytanii oraz radiostacja pokładowa samolotu transportowego SP W. Brytanii typu C-130 HERCULES /str.77 "Zasag org. łączności i wymiany radiowej w zakresie KF w siłach powietrznych państw NATO/.

Przykład:

Przechwycono pracę pokładowej SRL o parametrach:

- częstotliwość nośna - 7680 - 9660 MHz;
- czas trwania impulsu - 0,75  $\mu$ s;
- częstotliwość powtarzania impulsów - 1050 Hz;
- częstotliwość powtarzania serii impulsów - 4,95 - 5,33 Hz;
- czas trwania impulsów - 45 - 60 ms;
- obroty anteny - 14/min.

Na podstawie tych parametrów można określić, że pracująca SRL to stacja typu AN/APN-59 zamontowana prawdopodobnie na samolocie rozpoznawczym RC-135 sił powietrznych USA /str.57 "Cechy rozpoznawcze źródeł rozpoznania radioelektronicznego"/.

Określenie składu obiektu rozpoznania /celu powietrznego jednostki sił powietrznych/ jest jednym z trudniejszych problemów analizy i oceny danych rozpoznawczych. Aby określić rzeczywisty skład obiektów rozpoznania należałoby uzyskać dane o jego wszystkich elementach składowych. Jest to możliwe, gdyby np. w treści wymiany korespondencji radiowej prowadzonej w rozpoznawanych sieciach i kierunkach radiowych podano pełny skład korespondentów. Takie sytuacje mają miejsce w przypadku przechwytywania przez radiostację główną w sieci / np. radiostację dowództwa sił powietrznych określonego szczebla/ sygnałów alarmowych lub powiadamiania do radiostacji podległych /radiostacji jednostek SP podległych danemu dowództwu/.

Określenie rzeczywistego składu celu powietrznego będzie możliwe, jeżeli:

1/ na wszystkich samolotach ze składu celu będą włączone i zostaną rozpoznane środki radioelektroniczne /np. środki łączności radiowej, radionawigacji lub radiolokacji/.

2/ w treści korespondencji radiowej prowadzonej przez załogi samolotów i przechwytywanej przez UR zostanie określona pośrednio lub bezpośrednio liczba samolotów w składzie celu. Taka sytuacja jest mało prawdopodobna lecz może mieć miejsce. Najczęściej jednak w składzie celu powietrznego mogą pracować co najwyżej 2-3 urządzenia radioelektroniczne. Dlatego też skład celu powietrznego może być określony jedynie szacunkowo.

Określenie wysokości lotu celu powietrznego jest możliwe, jeżeli w treści korespondencji radiowej załóg samolotów podana zostanie tekstem jawnym wysokość lotu celu w chwili prowadzenia wymiany

radiowej /zgłoszenia/ jak i na całej trasie lotu. Wysokość ta podawana jest w meldunkach załóg samolotów do naziemnych ośrodków kontroli ruchu lotniczego /OKRL/ w hektostopach.

Kierunek lotu celu powietrznego - /kąt zawarty między kierunkiem północy topograficznej a wektorem prędkości tego celu/ możemy określić na podstawie trzech kolejnych pomiarów współrzędnych danego celu /rys.<sup>1.1.</sup>21/.

Na podstawie powyższych pomiarów obliczamy przyrosty  $\Delta x$  i  $\Delta y$  według zależności:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_1 &= x_2 - x_1 \\ \Delta x_2 &= x_3 - x_2 \\ \Delta y_1 &= y_2 - y_1 \\ \Delta y_2 &= y_3 - y_2 \end{aligned} \right\} \quad 1.1.73.$$

Następnie na podstawie obliczonych przyrostów  $\Delta x$  i  $\Delta y$  określamy czwartak  $\mu$  z zależności:

$$\mu = \text{arc tg} \left| \frac{\frac{\pm \Delta x_1 \pm \Delta x_2}{2}}{\frac{\pm \Delta y_1 \pm \Delta y_2}{2}} \right| \quad 1.1.74.$$

Czwartak  $\mu$  pozwala na określanie kierunku lotu celu powietrznego  $\bar{\beta}$  według następującej zależności:

$$\left. \begin{aligned} \text{I - ćwiartka: } \bar{\beta} &= 90^\circ - \mu ; \text{ dla : } + \Delta x \text{ i } + \Delta y \\ \text{II - ćwiartka: } \bar{\beta} &= 90^\circ + \mu ; \text{ dla : } - \Delta x \text{ i } + \Delta y \\ \text{III - ćwiartka: } \bar{\beta} &= 270^\circ - \mu ; \text{ dla : } - \Delta x \text{ i } - \Delta y \\ \text{IV - ćwiartka: } \bar{\beta} &= 270^\circ + \mu ; \text{ dla : } + \Delta x \text{ i } - \Delta y \end{aligned} \right\} \quad 1.1.75.$$

lub

$$\left. \begin{array}{l} \bar{\beta} = 90^\circ \text{ dla: } \Delta x = 0 \text{ i } \Delta y > 0 \\ \bar{\beta} = 270^\circ \text{ dla: } \Delta x = 0 \text{ i } \Delta y < 0 \\ \bar{\beta} = 0^\circ \text{ dla: } \Delta x > 0 \text{ i } \Delta y = 0 \\ \bar{\beta} = 180^\circ \text{ dla: } \Delta x < 0 \text{ i } \Delta y = 0 \end{array} \right\} 1.1.76.$$

Prędkość lotu celu powietrznego możemy określić na podstawie trzech kolejnych pomiarów współrzędnych prostokątnych to jest:

$$\left. \begin{array}{l} \text{a/ } X, Y, \quad \text{dla } t_1 \\ \text{b/ } X_1, Y_1, \quad \text{dla } t_2 \\ \text{c/ } X_2, Y_2, \quad \text{dla } t_3 \end{array} \right\} 1.1.77.$$

Następnie określamy długość odcinków trasy lotu celu powietrznego pomiędzy kolejnymi pomiarami według zależności:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta D_1 = \sqrt{/x_1-x/2 + /y_1-y/2} \\ \Delta D_2 = \sqrt{/x_2-x_1/2 + /y_2-y_1/2} \end{array} \right\} 1.1.78.$$

Na podstawie długości odcinków określamy średnią prędkość lotu celu powietrznego z zależności:

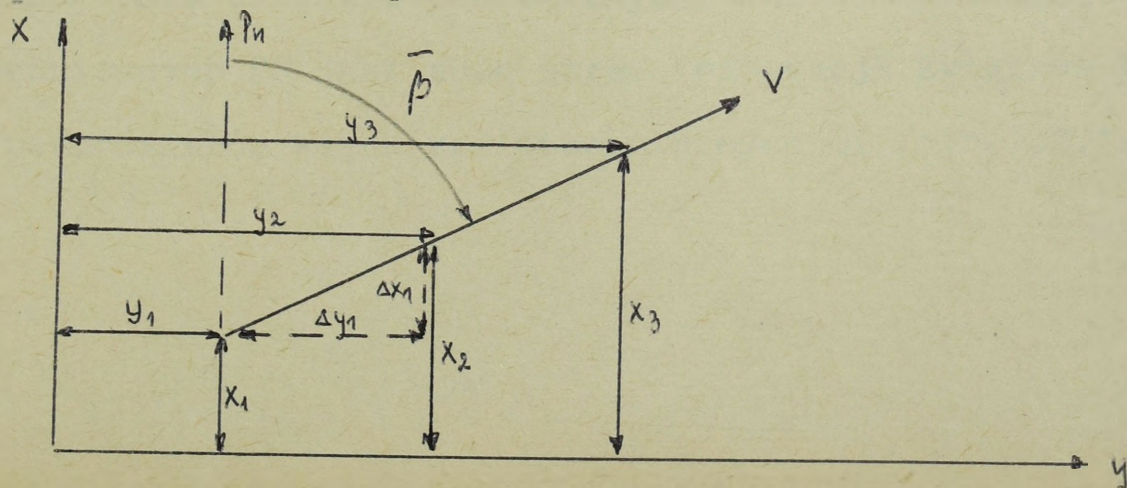
$$V = \frac{\frac{\Delta D_1}{t_2-t_1} + \frac{\Delta D_2}{t_3-t_2}}{2} \quad 1.1.79.$$

Określenie stanu i stopnia gotowości bojowej jednostek SP przeciwnika jest procesem długotrwałym i polega na ciągłym śledzeniu pracy sieci i kierunków radiowych alarmowania

i powiadamiania SP przeciwnika. Zatem określenie aktualnego stanu i stopnia gotowości bojowej jednostek SP przeciwnika jest możliwe jeżeli w przechwyconej korespondencji radiowej /najczęściej w sposób utajniony/ przekazany zostanie sygnał wprowadzający w danej jednostce lub całości sił powietrznych przeciwnika określany stan lub stopień gotowości bojowej.

Ugrupowanie dowództw i jednostek sił powietrznych przeciwnika w okresie pokoju /stałej gotowości bojowej/ jest elementem stałym /znanym/. Siły i środki SRRr OPK okresowo kontrolują położenie tych jednostek. W okresie wzrastania zagrożenia ze strony SP przeciwnika /wprowadzenia w tych siłach wyższych stopni i stanów gotowości bojowej/ częstotliwość kontroli dyslokacji jednostek SP przeciwnika się zwiększa. Dzięki temu możliwe jest natychmiastowe określanie zmian w ugrupowaniu przeciwnika, a szczególnie takich zmian jak: przegrupowanie jednostek SP na lotniska zapasowe oraz przerzut jednostek sił powietrznych z innych teatrów działań bojowych na lotniska rozmieszczone na rozpoznawanym TDW.

Zatem określenie aktualnego ugrupowania jednostek sił powietrznych przeciwnika przez SRRe OPK jest możliwe, jeżeli będzie prowadzona ciągła kontrola miejsc położenia tych jednostek poprzez ciągłe śledzenie pracy i namierzanie radiostacji przeciwnika zabezpieczających działania tych jednostek.



## 1.2. ROZPOZNANIE RADIOLOKACYJNE

### 1.2.1. Stopnie gotowości bojowej wojsk radiotechnicznych OP

Siły i środki wojsk radiotechnicznych, w stanie pełnej gotowości bojowej, mogą znajdować się w jednym z dwóch stopni gotowości bojowej:

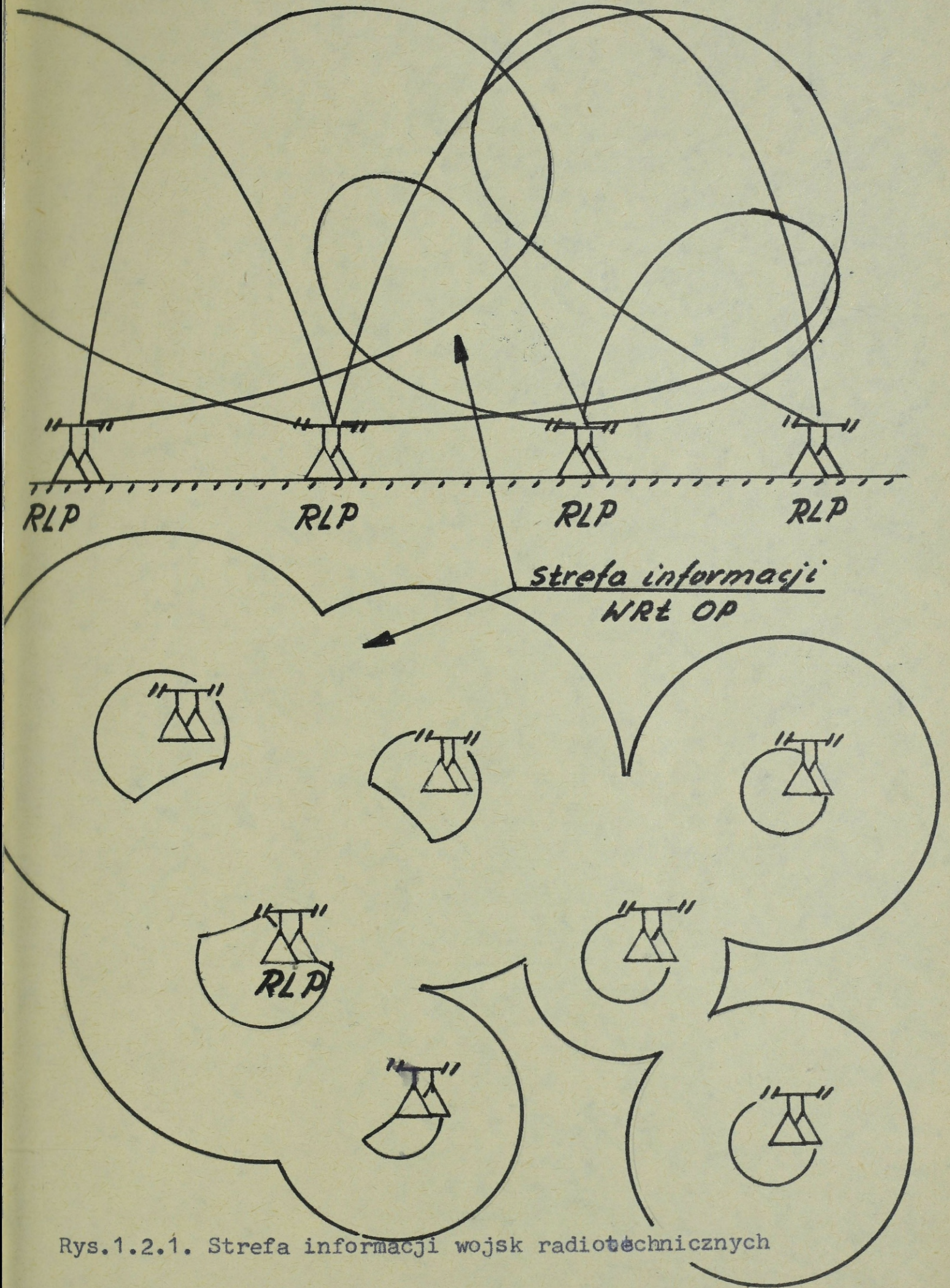
- gotowość bojowa Nr 1 /G-1/;
- gotowość bojowa Nr 2 /G-2/.

Pod pojęciem gotowość bojowa Nr 1 należy rozumieć taki stan sił i środków wojsk radiotechnicznych OPK, który w każdej chwili zapewnia wykrycie i określenie charakterystyki obiektów powietrznych oraz przekazanie informacji o wykrytych obiektach powietrznych do stanowisk dowodzenia zabezpieczanych radiolokacyjnie wojsk OP.

Siły i środki wojsk radiotechnicznych OP znajdujące się w gotowości bojowej Nr 2 mogą być wykorzystane do rozpoznania radiolokacyjnego obiektów powietrznych po osiągnięciu gotowości bojowej Nr 1, czyli po upływie czasu tg.

### 1.2.2. Strefa informacji wojsk radiotechnicznych OP

Strefa informacji wojsk radiotechnicznych OP jest to przestrzeń, w granicach której wojska radiotechniczne mogą prowadzić rozpoznanie obiektów powietrznych. Strefa informacji wojsk radiotechnicznych OP jest sumą stref informacji związków taktycznych i pododdziałów wojsk radiotechnicznych OP /rys.1.2.1./.



Rys.1.2.1. Strefa informacji wojsk radiotechnicznych

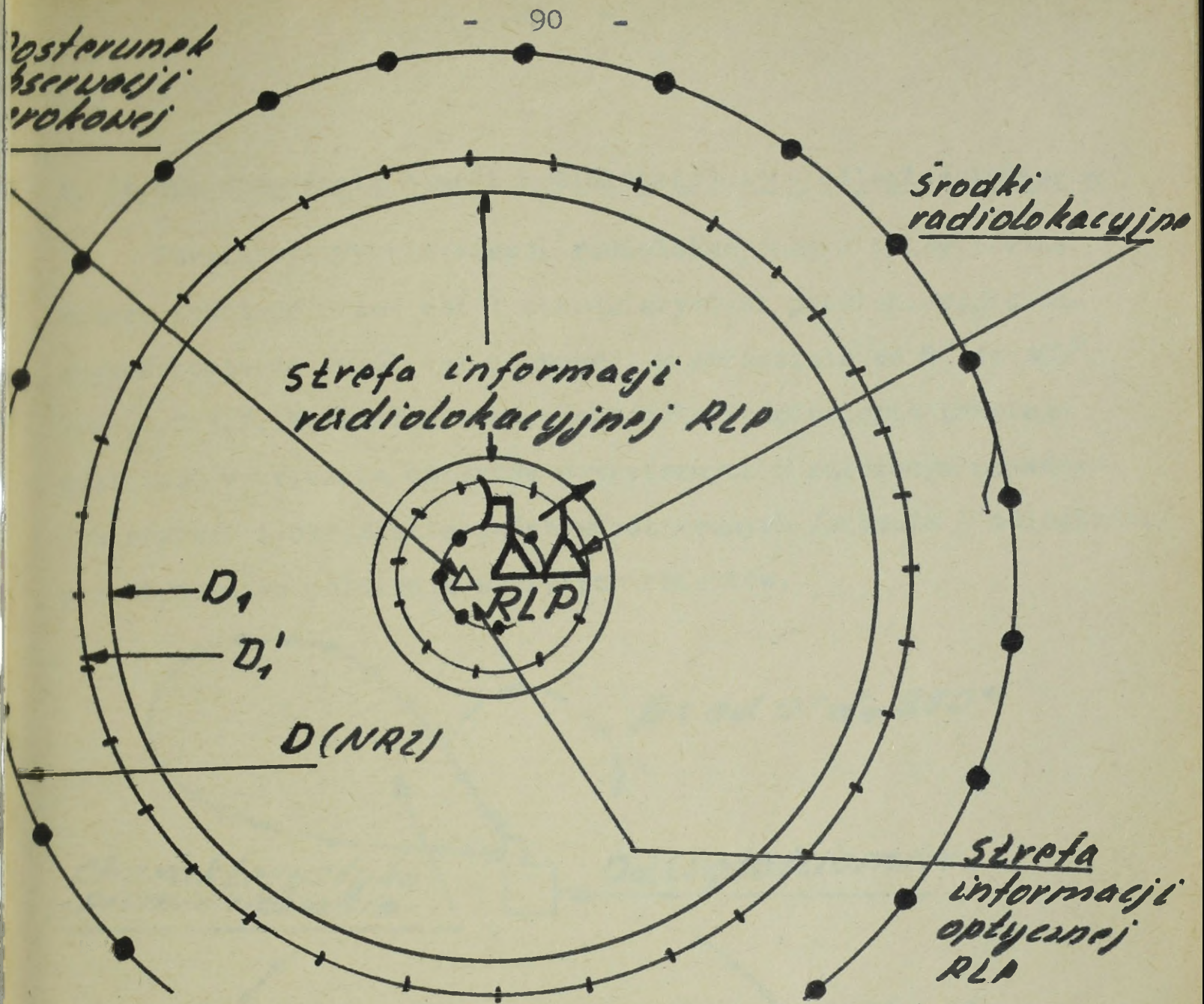
#### 1.2.2.1. Strefa informacji posterunku radiolokacyjnego

Posterunek radiolokacyjny /RLP/ jest to zespół sił i środków wojsk radiotechnicznych rozwiniętych na pozycji w celu prowadzenia rozpoznania obiektów powietrznych i przekazywania uzyskanej informacji do nadrzędnych stanowisk dowodzenia WRT.

Strefa informacji posterunku radiolokacyjnego składa się ze: strefy informacji radiolokacyjnej i strefy informacji optycznej /rys.1.2.2./.

Strefa informacji radiolokacyjnej posterunku radiolokacyjnego jest to przestrzeń, w granicach której siły posterunku radiolokacyjnego mogą prowadzić rozpoznanie obiektów powietrznych za pomocą środków radiolokacyjnych /stacji radiolokacyjnych/.

Strefa informacji optycznej posterunku radiolokacyjnego jest to przestrzeń, w granicach której siły posterunku radiolokacyjnego mogą prowadzić rozpoznanie obiektów powietrznych wzrokowo lub za pomocą środków optycznych.



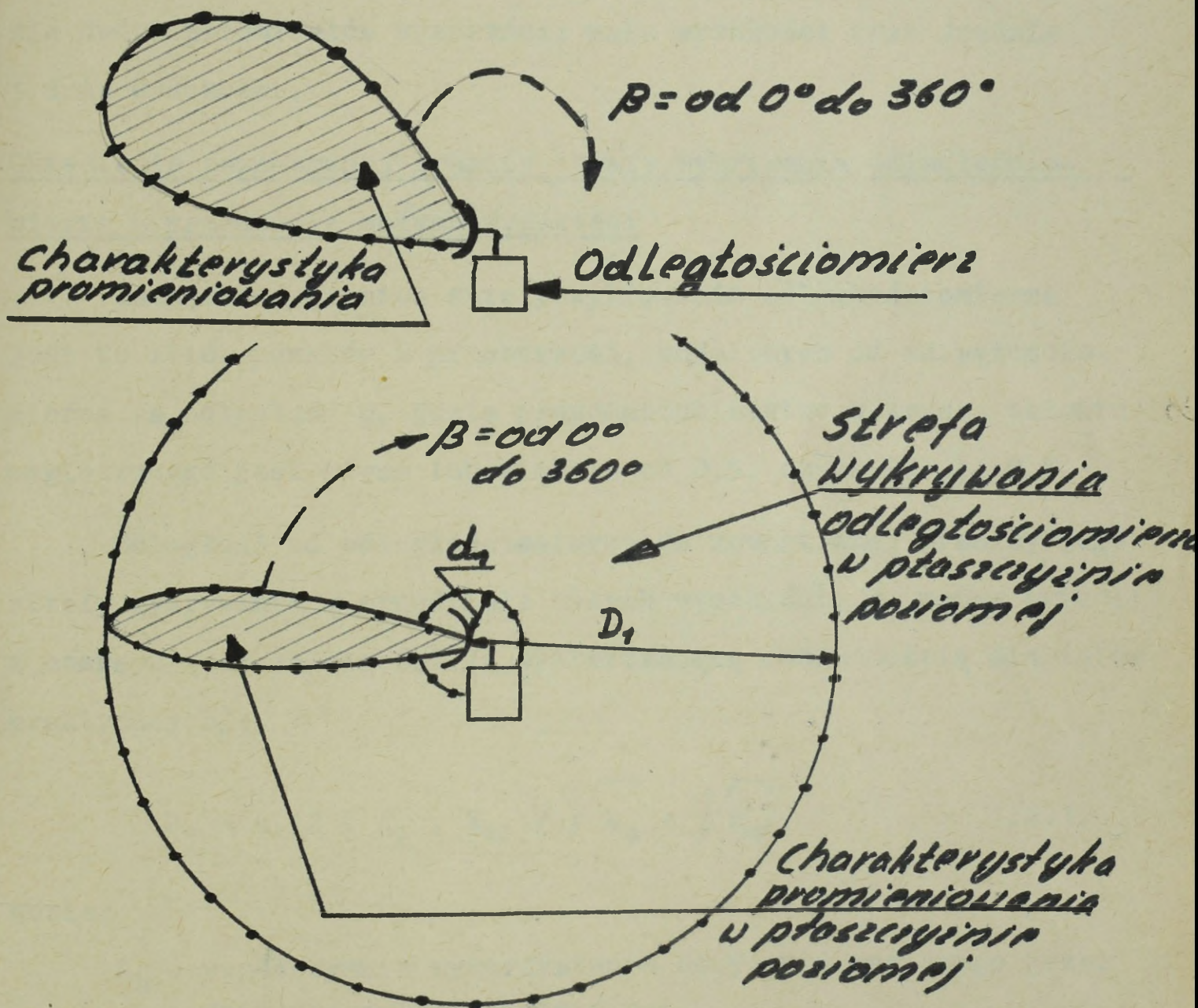
Rys.1.2.2. Strefa informacji posteronku radiolokacyjnego

#### 1.2.2.2. Strefa informacji radiolokacyjnej posteronku radiolokacyjnego

Strefa informacji radiolokacyjnej RLP jest to przestrzeń, w granicach której siły RLP wykrywają obiekty powietrzne z wymaganym prawdopodobieństwem  $P_w$  i określają charakterystykę z wymaganą dokładnością i wiarygodnością. Strefa informacji radiolokacyjnej jest tworzona przez stacje radiolokacyjne /odległościomierze i wysokościomierze/ i urządzenia rozpoznania przynależności państwowej obiektów powietrznych.

A. Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza

Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza powstaje przez obrót charakterystyki promieniowania odległościomierza wokół osi pionowej, w przedziale od  $0^{\circ}$  do  $360^{\circ}$  /rys.1.2.3./. W strefie wykrywania odległościomierza istnieje możliwość wykrywania obiektów powietrznych z założonym prawdopodobieństwem i określania dwóch współrzędnych /azymutu i odległości/ przestrzennego położenia wykrytych obiektów.



Rys.1.2.3. Strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza

Charakterystyka promieniowania odległościomierza jest określona zewnętrzną i wewnętrzną granicą wykrywania w płaszczyźnie pionowej.

Odległość wykrywania obiektów powietrznych za pomocą stacji radiolokacyjnej - odległościomierza zależy od wielu czynników, między innymi od wysokości lotu określonego obiektu.

Wobec tego, przy obliczaniu odległości od odległościomierza do zewnętrznej granicy jego strefy wykrywania, celowe jest wyróżnienie dwóch przedziałów wysokości: małe wysokości oraz średnie i duże wysokości.

#### Określenie zewnętrznej granicy strefy wykrywania odległościomierza w przedziale małych wysokości

Zewnętrzna granica strefy wykrywania odległościomierza jest to zbiór punktów w przestrzeni, oddalonych od odległościomierza na odległość  $D$ , gdzie prawdopodobieństwo wykrycia obiektu powietrznego jest równe lub większe od 0,5, czyli  $P_w \geq 0,5$ .

Odległość od odległościomierza do zewnętrznej granicy jego strefy wykrywania w przedziale małych wysokości,  $D_1$  można określić z następującej zależności /z wystarczającą dokładnością dla celów praktycznych/:

$$D_1 = 4,12 \cdot K_h \cdot K_\alpha \cdot \sqrt{h_a} + \sqrt{H_0} \quad 1.2.1.$$

gdzie:

$K_h$  - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego przez dany typ odległościomierza;

$K_\alpha$  - współczynnik kąta zakrycia;

$h_a$  - bezwzględna wysokość elektrycznego centrum anteny odległościomierza;

$H_0$  - bezwzględna wysokość lotu obiektu powietrznego.

Wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego  $K_h$  zależna jest od parametrów technicznych odległościomierza i określa wielkość całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej na drodze jej rozchodzenia się, głównie w przedziale małych wysokości. W zależności od typu odległościomierza i jego parametrów technicznych wartość współczynnika  $K_h$  może zawierać się w granicach od zera do jedności.

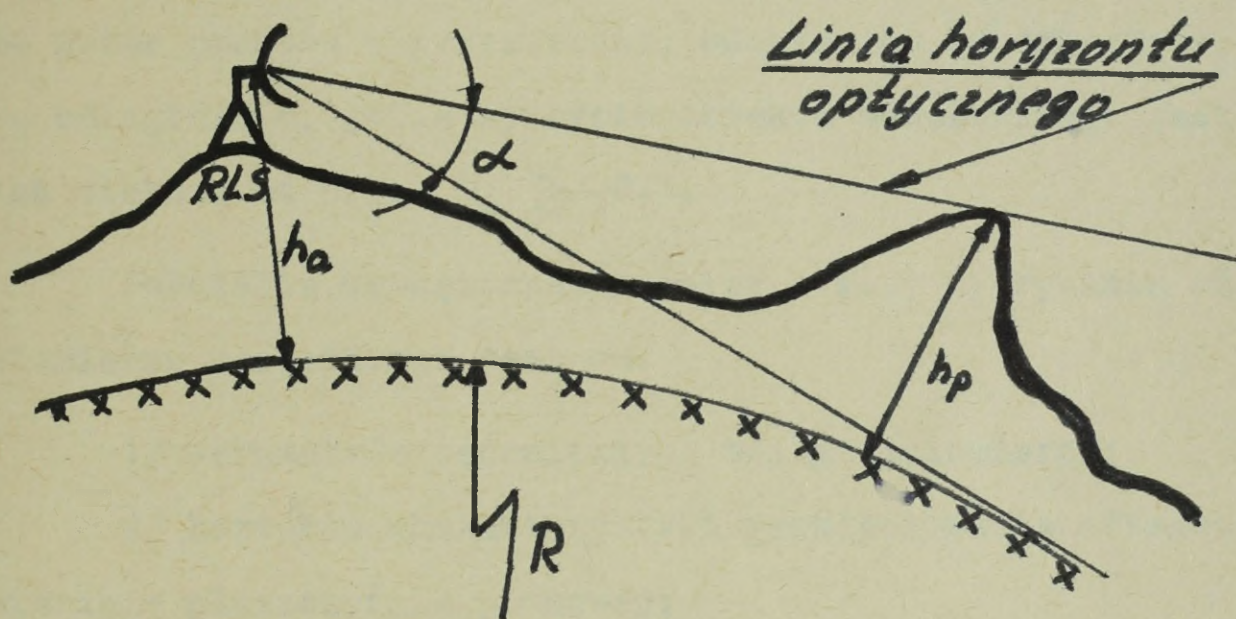
Wpływ kątów zakrycia na wartość  $D_1$  /patrz zależność 1.2.1./ uwzględnia się przez wprowadzenie współczynnika kąta zakrycia  $K_\alpha$ , który można wyznaczyć z następującej zależności:

$$K_\alpha = \sqrt{1 + \frac{R_z}{2H_0} \cdot \sin^2 \alpha} - \sqrt{\frac{R_z}{2H_0} \cdot \sin^2 \alpha} \quad 1.2.3.$$

gdzie:

$\alpha$  - kąt, jaki tworzy styczna do kuli ziemskiej z linią horyzontu optycznego /rys.1.2.4./;

$R_z$  - równoważny promień kuli ziemskiej,  $R_z = \frac{4}{3} R$ ;  
przy czym  $R$  jest promieniem kuli ziemskiej.



Rys.1.2.4. Ilustracja kąta zakrycia

Określenie zewnętrznej granicy strefy wykrywania odległościomierza w przedziale średnich i dużych wysokości

Odległość od odległościomierza do zewnętrznej granicy jego strefy wykrywania, w przedziale średnich i dużych wysokości,  $D_2$  określa się na podstawie wartości podanych w formularzu technicznym urządzenia radiolokacyjnego - odległościomierza.

Wartości te podane są jako zależności funkcyjne:

$$D_2 = f/h_w; \quad P_w = \text{const.} \quad \sigma = \text{const.} \quad 1.2.4.$$

gdzie:

$h_w$  - względna wysokość obliczanego punktu zewnętrznej granicy strefy wykrywania w stosunku do centrum anteny odległościomierza;

$P_w$  - założone prawdopodobieństwo wykrywania;

$\zeta$  - wielkość skutecznej powierzchni odbicia obiektu powietrznego.

### Określenie wewnętrznej granicy strefy wykrywania odległościomierza

Wewnętrzna granica strefy wykrywania odległościomierza jest to zbiór punktów w przestrzeni, oddalonych od odległościomierza na odległość  $d$ , gdzie wykrycie obiektu powietrznego jest równe lub większe od 0,5;  $P_w \geq 0,5$ .

Położenie wewnętrznej granicy strefy wykrywania odległościomierza uzależnione jest od:

- 1/ parametrów technicznych odległościomierza;
- 2/ kształtu charakterystyki promieniowania odległościomierza w płaszczyźnie pionowej;
- 3/ nierówności terenu i kątów zakrycia pozycji, na której rozwinięty jest odległościomierz.

Wpływ wyżej wymienionych czynników na położeniu wewnętrznej granicy strefy wykrywania odległościomierza zmienia się wraz ze zmianą wysokości. W przedziale małych wysokości na wartość odległości  $d_1$  /od odległościomierza do wewnętrznej granicy strefy wykrywania/ decydujący wpływ wywiera wielkość strefy martwej odległościomierza. Wartość odległości  $d_1$  /promień strefy martwej/ można określić według następującej zależności:

$$d_1 = \frac{C}{2} \sqrt{\zeta + \zeta'} + 1,3 \cdot \frac{L_1}{l_1} C_1 \quad 1.2.5.$$

gdzie:

- C - prędkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych;
- $\tau$  - czas trwania impulsu elektromagnetycznego - odległościomierza;
- $\tau'$  - czas dejonizacji *zwieraków* odległościomierza;
- $L_1$  - skala wskaźnika odległościomierza;
- $l_1$  - długość podstawy czasu wskaźnika odległościomierza;
- $C_1$  - średnica plamki świetlnej na ekranie wskaźnika.

W przedziale wysokości średnich i dużych na wartość odległości  $d_2$  /od odległościomierza do wewnętrznej granicy strefy wykrywania/ decydujący wpływ wywiera stożek martwy odległościomierza. Wartość odległości  $d_2$  /promień stożka martwego/ można określić według następującej zależności:

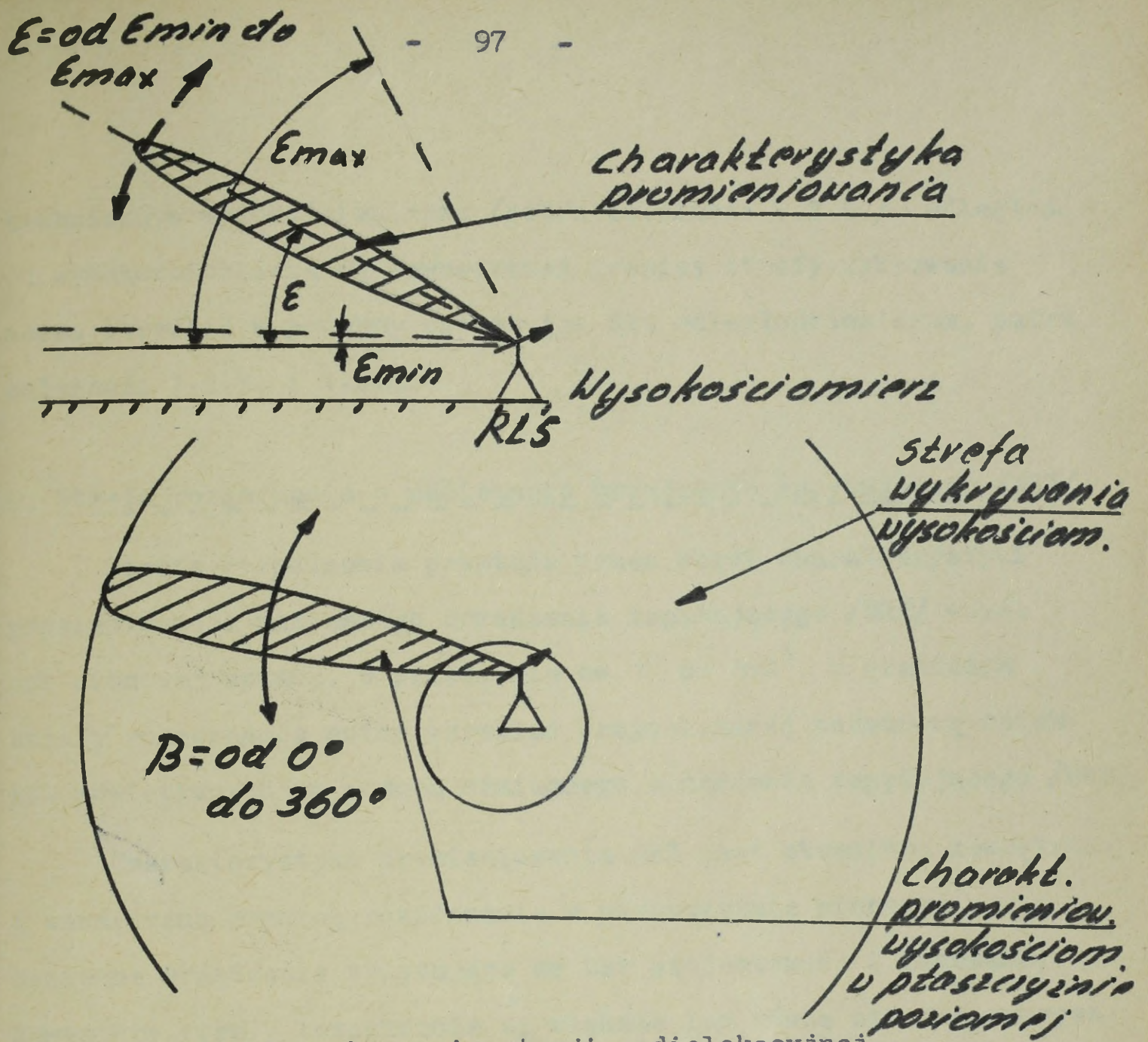
$$d_2 = h_w \cdot \text{ctg} \varepsilon \quad 1.2.6.$$

gdzie:

- $h_w$  - względna wysokość obliczanego punktu wewnętrznej granicy strefy wykrywania w stosunku do centrum anteny odległościomierza;
- $\varepsilon$  - maksymalny kąt podniesienia charakterystyki promieniowania odległościomierza.

#### B. Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej - wysokościomierza

Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej - wysokościomierza powstaje przez przemieszczanie /wahanie/ charakterystyki promieniowania wysokościomierza w płaszczyźnie pionowej od  $\varepsilon_1$  min do  $\varepsilon_1$  max i obrót jej wokół osi pionowej od  $0^\circ$  do  $360^\circ$  /rys.1.2.5./.



Rys.1.2.5. Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej -  
wysokościomierza

Charakterystyka promieniowania wysokościomierza jest określona zewnętrzną i wewnętrzną granicą wykrywania i pomiaru wysokości w płaszczyźnie pionowej i poziomej.

Odległość od wysokościomierza do zewnętrznej granicy strefy wykrywania i pomiaru wysokości, w przedziale małych wysokości,  $D_1^*$  można określić według zależności 1.2.1. Natomiast odległość od wysokościomierza do zewnętrznej granicy strefy wykrywania i pomiaru wysokości, w przedziale średnich i dużych wysokości,  $D_2^*$  określa się na podstawie wartości podanych w formularzu

technicznym wysokościomierza /patrz zależność 1.2.4./. Odległość od wysokościomierza do wewnętrznej granicy strefy wykrywania można określić w podobny sposób jak dla odległościomierza, patrz zależności 1.2.5. i 1.2.6.

C. Strefa rozpoznania - naziemnego urządzenia zapytującego /NRZ/

Strefa rozpoznania powstaje przez obrót charakterystyki promieniowania naziemnego urządzenia zapytującego /NRZ/ wokół osi pionowej anteny. W przedziale od  $0^{\circ}$  do  $360^{\circ}$ . W granicach strefy rozpoznania można określać przynależność państwową obiektów powietrznych za pomocą naziemnego urządzenia zapytującego /NRZ/.

Charakterystyka promieniowania NRZ jest określona zewnętrzną i wewnętrzną granicą rozpoznania w płaszczyźnie pionowej. Naziemne urządzenia zapytujące są tak projektowane i budowane, że wymiary strefy rozpoznania są większe lub równe strefie wykrywania odległościomierza lub wysokościomierza. Stąd, w obliczeniach wymiarów strefy informacji radiolokacyjnej posterunku radiolokacyjnego zakłada się, że naziemne urządzenia zapytujące zapewniają określanie przynależności państwowej obiektów powietrznych, znajdujących się w strefie wykrywania odległościomierza lub wysokościomierza.

D. Określanie strefy informacji radiolokacyjnej - posterunku radiolokacyjnego

Strefa informacji radiolokacyjnej posterunku radiolokacyjnego /RLP/ powstaje ze stref wykrywania odległościomierzy i wysoko-

ściomierzy oraz stref rozpoznania NRZ znajdujących się w wyposażeniu RLP. Strefa informacji radiolokacyjnej RLP jest to przestrzeń w granicach której RLP może: wykrywać obiekty powietrzne z prawdopodobieństwem  $P_w \geq 0,5$ , określać przestrzenne położenie /d - odległość bezpośrednią,  $\beta$  - azymut topograficzny i H - wysokość względna/, i przynależności państwową /P/ wykrytych obiektów powietrznych. Strefa informacji radiolokacyjnej RLP jest określona przez zewnętrzną i wewnętrzną granicę. Odległość od RLP do zewnętrznej granicy strefy informacji radiolokacyjnej /D<sub>z</sub>/ można określić z zależności:

$$D_{1z} = \min \{ D_1; D'_1 \} \quad 1.2.7.$$

dla H = const. w przedziale małych wysokości;

$$D_{2z} = \min \{ D_2; D'_2 \} \quad 1.2.8.$$

dla H = const. w przedziale średnich i dużych wysokości.

Odległość od RLP do wewnętrznej granicy strefy informacji radiolokacyjnej /d<sub>w</sub>/ można określić z zależności:

$$d_{1w} = \max \{ d_1; d'_1 \} \quad 1.2.9.$$

dla H = const., w przedziale małych wysokości;

$$d_{2w} = \max \{ d_2; d'_2 \} \quad 1.2.10.$$

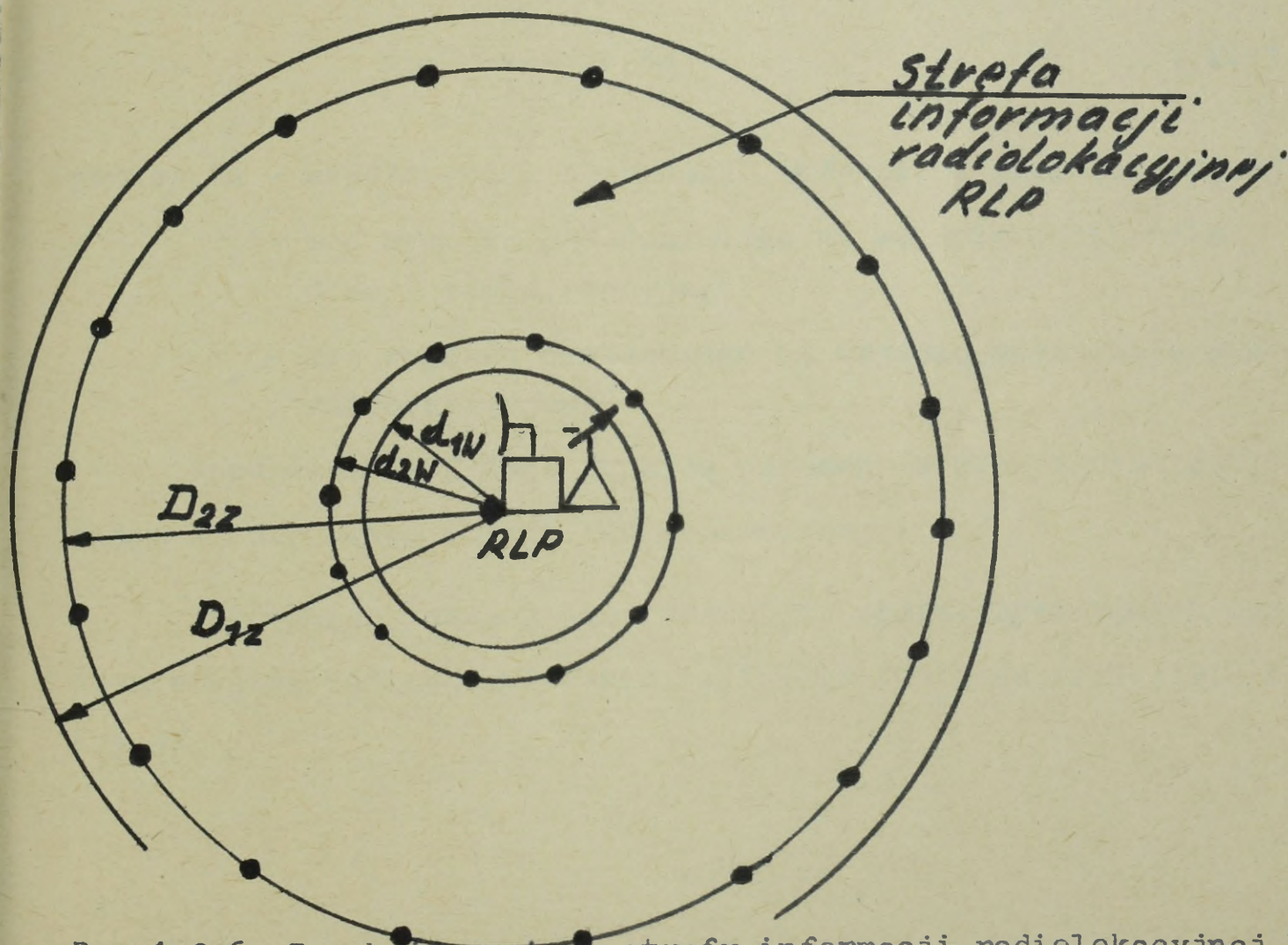
dla H = const., w przedziale średnich i dużych wysokości.

Wartość  $D_1, D_1', D_2, D_2', d_1, d_1', d_2$  i  $d_2'$  występujące w zależnościach od nr 1.2.7. do 1.2.10. są określane wg zależności 1.2.1., 1.2.4., 1.2.5. i 1.2.6. oraz pkt 1.2.2.2.B.

W zależnościach 1.2.7., 1.2.8., 1.2.9. i 1.2.10 nie uwzględnia się strefy rozpoznania /NRZ/ - zgodnie z pkt.1.2.2.2.C.

Zbiór odległości:  $D_{1z}, D_{2z}, d_{1w}, d_{2w}$  dla przedziotu wysokości od  $H = 0$  do  $H = \max$  /górną granicą strefy informacji radiolokacyjnej/ i kąta obrotu od  $0^\circ$  do  $360^\circ$  przedstawia strefę informacji radiolokacyjnej RLP /rys.1.2.6./.

Strefę informacji radiolokacyjnej RLP określa się dla odległościomierza i wysokościomierza o najlepszych parametrach w zakresie wykrywania obiektów powietrznych.



Rys.1.2.6. Przekrój poziomy strefy informacji radiolokacyjnej RLP

### 1.2.2.3. Wpływ aktywnych zakłóceń radioelektronicznych na możliwości wykrywania obiektów powietrznych przez RLP

Działania bojowe lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych w poważnym stopniu uzależnione są od efektywności stosowania zakłóceń radioelektronicznych przez przeciwnika. Dlatego też oceniając efektywność działań bojowych wojsk OP należy widzieć wpływ, stosowanych przez przeciwnika powietrznego, zakłóceń radioelektronicznych na możliwości zabezpieczenia radiolokacyjnego tych działań.

Efektywność zakłóceń zależy od stosunku mocy zakłócenia do mocy sygnału, tj. zakłócenia radioelektroniczne mogą wprowadzić stratę informacji radiolokacyjnej przy spełnieniu warunku:

$$K = \frac{P_z'}{P_s'} \cdot K_d \quad 1.2.11$$

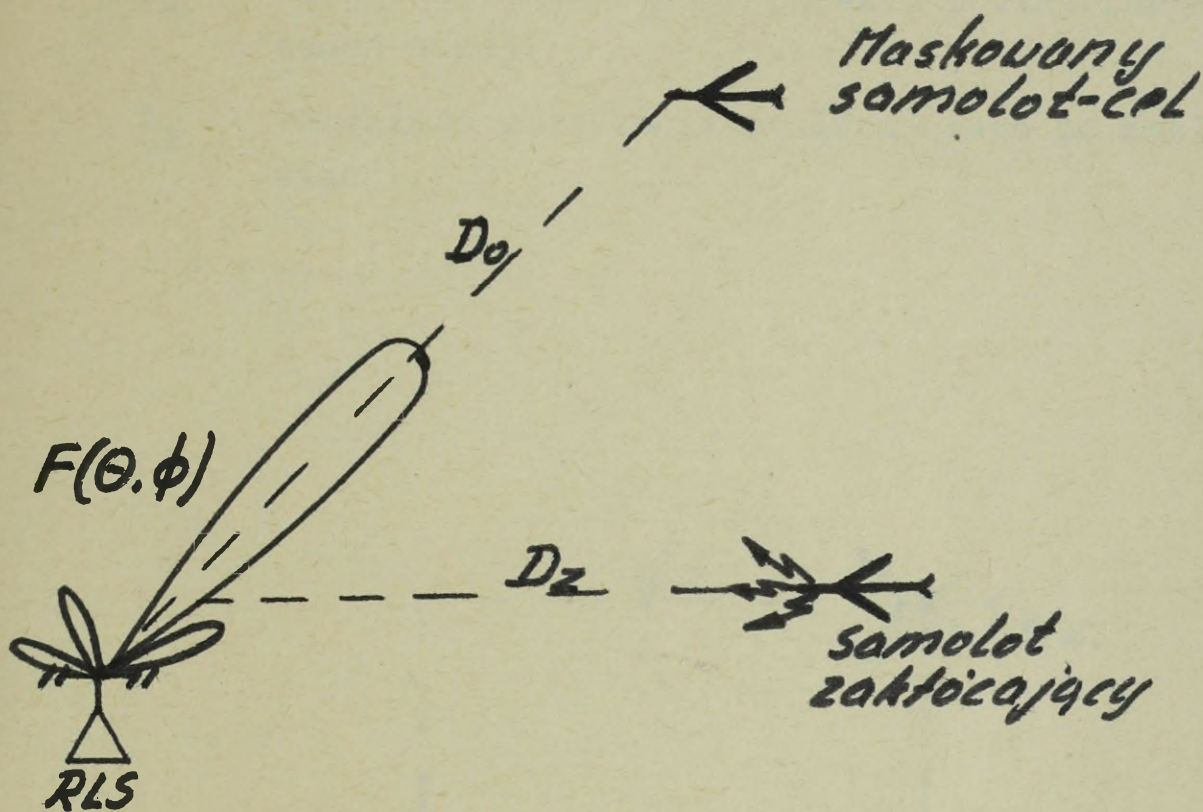
gdzie:  $K_d$  - współczynnik degradacji informacji radiolokacyjnej;

$P_z'$  - moc sygnału zakłócającego na wejście odbiornika stacji radiolokacyjnej;

$P_s'$  - moc sygnału użytecznego na wejściu odbiornika stacji radiolokacyjnej.

Współczynnik  $K$  jest funkcją parametrów urządzenia zakłócającego i zakłócanej stacji radiolokacyjnej.

Wprowadzamy oznaczenia parametrów charakteryzujących urządzenie wytwarzające zakłócenia radioelektroniczne /rys.1.2.7 i 1.2.8/.

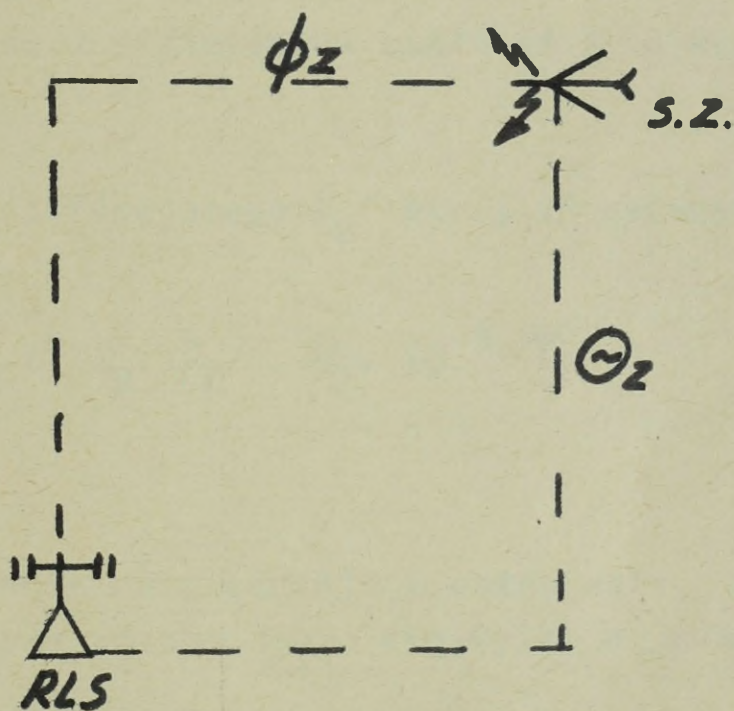


Rys.1.2.7. Stosowanie zakłóceń czynnych przez jeden samolot zakłócający

Parametry charakteryzujące system zakłócający:

- $P_z$  - moc nadajnika zakłóceń;
- $G_z$  - zysk kierunkowy anteny nadajnika zakłóceń;
- $V_z$  - współczynnik uwzględniający różnicę w polaryzacji anten nadajnika zakłóceń i zakłócaniej stacji;
- $\Delta F_z$  - efektywna szerokość widma sygnału zakłócającego;
- $\sigma_0$  - powierzchnia skuteczna maskowanego obiektu powietrznego /celu/;

- $D_z, \theta_z, \phi_z$  - współrzędne biegunowe położenia urządzenia zakłócającego /samolotu nosiciela urządzeń zakłócających/;
- $D_o$  - odległość maskowanego obiektu powietrznego od zakłócannej stacji;
- $D_z$  - odległość urządzenia zakłócającego od zakłócannej stacji.



Rys.1.2.8. Współrzędne urządzenia zakłócającego /samolotu/ względem zakłócannej stacji

Parametry charakteryzujące zakłócaną stację radiolokacyjną:

- $P_s$  - moc zakłócannej stacji;
- $G_s$  - zysk kierunkowy anteny zakłócannej stacji;

$\Delta f_0$  - szerokość pasma przepuszczania liniowej części odbiornika zakłócającej stacji;

$F/\theta_z; \phi_z/$  - funkcja, opisująca znormalizowaną charakterystykę kierunkową zakłócającej stacji;

$K_d$  - współczynnik degradacji informacji radiolokacyjnej uzyskanej z określonego typu stacji;

$A_s$  - powierzchnia skuteczna anteny zakłócającej stacji:

$$A_s = \frac{G_s \cdot \lambda_s^2}{4\pi} \quad 1.2.12.$$

Wyznamy zależność współczynnika zakłóceń  $K$  od wymienionych parametrów.

Moc sygnału zakłócającego  $P_z'$  określić możemy z zależności:

$$P_z'' = \frac{P_z \cdot G_z}{4\pi D_z^2} \cdot A_s \cdot F^2 / \theta_z \cdot \phi_z / \cdot \nu_z \cdot 10^{-0,1\alpha' D_z} \quad 1.2.13$$

gdzie:

$\alpha'$  - współczynnik uwzględniający osłabienie sygnału w atmosferze, przy rozchodzeniu się tylko w jedną stronę.

Na wejście odbiornika doprowadza się jedynie część mocy zakłóceń, określoną ilorazem szerokości widma sygnału zakłócającego i pasma przepuszczania odbiornika zakłócającej stacji. Przy założeniu prostokątnej aproksymacji widma sygnału zakłócającego i amplitudowo-częstotliwościowej charakterystyki liniowej części odbiornika, moc sygnału zakłócającego na wejściu odbiornika, w granicach pasma przepuszczania jego liniowej części, można określić w sposób następujący:

$$P_z' = P_z'' \cdot \frac{\Delta f_o}{\Delta f_z} \quad 1.2.14$$

Stąd, po przekształceniach mamy:

$$P_z' = \frac{P_z \cdot G_z \cdot G_s \cdot \lambda_s^2}{/4 \pi /^2 \cdot D_s^2} \cdot F^2 / Q_z \cdot \phi_z / \cdot \nu_z \frac{\Delta f_o}{\Delta f_z} \cdot 10^{-0,1 \alpha' D_s} \quad 1.2.15$$

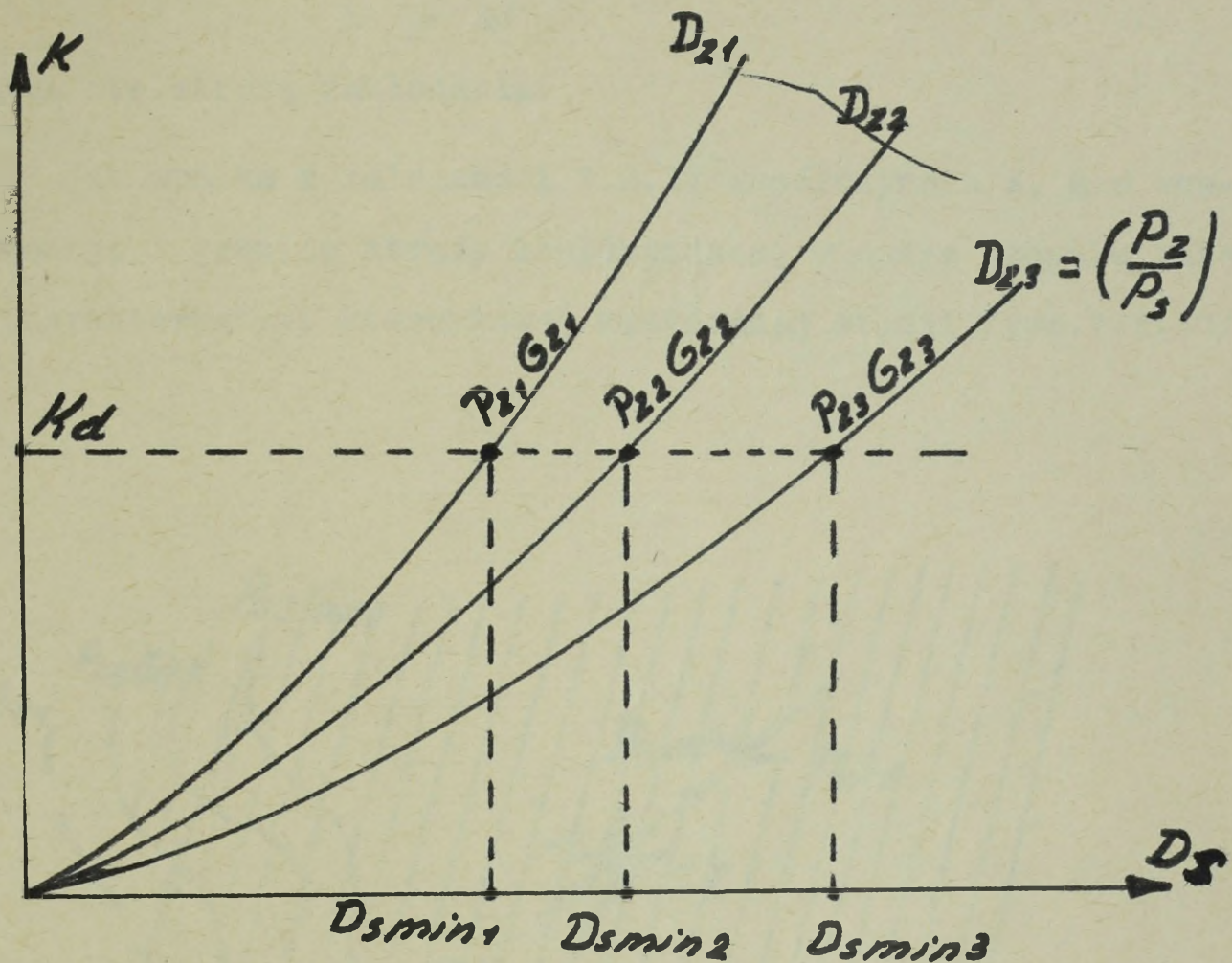
W analogiczny sposób możemy otrzymać wyrażenie na moc sygnału użytecznego, na wejściu liniowej części odbiornika zakłócanej stacji:

$$P_s' = \frac{P_s \cdot G_s^2 \cdot G_o \cdot \lambda_s^2}{/4 \pi /^3 \cdot D_s^4} \cdot 10^{-0,2 \alpha' D_s} \quad 1.2.16$$

Podsumowując wyrażenia 1.2.15 i 1.2.16 znajdujemy poszukiwane wyrażenie ilorazu mocy sygnału zakłócającego i mocy sygnału użytecznego na wejściu odbiornika:

$$K = 4 \pi \frac{P_z G_z \cdot D_s^4}{P_s G_s \cdot G_o \cdot D_z^2} F^2 / Q_z \cdot \phi_z / \frac{\Delta f_o}{\Delta f_s} \cdot \nu_z \cdot 10^{-0,1 \alpha' / 2 D_s - D_z /} \quad 1.2.17.$$

Powyższe wyrażenie /1.2.17/ nazywa się równaniem przeciwdziałania radioelektronicznego dla zakłóceń czynnych. Pozwala ono znaleźć zależność ilorazu mocy sygnału zakłócającego do mocy sygnału użytecznego od parametrów zakłócanej stacji, urządzenia zakłócającego i ich wzajemnego rozmieszczenia /rys.1.2.9./.



Rys.1.2.9. Zależność ilorazu  $/K/$  sygnału zakłócającego i użytecznego od odległości do maskowanego obiektu  $D_s$

Na rysunku 1.2.9. przedstawiono zależność współczynnika  $K$  od  $D_s$  i  $D_z$  oraz parametrów urządzenia zakłócającego i zakłócającej stacji. Jak wynika z przedstawionych wykresów iloraz mocy sygnału zakłóceń i użytecznego  $K$  maleje przy zmniejszaniu odległości źródła zakłóceń  $/D_s/$ . Na określonej odległości  $D_s'$  źródła zakłóceń  $/maskowanego obiektu/$  od zakłócającej stacji iloraz  $K$  zmniejsza się do tego stopnia, że zakłócenia przestają być skuteczne, tj.

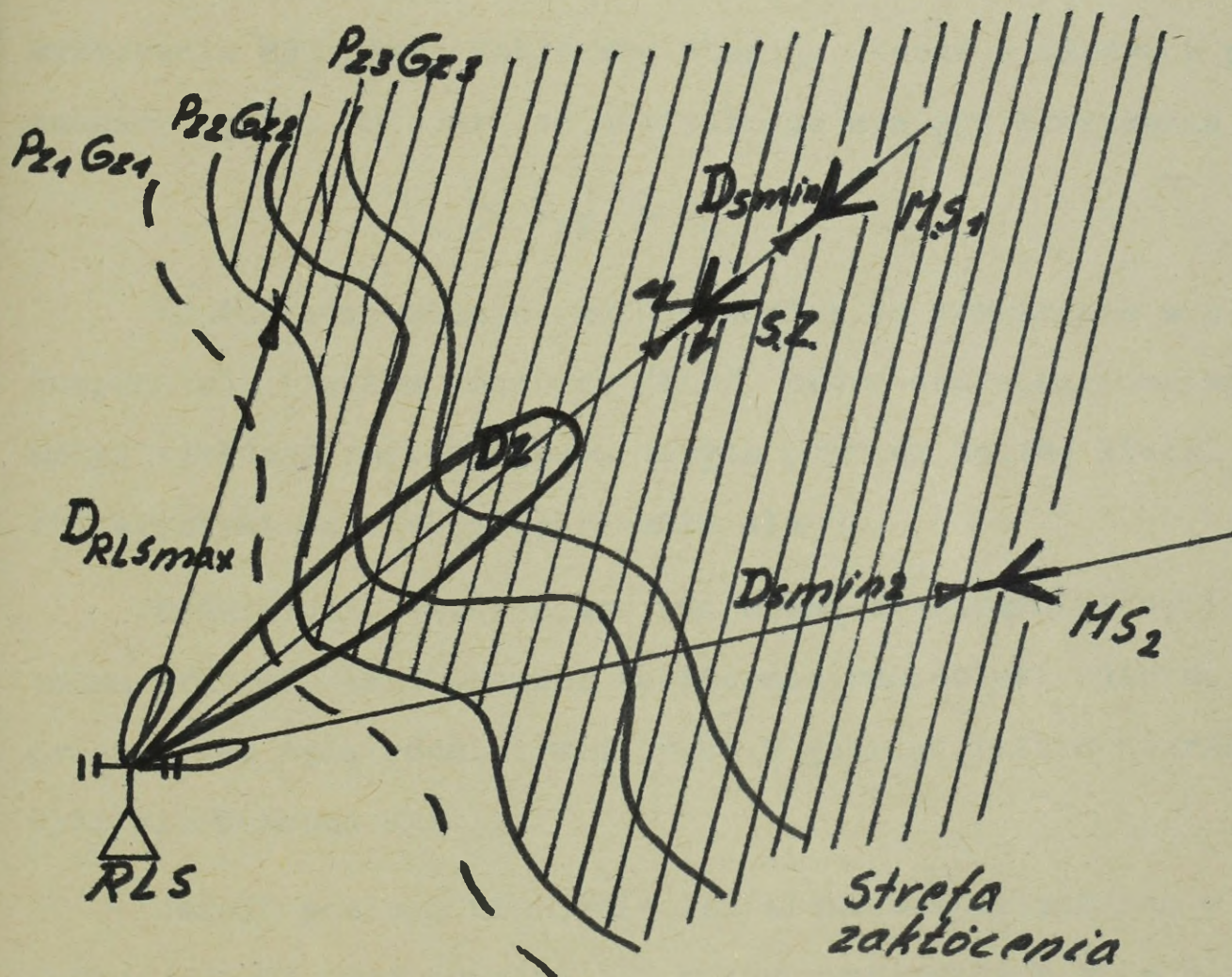
$$K \leq K_d$$

Natomiast obszar, w którym

$$K > K_d$$

nazywa się strefą zakłócania.

Jak wynika z zależności 1.2.17 współczynnik  $K$ , a w konsekwencji i granice strefy zakłócania są w dużym stopniu zależne od charakterystyki kierunkowej zakłócającej stacji /rys.1.2.10/.



Rys.1.2.10. Strefy zakłócania stacji radiolokacyjnej w biegunowym układzie współrzędnych

Na rysunku 1.2.10 wykreślono w biegunowym układzie współrzędnych strefy zakłócania stacji o danej charakterystyce kierunkowej anteny. Można zauważyć, że maskowany obiekt powietrzny /cel powietrzny/  $MS_1$  może się zbliżyć do zakłócającej stacji /bez obawy o wykrycie/ znacznie bliżej niż w przypadku, gdy  $MS_2$  zbliża się do stacji pod innym kątem niż urządzenia zakłócające. W pierwszym przypadku zakłócenia działają w głównym listku charakterystyki kierunkowej stacji, a w drugim w bocznym listku.

Tak więc zasięg wykrywania  $MS_1$  będzie mniejszy od zasięgu wykrywania  $MS_2$  przez zakłócającą stację. Jednak w obydwóch przypadkach będzie mniejszy od nominalnego zasięgu wykrywania stacji.

$$D_n > D_{s2} > D_{s1}$$

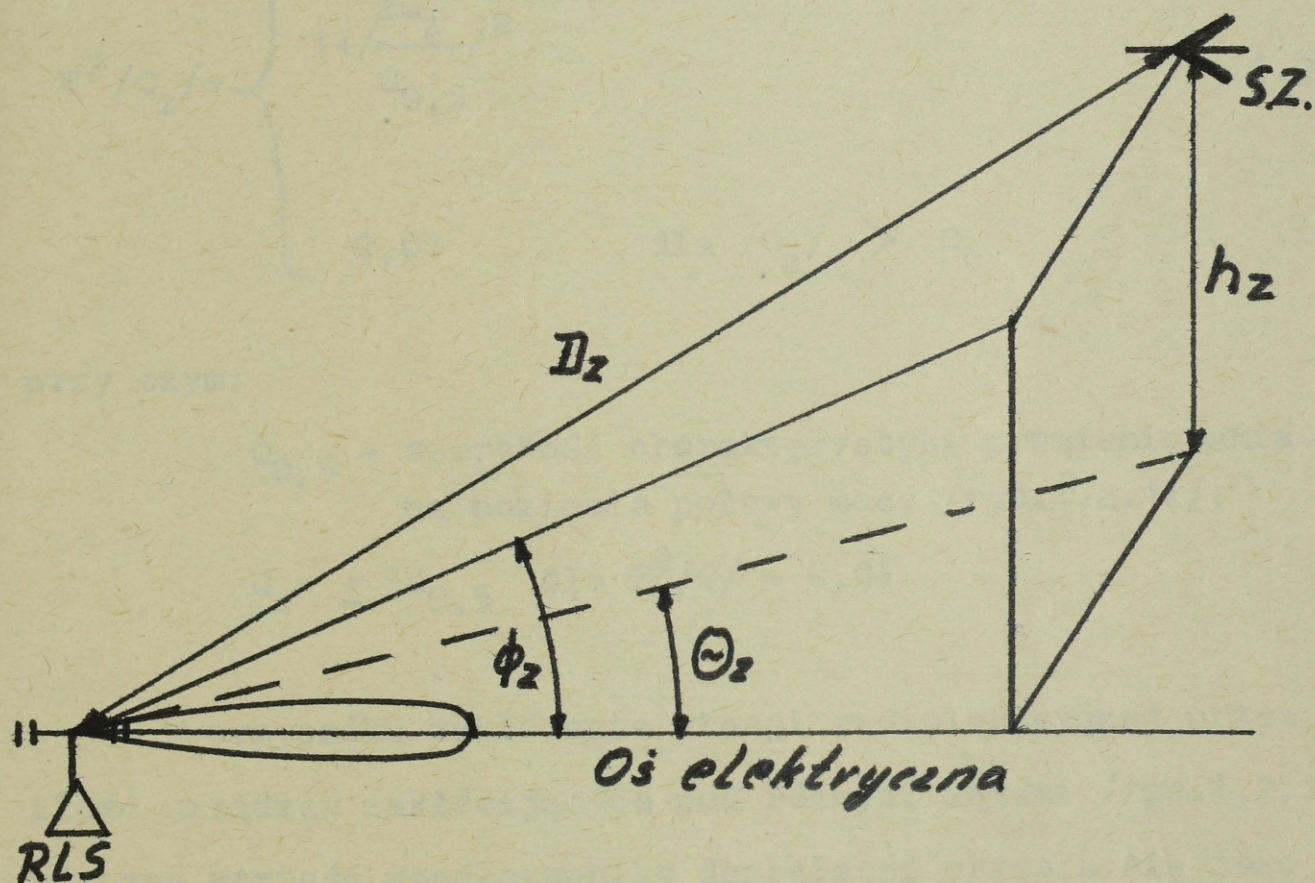
Współczesne stacje radiolokacyjne są wyposażone w układy kompensacji listków bocznych /KLB/, które skutecznie eliminują wpływ zakłóceń radioelektronicznych poprzez boczne listki charakterystyki na zasięg wykrywania stacji.

W dalszych rozważaniach nad oceną efektywności systemu OP można przyjąć, że stosowane zakłócenia radioelektroniczne przez przeciwnika będą oddziaływać tylko w głównym listku charakterystyki kierunkowej stacji.

Jeżeli pominąć tłumienie fal elektromagnetycznych w atmosferze / $\alpha = 0$ / oraz przyjąć dla celów praktycznych  $v_z = 0,5$  i gęstość widmową zakłóceń szumowych jako  $G = \frac{P_z}{\Delta F_z}$ , to zależność 1.2.17 przyjmuje postać:

$$K = 2 \pi \frac{G \cdot G_z \cdot D_s^4 \cdot \Delta f_o}{P_s \cdot G_s \cdot \sigma_o \cdot D_z^2} F^2 / Q_z; \phi_z / \quad 1.2.18$$

Zależnością 1.2.18 można się posługiwać przy określaniu współczynnika degradacji pod warunkiem, że znana jest wartość znormalizowanej charakterystyki kierunkowej zakłócanej stacji lub umie się ją określić. Na jej wartość wpływ ma między innymi wysokość znajdowania się źródła zakłóceń  $h_z$ , jego odległość od zakłócanej stacji  $D_z$  oraz wielkość przesunięcia osi elektrycznej rzutu poziomego. charakterystyki kierunkowej zakłócanej stacji względem źródła zakłóceń /rys.1.2.11/.



Rys.1.2.11. Interpretacja kątów  $\Theta_2$  i  $\phi_2$

Ponieważ wyznaczenie analityczne wartości  $Q_z$  i  $\phi_z$  sprawia poważne trudności, dla celów praktycznych można posłużyć się zależnością:

$$F^2/Q_z, \phi_z/ = \frac{D/\phi_z/}{D_{\max}} \cdot F^2/Q_z/ \quad 1.2.19$$

gdzie:

$D/\phi_z/$  - zasięg wykrywania stacji na wysokości  $h_z$  /kąt  $\phi_z/$ ;  
 $D_{\max}$  - maksymalny zasięg wykrywania stacji;

oraz

$$F^2/Q_z/ = \begin{cases} \frac{1}{1 + \frac{2Q_z/}{Q_{0,5}}/2} & \text{dla } /Q_z/ \leq Q_0 \\ 0,01 & \text{dla } /Q_z/ > Q_0 \end{cases} \quad 1.2.20$$

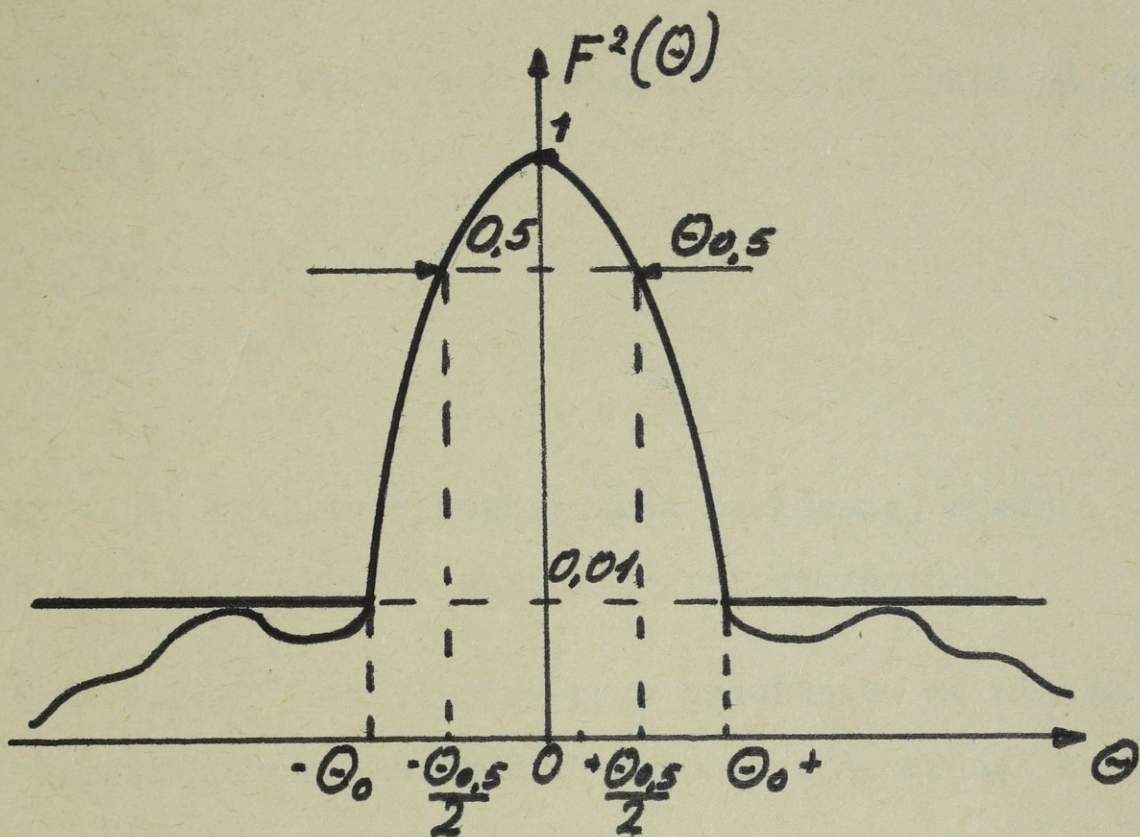
przy czym:

$Q_{0,5}$  - szerokość charakterystyki promieniowania stacji na poziomie połowy mocy /rys.1.2.12/;

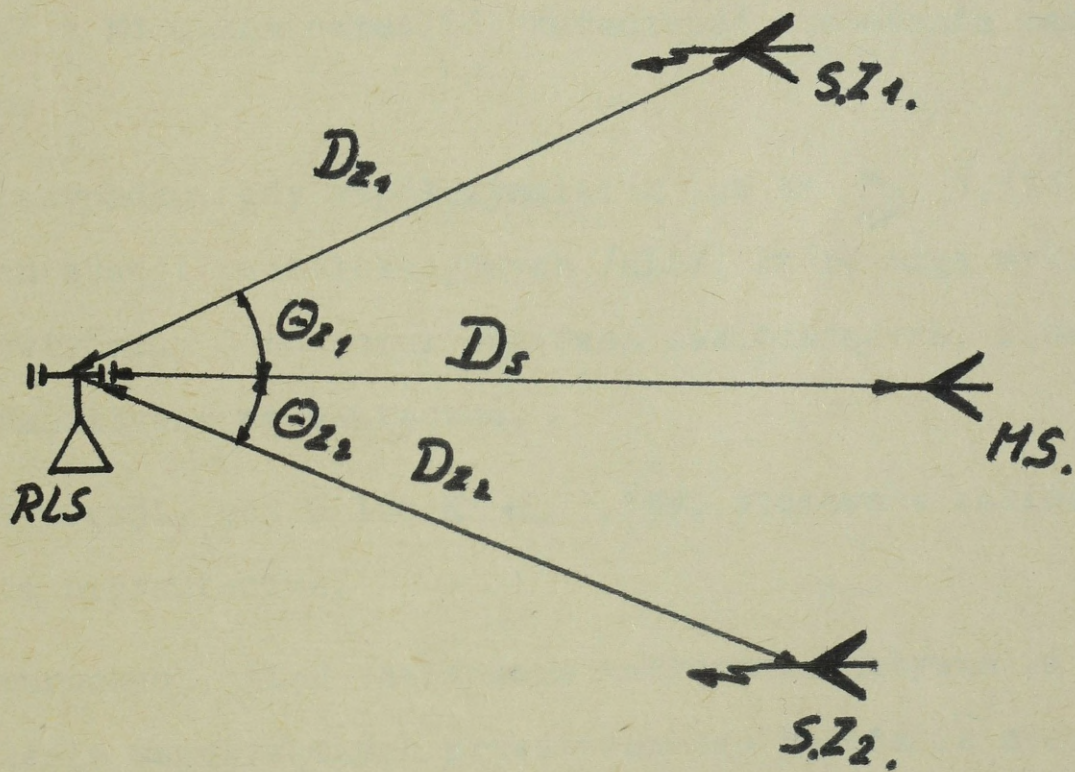
$$Q_0 = \pm 5Q_{0,5} \quad \text{dla } F^2/Q/ = 0,01$$

W przypadku zakłócania stacji radiolokacyjnej przez większą ilość urządzeń zakłócających pod różnymi kątami /rys.1.2.13/, wówczas wartość współczynnika degradacji określa się jako sumę wartości współczynnika  $K_i$  pochodzących od poszczególnych urządzeń zakłócających.

$$K = \sum_{i=1}^N K_i \quad 1.2.21$$



Rys.1.2.12. Aproksymowana charakterystyka kierunkowa stacji



Rys.1.2.13. Zakłócenia stosowane przez większą ilość urządzeń zakłócających

Współczynnik degradacji  $K'$  dla ciągłych zakłóceń szumowych określa się z zależności:

$$K' = \frac{F_p \cdot Q_{0,5}}{36 \cdot N} \quad 1.2.22$$

gdzie:

$F_p$  - częstotliwość powtarzania zakłócającej stacji;

$N$  - liczba obrotów anteny stacji zakłócającej.

Wzór 1.2.22 jest słuszny przy założeniu, że wiązka anteny stacji przeszukuje przestrzeń w azymucie i że sygnał zakłócający jest białym szumem gaussowskim.

Na podstawie porównania wyznaczonych wartości współczynników  $K, K'$  z  $K_d$  można określić skuteczność stosowania zakłóceń aktywnych.

W przypadku, gdy współczynniki  $K$  lub  $K' \geq 1,5K_d$  dla wszystkich stacji radiolokacyjnych /RLP/, które mogą wykryć dany obiekt powietrzny - nosiciel urządzeń zakłócających, stosowane zakłócenia aktywne są skuteczne.

W sytuacji, gdy  $K$  lub  $K' < 1,5K_d$ , stosowane zakłócenia aktywne są nieskuteczne.

W warunkach, kiedy stosowane zakłócenia aktywne są skuteczne określanie współrzędnych przestrzennego położenia nosiciela /celu powietrznego/ urządzeń zakłócających oblicza się metodą triangulacji.

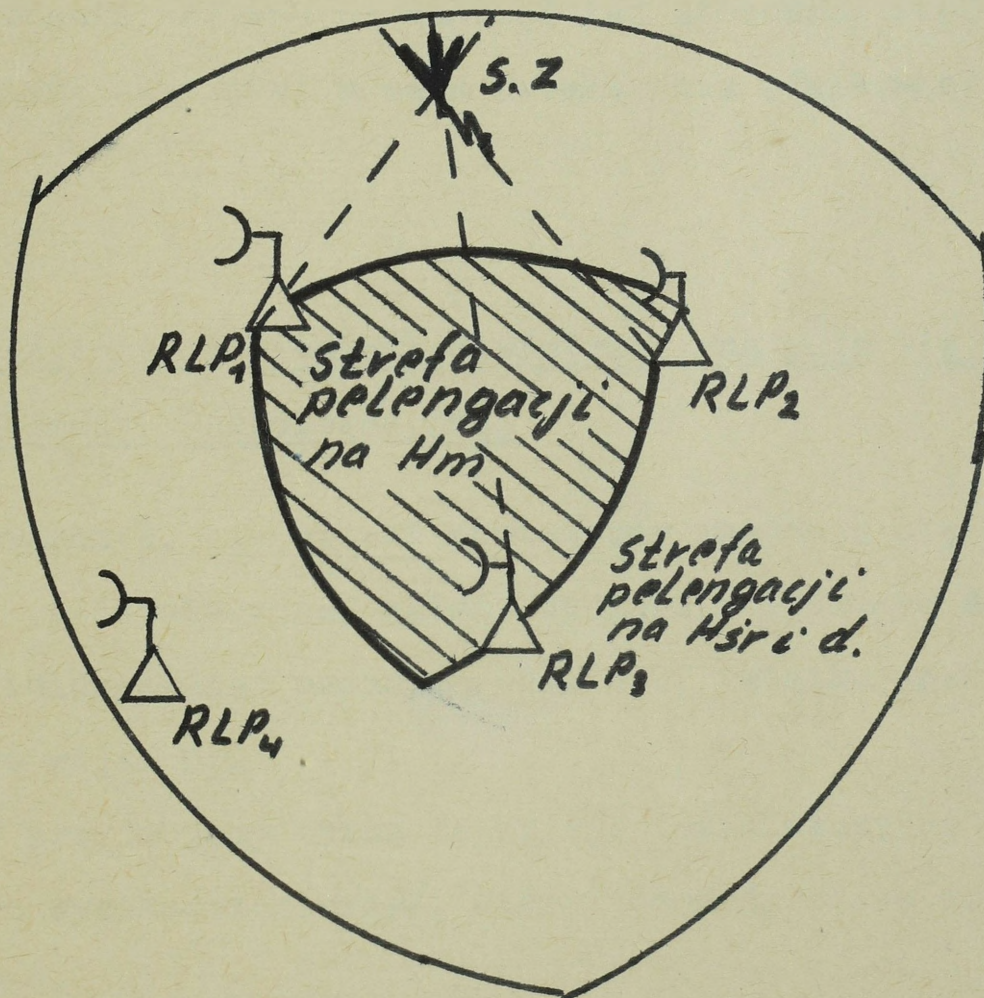
#### 1.2.2.4. Strefa pelengacji źródeł zakłóceń aktywnych

Strefa pelengacji źródeł zakłóceń aktywnych jest to przestrzeń, w granicach której istnieje możliwość określenia średniego azymutu i kąta elewacji źródła zakłóceń jednocześnie przez co najmniej dwa posterunki radiolokacyjne /1.2.14/. Zewnętrzną granicę strefy pelengacji można określić wg następującej zależności:

$$Z_p = 4,12 \sqrt[3]{h_a + \sqrt{H_o}} \quad 1.2.23.$$

gdzie:

- $h_a$  - bezwzględna wysokość anteny stacji radiolokacyjnej;
- $H_o$  - bezwzględna wysokość źródła zakłóceń.



Rys.1.2.14. Strefa pelengacji źródła zakłóceń aktywnych

#### 1.2.2.5. Wpływ pasywnych zakłóceń na możliwości wykrywania obiektów powietrznych przez RLP

W przypadku stosowania przez przeciwnika zakłóceń pasywnych, na ekranach wskaźników stacji radiolokacyjnych /w miejscach odpowiadających rejonowi stosowania zakłóceń/ powstają zaświecenia, na tle których trudno prowadzić wykrywanie obiektów powietrznych. W celu poprawy możliwości stacji w wykrywaniu obiektów powietrznych należy włączyć urządzenie tłumienia ech statycznych /TES/. Jednakże stosowanie tych urządzeń /TES/ powoduje zmniejszenie zasięgu wykrywania stacji o wartość  $p$ , w przedziale małych, średnich i dużych wysokości  $/D_1, D_1', D_2, D_2' /$ .

Zakłócenia pasywne są najczęściej stosowane wspólnie z zakłóceniami aktywnymi w celu zwiększenia efektywności tych drugich.

#### 1.2.3. Określenie, czy obiekt powietrzny znajduje się w strefie informacji radiolokacyjnej

Sprawdzenie, czy obiekt powietrzny znajduje się w strefie informacji radiolokacyjnej należy wykonać w stosunku do każdej stacji radiolokacyjnej badanego oddziału, związku operacyjno-taktycznego wojsk OP.

Do analizy przyjmujemy tylko te stacje radiolokacyjne /odległościomierze i wysokościomierze/, które znajdują się w gotowości bojowej nr 1.

Obiekt powietrzny znajduje się w strefie informacji radiolokacyjnej oddziału lub związku operacyjno-taktycznego wojsk OP wtedy, gdy odległość R bezpośrednia /pochyła/ od obiektu powietrznego do stacji radiolokacyjnych /co najmniej jednego odległościomierza i wysokościomierza/ spełnia nierówności:

$$i \quad D_1 \gg R > d_1 \quad \text{dla przedziału} \quad 1.2.24$$

małych wysokości

$$D_1' \gg R > d_1'$$

$$i \quad D_2 \gg R > d_2 \quad \text{dla przedziału średnich} \quad 1.2.25$$

i dużych wysokości

$$D_2' \gg R > d_2'$$

Wielkości  $D_1, D_1', D_2, D_2', d_1, d_1', d_2$  i  $d_2'$  występujące w zależnościach 1.2.24 i 1.2.25 są opisane w pkt. 1.2.2.2.A, B, C i D.

Jeżeli nierówność 1.2.24 lub 1.2.25 spełnia się /dla co najmniej jednego odległościomierza i wysokościomierza/ to istnieje możliwość wykrycia i określenia charakterystyki obiektu powietrznego przez dany oddział lub związek operacyjno-taktyczny wojsk OP. Jest to równoznaczne z uzyskaniem informacji radiolokacyjnej o obiekcie powietrznym przez wojska OP.

1.2.4. Możliwości prowadzenia rozpoznania radiolokacyjnego obiektów powietrznych przez posterunek radiolokacyjny

Rozpoznanie radiolokacyjne jest prowadzone przez posterunki radiolokacyjne/WRt/ w celu uzyskania informacji o obiektach powietrznych przez system OP. Obejmuje ono: wykrywanie obiektów powietrznych /określanie współrzędnych x,y,H/, ciągłe ich śledzenie i określanie charakterystyki /przynależności państwowej, składu, typu i działalności/.

Posterunek radiolokacyjny może prowadzić rozpoznanie radiolokacyjne wszystkich obiektów powietrznych, które znajdują się w strefie informacji radiolokacyjnej i ~~wytwarzają~~<sup>ane</sup> przez nie zakłócenia radioelektroniczne są nieskuteczne. Powyższe stwierdzenie opisują matematycznie następujące wyrażenia:

a/ dla przedziału małych wysokości:

$$D_{1z} \gg R > d_{1w}$$

$$K < 1,5 Kd$$

lub

$$K' < 1,5 Kd$$

1.2.26

b/ dla przedziału średnich i dużych wysokości:

$$D_{2z} \gg R > d_{2w}$$

$$K < 1,5 Kd$$

lub

$$K' < 1,5 Kd$$

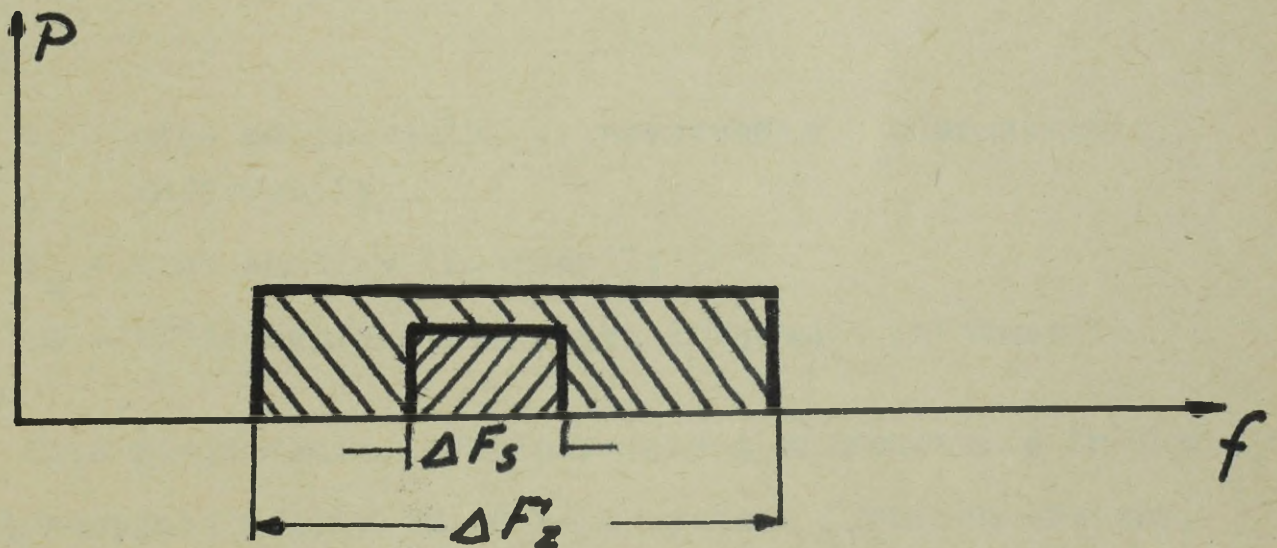
1.2.27

Jeżeli wyrażenie 1.2.26 lub 1.2.27 nie sprawdza się dla wybranego obiektu powietrznego, w stosunku do wszystkich RLP, to obiekt ten nie będzie rozpoznany radiolokacyjnie. Jeśli przyczyną tego jest przeciwdziałanie radioelektroniczne  $/K > 1,5Kd/$  to rozpoznanie radiolokacyjne obiektów powietrznych - nosicieli źródeł zakłóceń należy prowadzić metodą triangulacji /patrz. pkt 1.2.2.4./.

Przeciwdziałanie radioelektroniczne należy analizować wtedy, gdy pasmo częstotliwości przewidzianych zakłóceń pokrywa pasmo częstotliwości roboczych zakłócanej stacji radiolokacyjnej /rys.1.2.15/.

$$\Delta F_z > \Delta F_s$$

1.2.28



Rys.1.2.15. Pokrycie zakłóceniami częstotliwości roboczych RLS

### 1.2.5. Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej

Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej liczy się od momentu wykrycia obiektu powietrznego przez RLP do momentu ~~dostarczenia~~ o nim pełnej informacji do użytkownika /lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych/.

Wartość czasu opóźnienia informacji radiolokacyjnej zależy od: rodzaju i typu urządzeń zdejmowania, przekazywania i zobrazowania informacji oraz od złożoności sytuacji powietrznej /ilości obiektów powietrznych/, skuteczności zakłóceń radioelektronicznych/. Dla celów praktycznych możemy przyjąć, że czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej składa się z dwóch składników:

a/ czas zdejmowania, przekazywania i zobrazowania informacji radiolokacyjnej; b/ czas analizy informacji.

Stąd:

$$t_o = n \cdot t_p + t_a \quad 1.2.29$$

gdzie:

$t_p$  - czas zdejmowania, przekazywania i zobrazowania informacji;

$t_a$  - czas analizy informacji;

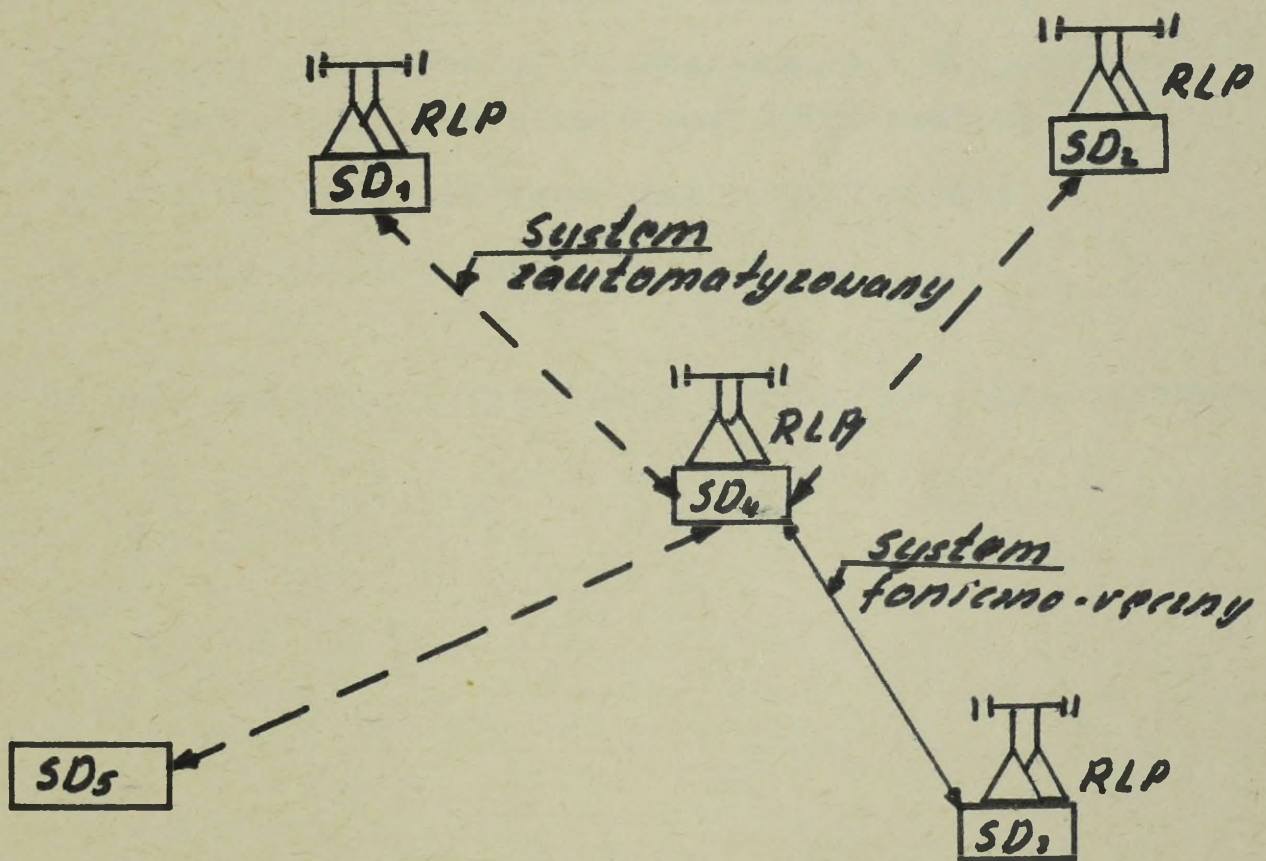
$n$  - ilość ogniw systemu przekazywania informacji.

Czas zdejmowania, przekazywania i zobrazowania informacji radiolokacyjnej zależy od rodzaju systemu /foniczno-~~Ręczny~~, zautomatyzowany, automatyczny/ i typu urządzeń oraz ilości ogniw systemu biorących udział w przekazywaniu informacji /rys.1.2.16/.

Analiza informacji o obiektach powietrznych prowadzona jest przez obsługi stanowisk dowodzenia ~~W~~Rt. Polega ona na uzyskaniu

wiarygodnych danych dotyczących: typu, ugrupowania, składu i działalności wykrytych obiektów powietrznych. Czas analizy informacji o obiektach powietrznych zależy od: poziomu wyszkolenia obsługi stanowisk dowodzenia WRT, ilości obiektów powietrznych, ich kierunku, prędkości i wysokości lotu, rodzaju ugrupowania i skuteczności stosowanych zakłóceń radioelektronicznych.

Dla celów praktycznych czas analizy informacji o obiektach powietrznych określa się empirycznie w czasie prowadzonych ćwiczeń i udziałem wojsk.



Rys.1.2.16. Mieszany system przekazywania informacji, składający się z trzech ogniw

Na podstawie rysunku 1.2.16 można określić czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przekazywanej w systemie mieszanym /foniczno-ręczny i zautomatyzowany/ i w systemie zautomatyzowanym:

a/ czas opóźnienia informacji w systemie mieszanym:

$$t_o = t_p' + n \cdot t_p'' + t_a \quad 1.2.30$$

gdzie:

$t_p'$  - czas zdejmowania, przekazywania i zobrazowania informacji w systemie foniczno-ręcznym;

$t_p''$  - czas zdejmowania, przekazywania i zobrazowania informacji w systemie zautomatyzowanym;

$n$  - ilość ogniw systemu zautomatyzowanego;

$t_a$  - czas analizy informacji.

b/ czas opóźnienia informacji w systemie zautomatyzowanym:

$$t_o = n \cdot t_p'' + t_a \quad 1.2.31$$

## 2. DZIAŁANIA BOJOWE RODZAJÓW WOJSK

### 2.1. DZIAŁANIA BOJOWE LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO

Podstawową jednostką taktyczną lotnictwa myśliwskiego /LM/ jest pułk lotnictwa myśliwskiego /plm/.

Pułk lotnictwa myśliwskiego w czasie odpierania nalotów ma możliwość oddziaływania na ŚNP w określonej przestrzeni.

Wielkość przestrzeni oddziaływania bojowego i skuteczność działań LM są zależne od ugrupowania i sposobów działań tego lotnictwa, liczby i możliwości bojowych samolotów myśliwskich, możliwości środków dowodzenia oraz parametrów taktyczno-technicznych ŚNP przeciwnika.

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem, charakteryzującym skuteczność bojową LM jest oczekiwana liczba zniszczonych ŚNP, którą można wyliczyć na podstawie zależności:

$$M = \sum_{j=1}^J M_j \cdot P_j \quad 2.1.1.$$

gdzie:

$M_j$  - oczekiwana liczba zniszczonych ŚNP w jednym oddziaływaniu;

$P_j$  - prawdopodobieństwo wykonania jednego oddziaływania;

$J$  - liczba wykonanych oddziaływań.

Przez jedno oddziaływanie należy rozumieć rozegranie walki powietrznej przez grupę samolotów /pojedynczy samolot/ myśliwskich jednego typu, wydzielonych do zniszczenia celu powietrznego.

Liczbę ŚNP zniszczonych w jednym oddziaływaniu możemy wyznaczyć z zależności:

$$M_j = U_j \cdot P_j, \quad j=1,2,\dots,J \quad 2.1.2.$$

gdzie:

$U_j$  - liczba samolotów myśliwskich wydzielona do zniszczenia celu powietrznego w jednym oddziaływaniu;

$P_j$  - prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego ŚNP przez pojedynczy samolot myśliwski.

Zwalczanie ŚNP przeciwnika przez LM jest procesem stochastycznym. Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia, jakim jest oddziaływanie na cel powietrzny zależy od wielu czynników. Wartość tego prawdopodobieństwa można wyznaczyć z następującego wzoru:

$$P_j = P_n \cdot P_{at} \cdot P_r \cdot P_{pr} \cdot P_t \cdot P_z \quad 2.1.3.$$

gdzie:

$P_n$  - prawdopodobieństwo naprowadzenia samolotu myśliwskiego na cel powietrzny;

$P_{at}$  - prawdopodobieństwo wyjścia do ataku /wejście w strefę możliwych ataków/;

- $P_r$  - prawdopodobieństwo rażenia celu powietrznego;
- $P_{pr}$  - prawdopodobieństwo pokonania przeciwdziałania radioelektronicznego przeciwnika;
- $P_t$  - prawdopodobieństwo sprawności technicznej samolotu myśliwskiego;
- $P_z$  - prawdopodobieństwo tego, że przed wykonaniem oddziaływania samolot nie zostanie zniszczony przez ŚNP przeciwnika.

Dla ustalonej wartości oczekiwanej liczby zniszczonych ŚNP w jednym oddziaływaniu  $M_j$  oraz prawdopodobieństwa oddziaływania  $P_j$ , rezultat działań bojowych jest zależny od liczby oddziaływań wszystkich samolotów myśliwskich wprowadzonych do walki.

Znając skuteczność użycia bojowego własnych samolotów myśliwskich, można wyznaczyć konieczną liczbę oddziaływań LM  $q^L$  do zniszczenia konkretnego celu powietrznego, wykorzystując do tego zależność:

$$q^L = N \frac{\log/1 - P_{zw}/}{\log/1 - P_{zo}^L/} \quad 2.1.4.$$

gdzie:

- $N$  - liczba samolotów /ŚNP/ wchodzących w skład celu powietrznego;
- $P_{zo}^L$  - prawdopodobieństwo zniszczenia jednego samolotu /ŚNP/ przeciwnika w jednym oddziaływaniu LM;
- $P_{zw}$  - założone /tzw. gwarantowane/ prawdopodobieństwo zniszczenia jednego samolotu /ŚNP/ przeciwnika.

Lotnictwo myśliwskie działające w systemie OP zorganizowane jest w pułki, co możemy zapisać:

$$LM_{OP} = /P_K/, \quad k=1,2,\dots,K$$

gdzie:

$P_K$  - wektor opisujący plm;

$K$  - liczba pułków działających w systemie OP.

Każdy pułk jest wyposażony w samoloty określonego typu i może prowadzić działania bojowe z określonych lotnisk oraz stref dyżerowania i patrolowania w powietrzu.

Łuk lotnictwa myśliwskiego będzie scharakteryzowany, jeżeli określimy następujący wektor:

$$P_K = /N_p, N_i^L, W_i^L, L_i^S, T_i^S, U_{ij}, N_{L_1}^S /, \quad \begin{array}{l} i=1,2,\dots,I \\ j=1,2,\dots,J \\ L_1=1,2,\dots,L_1 \end{array}$$

gdzie:

$N_p$  - numer taktyczny plm;

$N_i^L$  - numer taktyczny lotniska, z którego może działać plm;

$W_i^L$  - współrzędne topograficzne lotniska  $/X_i^L, Y_i^L/$ ;

$L_i^S$  - liczba samolotów znajdujących się na lotnisku;

$T_i^S$  - typ samolotów znajdujących się na lotnisku;

$U_{ij}$  - typy uzbrojenia na samolotach;

$N_{L_1}^S$  - numery taktyczne stref dyżerowania i patrolowania w powietrzu, w których mogą działać samoloty danego plm;

$I$  - liczba lotnisk, z których może działać plm;

J - liczba typów uzbrojenia na samolotach;

$L_1$  - liczba stref dyżurowania i patrolowania plm.

Przyjmuje się następujące założenia:

- w każdym plm znajduje się wystarczająca liczba wyszkolonych pilotów /nie mniejsza niż liczba pilotów/ mogących brać udział w zwalczaniu ŚNP z prawdopodobieństwem  $P_{zo}$ ;

- na danym lotnisku i w strefach dyżurowania /patrolowania/ znajdują się samoloty jednego typu;

- pułki lotnictwa myśliwsko-bombowego /plmb/ działające w systemie OP wykonują zadania takie jak LM /zwalczanie ŚNP w powietrzu/ - z uwzględnieniem ich możliwości i właściwości bojowych - i są charakteryzowane tak, jak plm.

Samolot myśliwski będzie charakteryzowany następującym wektorem:

$$SM = /k_S, M_S^P, M_S^t, M_S^o/$$

gdzie:

$k_S$  - kod samolotu myśliwskiego;

$M_S^P$  - przestrzenne możliwości działania samolotu myśliwskiego /taktyczny promień działania, jako funkcja: prędkości, wysokości lotu i zapasu paliwa; możliwa rubież przechwycenia celu powietrznego, jako funkcja: odległości wykrycia celu przez WRT, parametrów lotu samolotu myśliwskiego oraz czasu obiegu informacji i podejmowania decyzji;

$M_S^t$  - czasowe możliwości działania samolotu myśliwskiego /długotrwałość lotu, czas startu, czas naboru wysokości, czas odtwarzania gotowości bojowej, czas gotowości do ponownego lotu bojowego/;

$M_S^o$  - ogniowe możliwości działania samolotu myśliwskiego /typ uzbrojenia, prawdopodobieństwo wykonania ataku, prawdopodobieństwo rażenia celu, prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego  $\text{ŚNP}\%$ .

Strefa dyżurowania /patrolowania/ będzie charakteryzowana następującymi danymi:

$$SD = /N^S, N^L, W^S, V^d, H^d, T^P, L^S/$$

gdzie:

$N^S$  - numer taktyczny strefy;

$N^L$  - numer taktyczny lotniska, z którego samoloty będą w danej strefie;

$W^S$  - współrzędne topograficzne środka strefy  $/X^S, Y^S/$ ;

$V^d$  - prędkość lotu samolotów myśliwskich w strefie;

$H^d$  - wysokość lotu samolotów myśliwskich w strefie;

$T^P$  - czas początku dyżurowania w strefie;

$L^S$  - liczba samolotów w strefie.

#### 2.1.1. Przestrzeń i czas oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny z uwzględnieniem taktycznego promienia działania

Taktyczny promień działania  $/R/$  jest to największa odległość od lotniska startu, na jakiej samolot może wykonać

zadanie bojowe /rozegrać walkę powietrzną/ i wrócić na to lotnisko.

Wielkość taktycznego promienia działania zależy od typu samolotu myśliwskiego, zapasu paliwa, wysokości i prędkości lotu oraz wariantu uzbrojenia /podwieszeń/.

Jego obliczanie dla założonych wariantów lotu na podstawie wzorów wymaga dużej liczby danych i jest zbyt czasochłonne.

W praktyce należy /na podstawie wykresów zawartych w instrukcjach/ zestawić w postaci tabel wyrości taktycznych promieni działania dla danych typów samolotów, wariantów ich uzbrojenia i zapasu paliwa, w zależności od wysokości / $H_S$ / i prędkości / $V_S$ / lotu, tzn.

$$R_S = f . /H_S, V_S/ \quad 2.1.5.$$

Dla każdego typu samolotu należy opracować zestaw tabel dla wszystkich wariantów uzbrojenia / $U$ / i zapasu paliwa / $Q$ /.

Przykład takiego zestawienia dla założonych  $U$  i  $Q$  obrazuje tabela 2.1.

Tabela 2.1.

|                   |       |                   |                   |     |   |
|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-----|---|
| $H_S$             | $V_S$ | $V_{S1} - V_{S2}$ | $V_{S2} - V_{S3}$ | ... | $V_{Si} - V_{Sk}$                                 |
| $H_{S1} - H_{S2}$ |       |                   |                   |     |   |
| .                 |       |                   |                   |     |   |
| $H_{Si} - H_{Sk}$ |       |                   |                   |     | $R = f / H_{Si} - H_{Sk},$<br>$V_{Si} - V_{Sk} /$ |

Wielkości  $H_{si} - H_{sk}$  oznaczają przedziały wysokości, a wielkości  $V_{si} - V_{sk}$  oznaczają przedziały prędkości lotu samolotu myśliwskiego, dla których określamy średnią wartość taktycznego promienia działania. Należy wybrać takie przedziały wysokości i prędkości, dla których wartość taktycznego promienia działania zmienia się w możliwie najmniejszym stopniu.

Przedziały wysokości należy ustalić wg zależności:

$$H_{s1} < H_{s2} \leq H_{s3}$$

Przedziały prędkości należy ustalić wg zależności

$$V_{s1} < V_{s2} \leq V_{s3}$$

Dla określonej wysokości  $/H_s/$  i prędkości lotu  $/V_s/$ , obszar działań samolotów myśliwskich z uwzględnieniem taktycznego promienia działania  $/R/$  jest kołem o promieniu  $R_s$ , którego środkiem jest lotnisko bazowania o współrzędnych  $x_i^L, y_i^L$ .

Wobec tego, nad danym rejonem obrony powstaną obszary działań samolotów myśliwskich z poszczególnych lotnisk, dla określonych wysokości i prędkości lotu, w zależności od typu samolotów, wariantów ich uzbrojenia oraz zapasu paliwa.

Obszary te można określić według zależności:

$$\left. \begin{aligned} /X - x_1^L/2 + /Y - y_1^L/2 &= R_s^2 \\ /X - x_2^L/2 + /Y - y_2^L/2 &= R_s^2 \\ \text{---} & \text{---} \\ /X - x_i^L/2 + /Y - y_i^L/2 &= R_s^2 \end{aligned} \right\} 2.1.7.$$

gdzie:  $i=1,2,3,\dots,I$  - numer lotniska

2.1.1.1. Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajdzie się w obszarze działania samolotów myśliwskich z danego lotniska

Na podstawie wartości  $X_b$ ,  $Y_b$  i  $\bar{\beta}$  /rozdział 1/ możemy określić równanie trasy lotu celu powietrznego /dla  $H_b=H_s=const$ /

$$X - X_b = \operatorname{tg} \bar{\beta} /Y - Y_b/$$

Aby określić, czy cel powietrzny znajdzie się w obszarze działań samolotów myśliwskich z poszczególnych lotnisk należy rozwiązać układy równań:

$$\left. \begin{aligned} & /X - X_1^L/2 + /Y - Y_1^L/2 = R_s^2 \\ & X - X_b = \operatorname{tg} \bar{\beta} /Y - Y_b/ \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} & /X - X_2^L/2 + /Y - Y_2^L/2 = R_s^2 \\ & X - X_b = \operatorname{tg} \bar{\beta} /Y - Y_b/ \end{aligned} \right\}$$

2.1.8.

-----

$$\left. \begin{aligned} & /X - X_1^L/2 + /Y - Y_1^L/2 = R_s^2 \\ & X - X_b = \operatorname{tg} \bar{\beta} /Y - Y_b/ \end{aligned} \right\}$$

Dla  $H_s=H_b=constans$  i dla  $V_s=V_b + 200 = constans$ .

W wyniku rozwiązania powyższych układów równań mogą zaitnieć trzy przypadki:

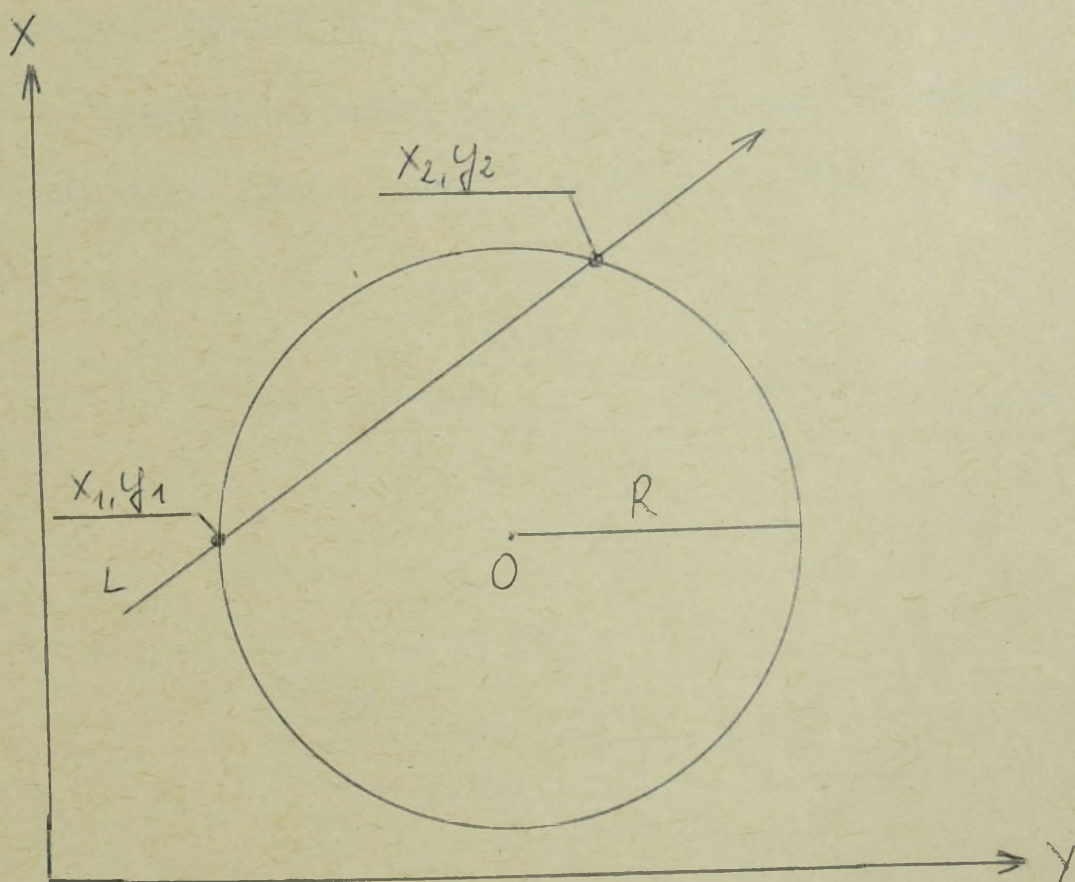
a. Prosta charakteryzująca trasę lotu celu nie ma punktów przecięcia z okręgiem o promieniu R dla danego lotnictwa.

b. Prosta charakteryzująca trasę lotu celu ma tylko jeden punkt przecięcia  $/X_1, Y_1/$  z okręgiem o promieniu  $R$  dla danego lotniska.

c. Prosta charakteryzująca trasę lotu celu ma dwa punkty przecięcia  $/x_1, y_1; x_2, y_2/$  z okręgiem o promieniu  $R$  dla danego lotniska /Rys. 2.1.1./

Przypadki a i b oznaczają, że cel powietrzny nie znajdzie się w obszarze działań samolotów myśliwskich z danego lotniska.

Przypadek c oznacza, że cel powietrzny znajdzie się w obszarze działań samolotów myśliwskich z danego lotniska. Tylko te lotniska przyjmujemy do dalszych rozważań, dla których przypadek c ma miejsce w stosunku do przynajmniej jednego celu.



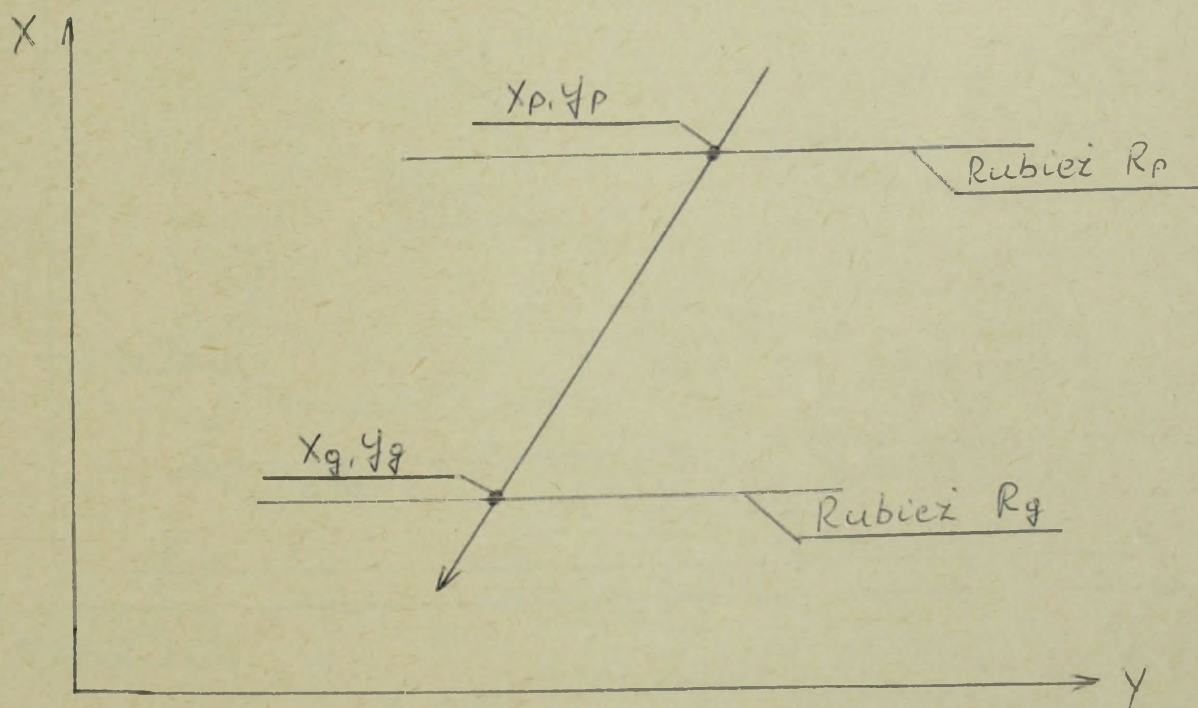
Rys. 2.1.1.

2.1.1.2. Określenie odcinka trasy lotu celu powietrznego przez obszar działań samolotów myśliwskich z danego lotniska  $/D_{Li}/$

$$D_{Li} = \sqrt{|X_1 - X_2|^2 + |Y_1 - Y_2|^2} \quad 2.1.9.$$

Zakłada się, że na podejściach do rejonu obrony, biorąc pod uwagę kierunek nalogu, samoloty myśliwskie zwalczają ŚNP bez ograniczeń, tzn. z pełnym wykorzystaniem zasięgu oddziaływania. Nie zawsze jednak, ze względu na warunki działań lub treść zadania bojowego, będzie to możliwe i celowe. W związku z powyższym możemy ustalić, że samoloty myśliwskie mogą prowadzić walkę z celami powietrznymi na podejściach do rejonu obrony od wyznaczonej rubieży  $/R_p/$ , a w stosunku do ŚNP wychodzących z rejonu obrony do rubieży  $R_g$ .

Znając warunki lotu celu, możemy określić punkty przecięcia trasy jego lotu z rubieżami  $R_p$  i  $R_g$  /Rys.2.1.2./



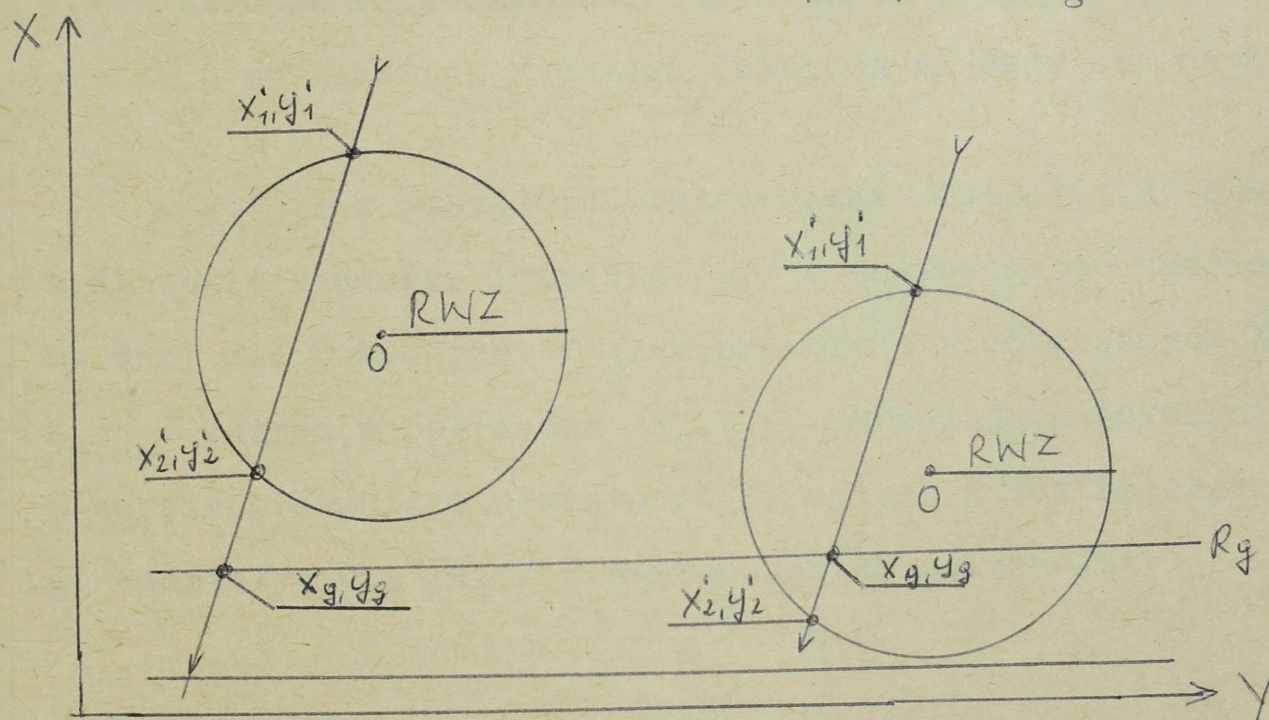
Rys.2.1.2.

Na tej podstawie ustalamy, że samoloty myśliwskie mogą rozpocząć walkę z danym celem powietrznym w punkcie o współrzędnych  $X_p, Y_p$  /nie wcześniej/, natomiast kończą walkę w punkcie  $X_g, Y_g$ .

Przyjęte ograniczenia mogą być wystarczające w odniesieniu do celów powietrznych przelatujących nad rejonem obrony. W odniesieniu do celów powietrznych atakujących obiekty w rejonie obrony zakładamy, że samoloty myśliwskie kończą walkę z danym celem w momencie jego dolotu do obiektu ataku.

Za moment dolotu celu powietrznego do obiektu przyjmujemy punkt przecięcia trasy jego lotu z okręgiem równym rubieży wykonania zadania /RWZ/ - rys.2.1.3.

Samoloty myśliwskie mogą więc rozpocząć walkę z danym celem powietrznym w punkcie o współrzędnych  $X_p, Y_p$  /nie wcześniej/, natomiast kończą walkę w punkcie  $X_1', Y_1'$  lub  $X_g, Y_g$ .



Rys.2.1.3.

Dla wszystkich celów powietrznych przelatujących nad rejonem obrony należy określić współrzędne punktów  $X_p, Y_p$  oraz  $X_g, Y_g$ .

Natomiast dla wszystkich celów powietrznych atakujących obiekty położone w wyznaczonym rejonie obrony należy określić współrzędne  $X_p, Y_p$  oraz  $X_1', Y_1'$ .

### 2.1.1.3. Czas przebywania celu powietrznego w obszarze działań samolotów myśliwskich z danego lotniska $/T_{Li}/$

Czas przebywania celu powietrznego w obszarze działań samolotów myśliwskich z danego lotniska obliczamy na podstawie długości odcinka  $D_{Li}$  i prędkości lotu  $V_b$ :

$$T_{Li} = \frac{D_{Li}}{V_b} \quad 2.1.10$$

### 2.1.1.4. Czas rozpoczęcia i zakończenia oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny

Zgodnie z przyjętymi założeniami /pkt2.1.1.2/ samoloty myśliwskie z danego lotniska  $/L_i/$  mogą rozpocząć oddziaływanie na dany cel powietrzny  $/b_j/$  w punkcie o współrzędnych  $X_1, Y_1$  lub  $X_p, Y_p$ . Znając współrzędne  $/X_o, Y_o/$ , określające położenie celu w czasie pierwszego namiaru  $/t_o/$ , możemy określić czas pierwszego oddziaływania  $/t_1'/$  z następujących zależności:

$$t_1' = t_0 + \frac{\sqrt{(X_0 - X_1)^2 + (Y_0 - Y_1)^2}}{V_b}$$

2.1.11.

$$t_1'' = t_0 + \frac{\sqrt{(X_0 - X_p)^2 + (Y_0 - Y_p)^2}}{V_b}$$

Czas  $t_1''$  obliczamy tylko w przypadku wyznaczania rubieży  $R_p$ .

Porównując wartości  $t_1'$  i  $t_1''$  możemy ustalić, że samoloty myśliwskie z danego lotniska mogą rozpocząć oddziaływanie na dany cel powietrzny w czasie  $t_1'$ , jeżeli  $t_1' \geq t_1''$  lub w czasie  $t_1''$ , jeżeli  $t_1' < t_1''$ .

Podobnie obliczamy czas zakończenia oddziaływania. W odniesieniu do celów powietrznych atakujących obiekty w rejonie obrony, uwzględniamy czas ich dolotu do punktu  $X_1', Y_1'$ .

W odniesieniu do celów powietrznych przelatujących nad rejonem obrony należy obliczyć i porównać czasy ich dolotu do punktów  $X_2, Y_2$  oraz  $X_g, Y_g$  z następujących zależności:

$$t_2' = t_0 + \frac{\sqrt{(X_0 - X_2)^2 + (Y_0 - Y_2)^2}}{V_b}$$

2.1.12.

$$t_2'' = t_0 + \frac{\sqrt{(X_0 - X_g)^2 + (Y_0 - Y_g)^2}}{V_b}$$

Porównując wartości  $t'_2$  i  $t''_2$  możemy ustalić, że samoloty myśliwskie z danego lotniska kończą oddziaływanie na dany cel powietrzny w czasie  $t'_2$ , jeżeli  $t'_2 \leq t''_2$  lub w czasie  $t''_2$ , jeżeli  $t'_2 > t''_2$ .

W odniesieniu do celów powietrznych atakujących obiekty w rejonie obrony, należy obliczyć i porównać czasy ich dolotu do punktów  $X_2, Y_2$  oraz  $X'_1, Y'_1$  z następujących zależności:

$$t'_2 = t_0 + \frac{\sqrt{(X_0 - X_2)^2 + (Y_0 - Y_2)^2}}{v_b}$$

2.1.13

$$t''_2 = t_0 + \frac{\sqrt{(X_0 - X'_1)^2 + (Y_0 - Y'_1)^2}}{v_b}$$

Porównując wartości  $t'_2$  i  $t''_2$  możemy ustalić, że samoloty myśliwskie z danego lotniska kończą oddziaływanie na dany cel powietrzny w czasie  $t'_2$ , jeżeli  $t'_2 \leq t''_2$  lub w czasie  $t''_2$ , jeżeli  $t'_2 > t''_2$ .

#### 2.1.2. Określenie czasu jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na dany cel powietrzny /T<sub>1</sub>/

Czas jednego oddziaływania, w odniesieniu do pojedynczego samolotu myśliwskiego, liczymy od momentu wykrycia celu przez pilota do momentu zakończenia strzelania. W odniesieniu do grupy

samolotów myśliwskich jest to czas od momentu wykrycia celu przez prowadzącego /lub innego pilota z grupy/ do momentu zakończenia strzelania przez ostatniego pilota w grupie.

Wykrycie celu przez pilota oznacza zakończenie naprowadzania z ziemi i wprowadzenie samolotu myśliwskiego /grupy/ do walki.

Miejsce wprowadzenia do walki nazywane będzie dalej punktem spotkania samolotu myśliwskiego /grupy/ z celem powietrznym.

Czas jednego oddziaływania pojedynczego samolotu myśliwskiego możemy określić z zależności:

$$T_4 = \frac{D_p - D_r}{V_{zbl}} + T_{strz} \quad 2.1.14.$$

gdzie:

$D_p$  - odległość myśliwca do celu w momencie jego wykrycia przez pilota;

$D_r$  - odległość rozpoczęcia strzelania do celu;

$V_{zbl}$  - prędkość zbliżania do celu;

$T_{strz}$  - czas strzelania.

Jeżeli grupą samolotów wykonuje atak jednoczesny, to możemy przyjąć, że czas jednego oddziaływania jest taki, jak dla pojedynczego samolotu.

W przypadku ataków kolejnych czas jednego oddziaływania obliczamy z zależności:

$$T_4 = T_{op} + n / T_{cel} + T_{odj} / \quad 2.1.15.$$

gdzie:

$T_{op}$  - czas oddziaływania prowadzącego;

$n$  - liczba kolejnych samolotów /grupy/ wykonujących ataki;

$T_{cel}$  - czas celowania samolotu prowadzonego /kolejnego/;

$T_{odj}$  - czas odejścia samolotu prowadzącego na odstęp zabezpieczający go przed rażeniem ogniem z samolotu prowadzonego;

#### 2.1.2.1. Odcinek jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na cel powietrzny $/D_{T4}/$

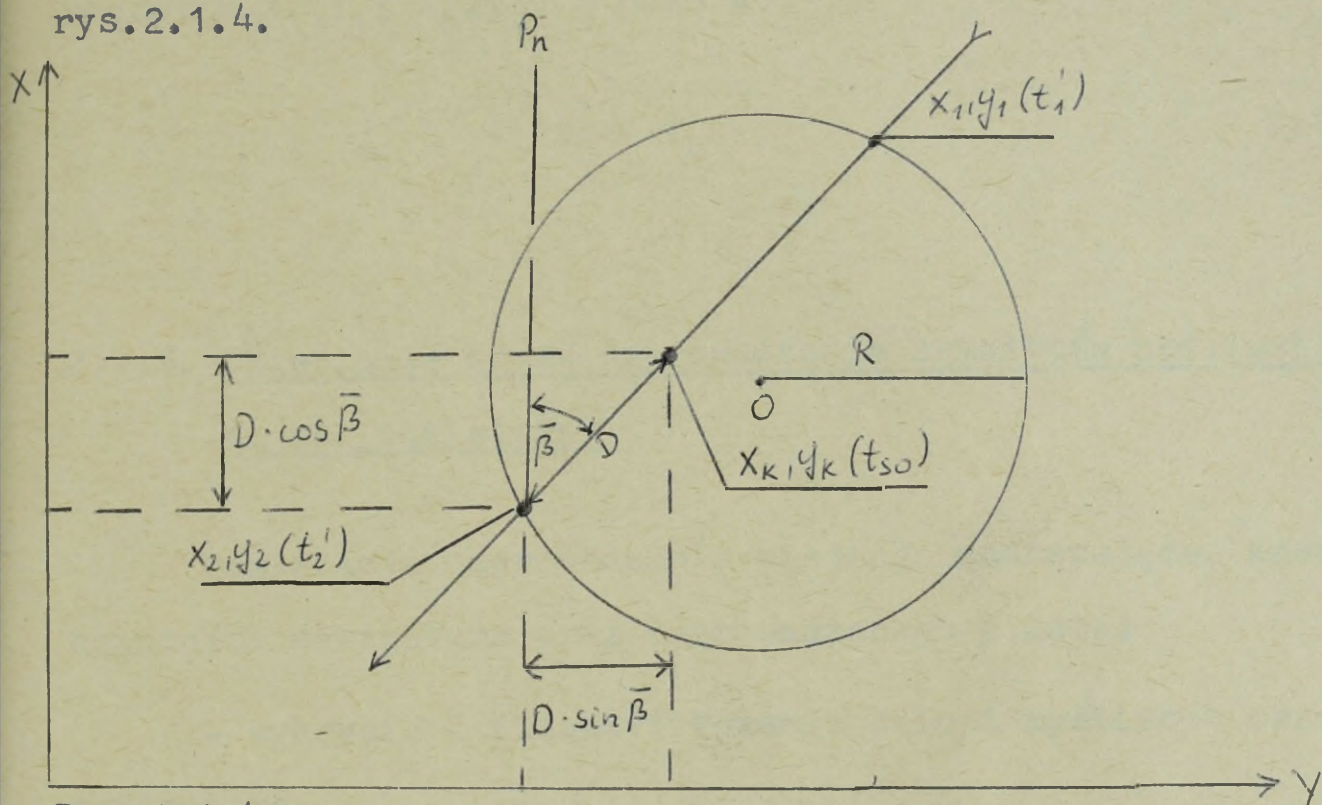
Pod pojęciem odcinka jednego oddziaływania należy rozumieć drogę, jaką przebędzie cel powietrzny w czasie jednego oddziaływania grupy samolotów myśliwskich.

$$D_{T4} = T_4 \cdot V_b \quad 2.1.16.$$

#### 2.1.2.2. Miejsce i czas ostatniego spotkania samolotów myśliwskich z danego lotniska z danym celem powietrznym z uwzględnieniem taktycznego promienia działania oraz czasu jednego oddziaływania

Miejsce i czas ostatniego spotkania z danym celem powietrznym powinny zapewnić samolotom myśliwskim wykonanie co najmniej jednego oddziaływania przed dolotem tego celu do punktu o współrzędnych  $X_2, Y_2$  lub  $X_g, Y_g$  lub  $X_1', Y_1'$ ,

Znając długość odcinka jednego oddziaływania, współrzędne punktu zakończenia oddziaływania oraz kierunek lotu celu  $\bar{\beta}$ , możemy określić współrzędne punktu ostatniego spotkania  $/X_K, Y_K/$  - rys.2.1.4.



Rys.2.1.4.

$$\begin{aligned}
 X_K &= X_2 + D \cdot \cos \bar{\beta} & \text{lub} & & X_K &= X_g + D \cdot \cos \bar{\beta} & \text{lub} & & X_K &= X_1' + D \cdot \cos \bar{\beta} \\
 Y_K &= Y_2 + D \cdot \sin \bar{\beta} & \text{lub} & & Y_K &= Y_g + D \cdot \sin \bar{\beta} & \text{lub} & & Y_K &= Y_1' + D \cdot \sin \bar{\beta}
 \end{aligned}
 \tag{2.1.17}$$

Znając czas jednego oddziaływania samolotów myśliwskich  $/T_4/$  na odcinku  $D_{T_4}$ , możemy określić czas ostatniego spotkania  $/T_{so}/$  z danym celem powietrznym w punkcie  $X_K, Y_K$ :

$$T_{so} = t_2' - T_4 \tag{2.1.18.}$$

Ostatecznie więc, samoloty myśliwskie z danego lotniska mają możliwość spotkania z danym celem powietrznym w dowolnym punkcie na odcinku trasy jego lotu ograniczonym punktami o współrzędnych  $X_1, Y_1; X_K, Y_K$ , w czasie:

$$t_1' \leq t < t_2' - T_4 \quad 2.1.19.$$

### 2.1.3. Określanie czasu naprowadzania samolotów myśliwskich na cel powietrzny

Realizacja naprowadzania obejmuje następujące, zasadnicze czynności nawigatora oraz naprowadzanego pilota:

- wykrycie i zidentyfikowanie celu i myśliwców przez nawigatora;
- obliczenie warunków manewru samolotu myśliwskiego w celu wyprowadzenia go w położenie do rozpoczęcia walki oraz wydanie komendy pilotowi;
- wykonanie manewru przez pilota.

W systemach zautomatyzowanych większość czynności wykonywana jest za pomocą EMC.

Aby naprowadzanie mogło być zrealizowane, to czas śledzenia celu  $T_b$  i samolotu myśliwskiego  $T_s$  musi być większy lub równy czasowi wykonania tych czynności. Możemy więc przyjąć warunek:

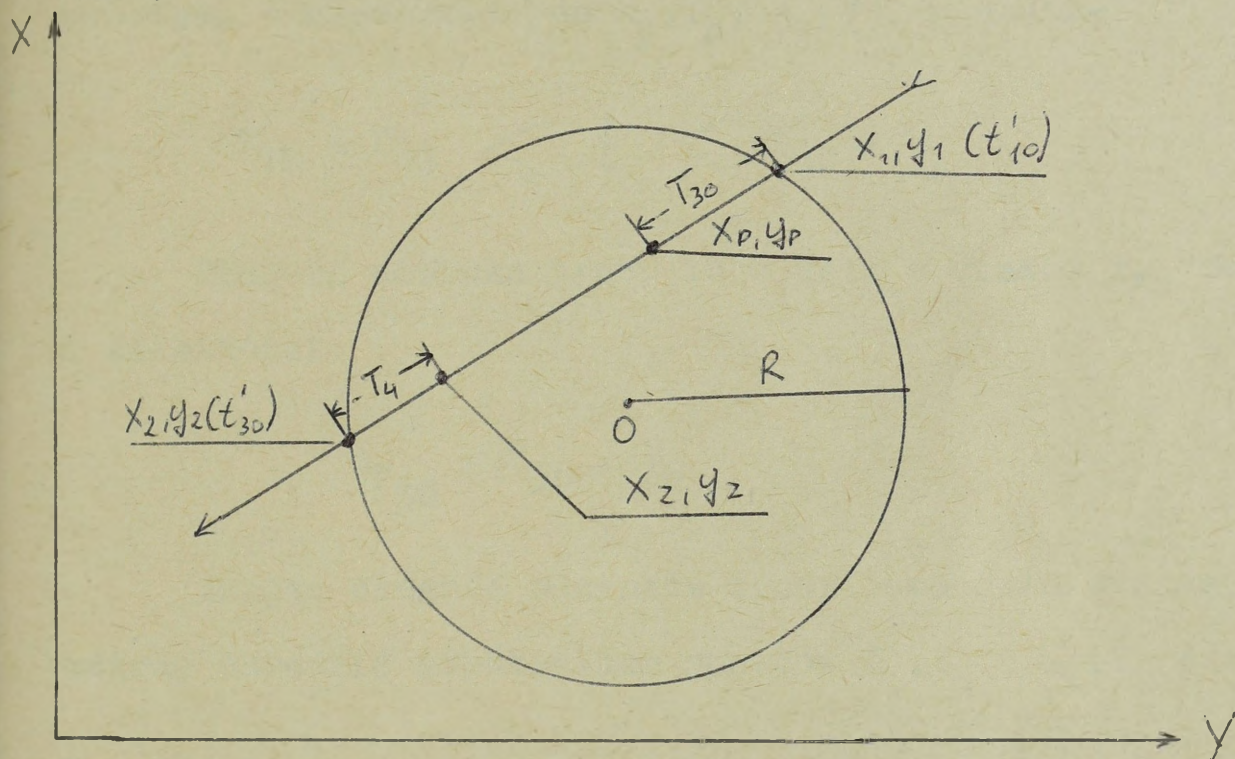
$$T_b \geq T_{30}, \quad T_b \leq T_s \quad 2.1.20.$$

gdzie:

$T_{30}$  - czas naprowadzania.

Czas realizacji jednego cyklu naprowadzania, podobnie jak czas jednego oddziaływania, możemy określić teoretycznie lub na podstawie doświadczeń służby nawigatorskiej.

Znając czas realizacji naprowadzania możemy określić możliwości przestrzenne i czasowe danego punktu naprowadzania względem danego celu powietrznego /rys.2.1.5./



Rys.2.1.5.

-  $X_1, Y_1$  - punkt przecięcia trasy lotu celu powietrznego z okręgiem o promieniu równym zasięgowi wykrywania danego punktu naprowadzania względem tego celu;

-  $X_2, Y_2$  - współrzędne celu w momencie wylotu z zasięgu wykrywania danego punktu naprowadzania;

-  $X_p, Y_p$  - współrzędne celu wyznaczające punkt zakończenia pierwszego cyklu naprowadzania;

-  $X_z, Y_z$  - współrzędne celu wyznaczające punkt zakończenia ostatniego cyklu naprowadzania.

Dany punkt naprowadzania zapewnia więc wyprowadzenia samolotów myśliwskich w punkt spotkania z danym celem powietrznym w dowolnym punkcie na odcinku trasy jego lotu, ograniczonym punktami o współrzędnych  $X_p, Y_p$ ;  $X_z, Y_z$ , w czasie:

$$T'_{10} + T_{30} \leq t < t'_{30} - T_4 \quad 2.1.21$$

Długość odcinka trasy lotu celu w czasie  $T_{30}$  obliczamy z zależności:

$$D_{T_{30}} = T_{30} \cdot V_b \quad 2.1.22$$

Znając długość odcinków trasy lotu celu w czasie  $T_{30}$  i  $T_4$ , możemy określić współrzędne punktów  $X_p, Y_p$  i  $X_z, Y_z$  z zależności:

$$\begin{aligned} X_p &= X_1 - D \cdot \cos \bar{\beta} \\ Y_p &= Y_1 - D \cdot \sin \bar{\beta} \\ X_z &= X_2 + D \cdot \cos \bar{\beta} \\ Y_z &= Y_2 + D \cdot \sin \bar{\beta} \end{aligned} \quad 2.1.23$$

2.1.4. Przestrzeń i czas działania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny z uwzględnieniem informacji radiolokacyjnej

Wprowadzenie samolotu myśliwskiego do walki z dyżurowania na lotnisku wymaga wykonania szeregu czynności zarówno przez wojska radiotechniczne /WRt/, jak i przez LM, a mianowicie:

- wykrycie celu przez jeden z posterunków radiolokacyjnych, opracowanie i przekazanie informacji o tym celu przez kolejne ogniwa do SD lotnictwem;
- powzięcie decyzji dotyczącej zniszczenia celu;
- przekazanie decyzji do wykonawców, włącznie z wydaniem komendy startu samolotów myśliwskich dyżurujących na danym lotnisku w odpowiednim stopniu gotowości bojowej;
- start samolotów myśliwskich;
- lot samolotów myśliwskich do punktu spotkania z celem.

Znając położenie celu w momencie wykrycia go przez WRt oraz położenie lotniska, możemy określić miejsce i czas wprowadzenia do walki samolotów myśliwskich dyżurujących na tym lotnisku w odpowiednim stopniu gotowości bojowej.

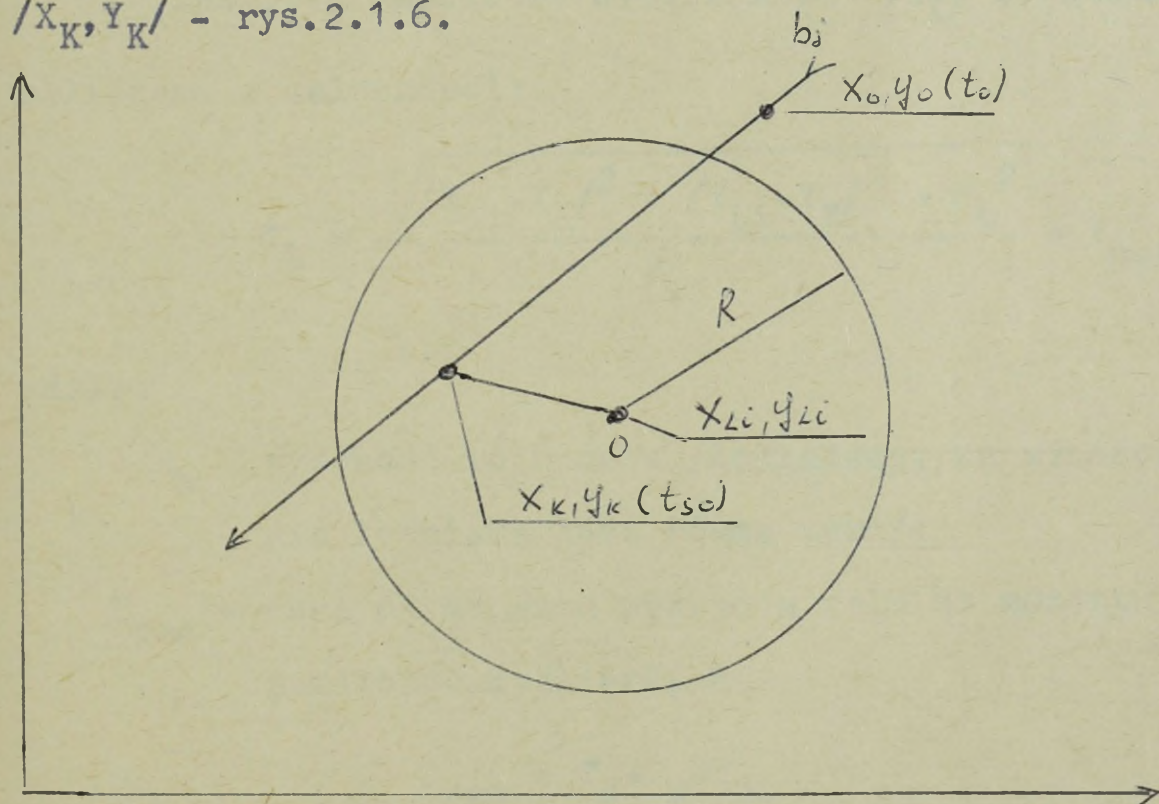
2.1.4.1. Określanie miejsca i czasu pierwszego i ostatniego spotkania samolotów myśliwskich z danego lotniska z danym celem powietrznym z uwzględnieniem informacji radiolokacyjnej

Określenie ostatniego punktu i czasu spotkania

Ostatni punkt spotkania /najpóźniejsze wprowadzenie do walki/ wyznaczamy z uwzględnieniem taktycznego promienia działania oraz czasu jednego oddziaływania /zgodnie z pkt.2.1.2.2./

Należy sprawdzić, czy spotkanie w tym punkcie jest również możliwe, jeżeli uwzględnimy informację radiolokacyjną.

W tym celu obliczamy czas dolotu celu powietrznego  $/b_j/$  oraz samolotów myśliwskich z lotniska  $/L_i/$  do punktu spotkania  $/X_K, Y_K/$  - rys.2.1.6.



Rys.2.1.6.

-  $X_K, Y_K$  - ostatni punkt spotkania samolotów myśliwskich z lotniska  $/L_i/$  z celem powietrznym  $/b_j/$  z uwzględnieniem taktycznego promienia działania oraz czasu jednego oddziaływania;

-  $t_{so}$  - czas ostatniego spotkania;

-  $X_o, Y_o$  - współrzędne celu w momencie jego wykrycia przez WRT;

-  $X_{Li}, Y_{Li}$  - współrzędne lotniska.

Czas lotu celu do punktu  $X_K, Y_K$  obliczamy z zależności:

$$T_b = \frac{\sqrt{/X_o - X_K/2 + /Y_o - Y_K/2}}{V_b} \quad 2.1.24$$

Czas lotu samolotów myśliwskich  $/T_L/$  do punktu  $X_K, Y_K$  obliczamy z zależności:

$$T_L = \frac{\sqrt{/X_{Li} - X_K/2 + /Y_{Li} - Y_K/2 + H_b^2}}{V_s} + T_{pas} \quad 2.1.25$$

gdzie:

$H_b$  - wysokość lotu celu /zakładamy, że wysokość położenia lotniska jest równa zero/;

$T_{pas}$  - czas od momentu wykrycia celu do momentu startu samolotów myśliwskich

$$T_{pas} = T_o + T_d + T_{st}$$

$T_o$  - czas opóźnienia informacji na SD lotnictwem;

$T_d$  - czas podjęcia decyzji o zniszczeniu celu oraz przekazania jej do wykonawców, włącznie z wydaniem komendy startu samolotów myśliwskich;

$T_{st}$  - czas startu samolotów myśliwskich z odpowiedniego stopnia gotowości bojowej;

Porównując czasy  $T_L$  i  $T_b$ , możemy wyróżnić trzy przypadki:

a.  $T_L > T_b$

Oznacza to, że samoloty myśliwskie z lotniska  $L_i$  nie mają możliwości spotkania z celem  $b_j$  w punkcie  $X_K, Y_K$ , ani w żadnym innym punkcie trasy jego lotu, w czasie  $t \leq t_{so}$ .

Lotniska tego, w odniesieniu do celu  $b_j$ , w dalszych rozważaniach nie uwzględniamy.

b.  $T_L = T_b$

Oznacza to, że jest tylko jeden punkt spotkania samolotów myśliwskich z lotniska  $L_i$  z celem  $b_j$  / $X_K, Y_K$  w czasie  $t = t_{so}$  /.

c.  $T_L < T_b$

Oznacza to, że samoloty myśliwskie z lotniska  $L_i$  mają możliwość spotkania z celem  $b_j$  w czasie  $t = t_{so}$  oraz, że istnieją inne punkty spotkania w czasie  $t < t_{so}$ .

#### Określenie pierwszego punktu i czasu spotkania

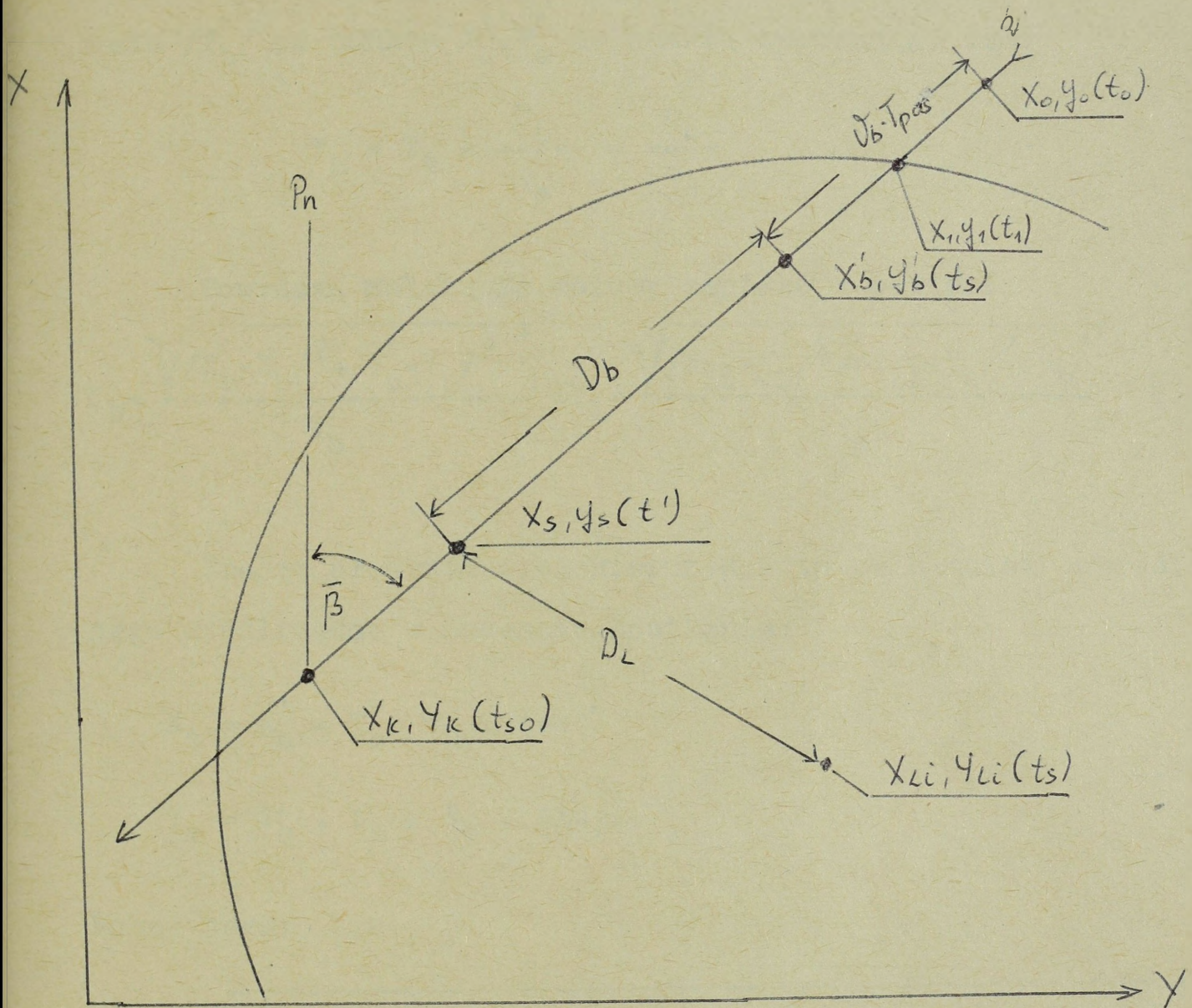
Znamy współrzędne celu / $X_0, Y_0$ / w czasie  $t_0$ , tzn. w momencie jego wykrycia przez WRT.

Samoloty myśliwskie z danego lotniska mogą wystartować najwcześniej w chwili  $t_s$ :

$$t_s = t_o + T_{pas}$$

2.1.26

Określamy współrzędne celu  $/b_j/$  w momencie startu samolotów myśliwskich  $/t_s/$  z lotniska  $L_i$  /rys.2.1.7./



Rys.2.1.7.

$$X'_b / t_s / = X_o - T_{pas} \cdot V_b \cdot \cos \bar{\beta}$$

$$Y'_o / t_s / = Y_o - T_{pas} \cdot V_b \cdot \sin$$

2.1.27

Współrzędne celu oraz samolotów myśliwskich w momencie spotkania muszą być sobie równe.

Z kolei, czas lotu samolotów myśliwskich  $/T_L/$  od lotniska do punktu spotkania  $/X_S, Y_S/$  musi być równy czasowi lotu celu  $/T_b/$  od punktu  $X'_b, Y'_b$  do punktu spotkania, tzn:

$$T_L = T_b = \frac{D_L}{V_S} = \frac{D_b}{V_b}$$

Powyższą zależność możemy zapisać w postaci:

$$T_b = \frac{\sqrt{X'_b - X_S / 2 + Y'_b - Y_S / 2}}{V_b} = T_L = \frac{\sqrt{X_{Li} - X_S / 2 + Y_{Li} - Y_S / 2 + H_b^2}}{V_S} \quad 2.1.28$$

Znając prędkość oraz kierunek lotu celu możemy określić jego współrzędne w momencie spotkania:

$$X_S = X'_b - T_b \cdot V_b \cdot \cos \bar{\beta} \quad 2.1.29$$

$$Y_S = Y'_b - T_b \cdot V_b \cdot \sin \bar{\beta}$$

Wobec tego:

$$\frac{\sqrt{X'_b - X'_b - T_b \cdot V_b \cdot \cos \bar{\beta} / 2 + Y'_b - Y'_b - T_b \cdot V_b \cdot \sin \bar{\beta} / 2}}{V_b} =$$

$$= \frac{\sqrt{X_{Li} - X'_b - T_b \cdot V_b \cdot \cos \bar{\beta} / 2 + Y_{Li} - Y'_b - T_b \cdot V_b \cdot \sin \bar{\beta} / 2 + H_b^2}}{V_S}$$

Na podstawie tego równania możemy obliczyć czas lotu celu powietrznego  $/T_b/$  do punktu spotkania  $/X_s, Y_s/$ .

Wobec tego czas /moment/ spotkania  $/t'/$  określamy z zależności:

$$t' = t_s + T_b = t_s + T_L \quad 2.1.31.$$

Współrzędnymi punktu spotkania będą współrzędne celu w momencie spotkania  $/t'/$ :

$$\begin{aligned} X_{s/t'} &= X'_b /t_s/ - T_b \cdot V_b \cdot \cos \bar{\beta} \\ Y_{s/t'} &= Y'_b /t_s/ - T_b \cdot V_b \cdot \sin \bar{\beta} \end{aligned} \quad 2.1.32.$$

Możemy więc przyjąć, że samoloty myśliwskie z lotniska  $L_i$ , ze względu na miejsce  $/X_0, Y_0/$  i czas  $/t_0/$  wykrycia celu, mogą rozpocząć oddziaływanie na ten cel w punkcie o współrzędnych  $X_s, Y_s$ , w czasie  $t'$ .

Oznacza to, że samoloty te mają możliwość spotkania z danym celem w dowolnym punkcie na odcinku trasy jego lotu, ograniczonym punktami o współrzędnych  $X_s, Y_s$ ;  $X_k, Y_k$ , w czasie:

$$t' \leq t < t_{so}$$

Należy jednak sprawdzić, czy miejsce i czas pierwszego spotkania nie przekraczają taktycznego promienia działania.

Aby spotkanie w punkcie  $X_s, Y_s$  w czasie  $t'$  było możliwe, musi być spełniony warunek:

$$t' \geq t_1$$

gdzie:

$t_1$  - czas rozpoczęcia pierwszego oddziaływania z uwzględnieniem taktycznego promienia działania.

Ostatecznie więc, samoloty myśliwskie z danego lotniska mają możliwość spotkania z danym celem powietrznym w dowolnym punkcie na odcinku trasy jego lotu, ograniczonym punktami o współrzędnych  $X_S, Y_S; X_K, Y_K$ , w czasie:

$$t' \leq t < t_{so}, \text{ jeżeli } : t' \geq t_1$$

lub na odcinku ograniczonym punktami  $X_1, Y_1; X_K, Y_K$ , w czasie:

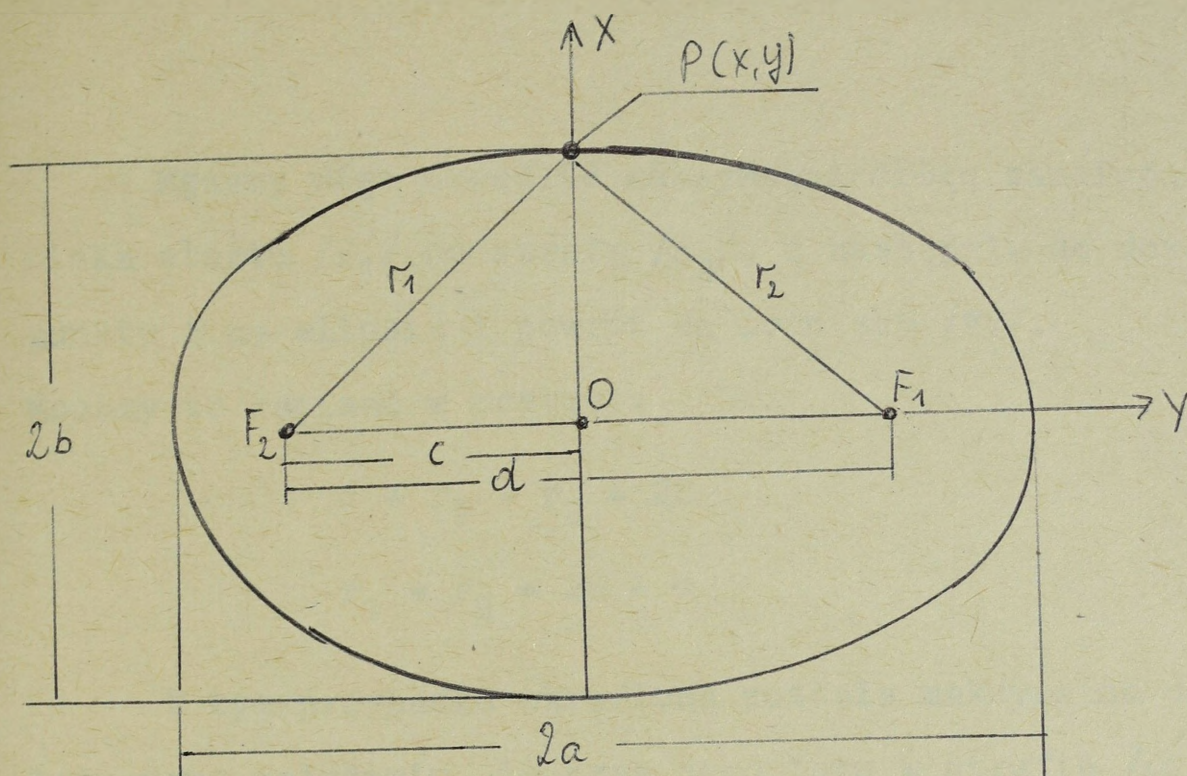
$$t_1 \leq t < t_{so}, \text{ jeżeli } t' < t_1$$

#### 2.1.5. Przestrzeń i czas działania samolotów myśliwskich ze stref dyżurowania i patrolowania w powietrzu

Obszar działań samolotów myśliwskich ze strefy dyżurowania lub patrolowania w powietrzu, dla danej wysokości, określamy elipsą, której ogniskami są: środek lotniska bazowania i środek strefy /rys.2.1.8./

Elipsa jest miejscem geometrycznym punktów, których suma odległości od ognisk  $/F_1, F_2/$  jest wielkością stałą tzn.

$$r_1 + r_2 = \text{constans}$$



Rys.2.1.8.

Ponieważ środek lotniska  $/F_1/$  oraz środek strefy  $/F_2/$  dyżurowania  $/patrolowania/$  przyjmujemy jako punkty stałe, to:

$$d + r_1 + r_2 = \text{constans}$$

gdzie:

d - odległość między środkiem lotniska  $/F_1/$  i środkiem strefy  $/F_2/$ .

Wiemy, że taktyczny promień działania jest to największa odległość od lotniska startu, na jakiej samolot może wykonać zadanie bojowe i wrócić na to lotnisko. Wobec tego, maksymalna droga, jaką może pokonać samolot od momentu startu do momentu powrotu na dane lotnisko jest równa wartości dwóch taktycznych promieni działania  $/2R/$ .

Możemy więc określić maksymalną drogę samolotu od lotniska startu  $/F_1/$  do strefy  $/F_2/$ , a następnie do dowolnego punktu P na elipsie i powrót na lotnisko  $/F_1/$ .

Możemy to zapisać w postaci:

$$d + r_1 + r_2 = 2R$$

$$r_1 + r_2 = 2R - d$$

W tym przypadku określona została maksymalna droga samolotu przy założeniu, że czas jego lotu w strefie /czas dyżurowania/ jest równy zero - "0".

Maksymalny czas dyżurowania  $/T_{dyż}/$  jest zależny od odległości strefy od lotniska startu oraz wysokości i warunków lotu samolotów w strefie.

Przyjmujemy, że czas rozpoczęcia dyżurowania w strefie  $/t_1/$  jest znany, a zakończenie dyżurowania  $/t_2/$  określamy z zależności:

$$t_2 = t_1 + T_{dyż}$$

Należy określić maksymalną drogę, jaką może pokonać samolot  $/r_1+r_2/$  w dowolnym momencie dyżurowania -  $t_1 \leq t < t_2$ .

Czas od momentu rozpoczęcia dyżurowania  $/\Delta t/$  wynosi:

$$\Delta t = t - t_1$$

Samolot myśliwski może pokonać pewną drogę  $/D/$  w czasie  $t$ , zużywając określony zapas paliwa:

$$D = \Delta t \cdot v_s$$

W tym przypadku zapas paliwa został zużyty na lot samolotu w strefie i droga jaką pokonał jest równa "0".

Wobec tego, możemy przyjąć, że:

$$r_1 + r_2 = \sqrt{2R - d} - \Delta t \cdot v_s$$

Wiemy, że równanie kanoniczne elipsy ma postać:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Ze związków między elementami elipsy wynikają zależności:

$$r_1 + r_2 = 2a$$

$$a^2 = b^2 - c^2$$

Wobec tego:

$$a = \frac{\sqrt{2R - d} - \Delta t \cdot v_s}{2}$$

Korzystając z tego, że  $a > c$ , wprowadzamy oznaczenia:

$$a^2 - c^2 = b^2, \quad \text{gdzie } b > c; \quad c = \frac{d}{2}$$

$$b^2 = a^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$b^2 = \left(\frac{\sqrt{2R - d} - \Delta t \cdot v_s}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Do równania kanonicznego elipsy podstawiamy wartości  $a^2$  i  $b^2$ .

$$\frac{x^2}{\frac{2R-d-\Delta t \cdot V_s^2}{2}} + \frac{y^2}{\frac{2R-d-\Delta t \cdot V_s^2}{2}} = 1 \quad 2.1.33.$$

Dla praktycznych obliczeń należy opracować tabele możliwych czasów dyżurowania w strefach, w zależności od odległości tej strefy od lotniska startu /d/ oraz wysokości dyżurowania /H<sub>dyż</sub>/, dla danego typu samolotu, wariantu uzbrojenia i zapasu paliwa.

Wartość taktycznego promienia działania określamy po wykryciu celu powietrznego, w zależności od wysokości jego lotu, tzn. dla H<sub>b</sub> = H<sub>s</sub>.

Samoloty myśliwskie dyżurują lub patrolują w danej strefie przed wykryciem celu powietrznego na ustalonej wysokości, która z reguły nie jest równa wysokości lotu celu /H<sub>b</sub> ≠ H<sub>dyż</sub>/.

Z tego względu w obliczeniach powstaną pewne błędy, które jednak nie będą miały istotnego znaczenia.

#### 2.1.5.1. Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajduje się w obszarze działania samolotów myśliwskich z danej strefy

Wiemy, że przestrzeń działania /elipsa/ samolotów z danej strefy zmienia się /maleje/ wraz z upływem czasu dyżurowania /patrolowania/ - Δt. Wobec tego równanie elipsy możemy przedstawić w postaci funkcji:

$$\frac{x^2}{\frac{2R-d-\Delta t \cdot v_s}{2}} + \frac{y^2}{\frac{2R-d-\Delta t \cdot v_s}{2} - \frac{2(d/2)^2}{2}} - 1 = F/t/ \quad 2.1.34$$

Dla dowolnego czasu  $t$  możemy określić wartość  $\Delta t$  z zależności:

$$\Delta t = t - t_1$$

gdzie:

$t$  - bieżący czas analizy sytuacji;

$t_1$  - czas rozpoczęcia dyżurowania.

Na podstawie danych o nalocie znamy współrzędne celu powietrznego  $/x_b, y_b/$  dla dowolnego czasu  $t$ .

Należy więc sprawdzić, czy w danym czasie  $t$  cel powietrzny znajduje się w przestrzeni działania /wewnątrz elipsy/ samolotów myśliwskich z danej strefy.

W tym celu obliczamy wartość funkcji  $F/t/$  podstawiając za  $x$  i  $y$  wartości współrzędnych celu powietrznego  $/x_b, y_b/$  dla czasu  $t$ .

W wyniku obliczeń możemy określić trzy przypadki:

a.  $F/t/ > 0$

Oznacza to, że cel powietrzny znajduje się poza przestrzenią działania samolotów myśliwskich z danej strefy /poza elipsą/

b.  $F/t/ = 0$

Oznacza to, że trasa lotu przecina elipsę w punkcie o współrzędnych  $x_b, y_b$ , w czasie  $t$ .

Punkt  $x_b, y_b$  i czas  $t$  wyznaczają miejsce i czas wlotu lub wylotu celu powietrznego z przestrzeni działania samolotów myśliwskich z danego lotniska  $/F_1/$ , dyżurujących  $/patrolujących/$  w danej strefie  $/F_2/$ .

c.  $F/t/ < 0$

Oznacza to, że cel powietrzny znajduje się w przestrzeni działania samolotów z danej strefy  $/wewnątrz elipsy/$ .

Praktycznie należy więc badać położenie celu powietrznego względem elipsy przez cały czas jego lotu  $/t_w = t_1 - t_w/$  z założonym odstępem czasowym  $\Delta t$ . Dla każdego kolejnego czasu  $t_w$  określamy wartości funkcji  $F/t_w/$ .

Wyniki obliczeń możemy zestawiać w następującej tabeli:

Tabela 2.2

Dla  $b_j, L_i = \text{constans}$

|          |          |          |          |   |          |
|----------|----------|----------|----------|---|----------|
| $t_w$    | $t_1$    | $t_2$    | $t_3$    | . | $t_w$    |
| $F/t_w/$ | $F/t_1/$ | $F/t_2/$ | $F/t_3/$ | . | $F/t_w/$ |

Na tej podstawie możemy wyznaczyć najmniejszą i największą wartość czasów  $t_w$ , dla których wartość funkcji  $F/t_w/ \leq 0$ . Najmniejszą wartość  $t_w$  przyjmujemy jako czas wlotu  $/t_1/$  celu powietrznego w przestrzeń działania samolotów myśliwskich z danej strefy. Natomiast największą wartość  $t_w$

przyjmujemy jako czas wylotu celu z przestrzeni działania tych samolotów.

Ze względu na przyjęty odstęp czasowy  $\Delta t$ , w obliczeniach zakładamy pewien błąd i nie uwzględniamy przypadku, kiedy  $F/t=0$  /przypadek taki może nie mieć miejsca/.

Jeżeli na całej trasie lotu celu nie ma takiego przypadku, kiedy  $F/t_w \leq 0$ , to oznacza, że samoloty myśliwskie z danej strefy nie mają możliwości oddziaływania na dany cel powietrzny.

2.1.5.2. Określanie długości odcinka trasy lotu celu przez obszar działań samolotów myśliwskich z danej strefy

Sposób obliczeń - jak w pkt.2.1.1.2.

2.1.5.3. Określanie miejsca i czasu pierwszego i ostatniego spotkania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania z danym celem powietrznym z uwzględnieniem informacji radiolokacyjnej

Sposób i kolejność obliczeń - jak w pkt.2.1.4.

W obliczeniach zmieniamy tylko sposób obliczeń czasu pasywnego  $/T_{pas}/$ .

Czas pasywny liczymy od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu rozpoczęcia przez samoloty myśliwskie manewru w strefie dyżurowania:

$$T_{pas} = T_o + T_d$$

gdzie:

$T_o$  - czas opóźnienia informacji na SD;

$T_d$  - czas podjęcia decyzji o zniszczeniu celu, przekazania komendy nawigatorowi naprowadzania oraz przekazania komendy pilotowi dotyczącej wykonania manewru zapewniającego rozpoczęcie lotu do punktu spotkania z celem.

#### 2.1.6. Określanie czasu osiągnięcia gotowości bojowej samolotów myśliwskich do kolejnego lotu bojowego

Czas osiągnięcia gotowości samolotów myśliwskich do kolejnego lotu bojowego obliczamy z zależności:

$$T_{got} = T_{lot} + T_{ląd} + T_{od} \quad 2.1.35.$$

gdzie:

$T_{lot}$  - czas lotu grupy samolotów od miejsca zakończenia oddziaływania na dany cel powietrzny do lotniska startu;

$T_{ląd}$  - czas wykonania manewru do lądowania;

$T_{od}$  - czas odtworzenia gotowości bojowej samolotów po wylądowaniu.

Znając współrzędne punktu zakończenia oddziaływania  $/x_2, y_2/$  możemy obliczyć drogę i czas lotu samolotów myśliwskich  $/T_L/$  od tego punktu do lotniska bazowania  $/x_L, y_L/$ :

$$T_L = \frac{\sqrt{|x_L - x_2|^2 + |y_L - y_2|^2}}{v_x} \quad 2.1.36$$

Czas wykonania manewru do lądowania oraz czas odtworzenia gotowości bojowej samolotów po wylądowaniu przyjmujemy jako wartości stałe dla danego typu samolotów.

Możemy więc przyjąć, że samoloty myśliwskie osiągną gotowość do kolejnego lotu bojowego w czasie:

$$t = t_2 + \frac{\sqrt{|x_L - x_2|^2 + |y_L - y_2|^2}}{v_s} + T_{\text{ląd}} + T_{\text{od}}$$

gdzie:

$t_2$  - moment zakończenia oddziaływania na dany cel powietrzny.

## 2.2. DZIAŁANIA BOJOWE WOJSK RAKIETOWYCH I ARTYLERII LUFOWEJ

Podstawową jednostką taktyczną wojsk raketowych /WR/, prowadzącą działania bojowe w systemie OP, jest związek taktyczny /ZT/ lub oddział.

Związek taktyczny WR w czasie odpierania nalotów ma możliwość oddziaływania na ŚNP w określonej przestrzeni.

Wielkość przestrzeni oddziaływania i skuteczność bojowa WR są zależne od ich ugrupowania, liczby i możliwości zestawów

rakietowych, możliwości środków dowodzenia oraz parametrów taktyczno-technicznych ŚNP przeciwnika.

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem, charakteryzującym skuteczność bojową WR, jest oczekiwana liczba zniszczonych ŚNP, którą można wyznaczyć na podstawie zależności:

$$M = \sum_{i=1}^J m_i \cdot P_i \quad 2.2.1.$$

gdzie:

$P_i$  - prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego ŚNP w jednym oddziaływaniu, to znaczy w jednym strzelaniu dywizjonu rakietowego /dr/ do pojedynczego ŚNP, stosując rozchód rakiet określony w zasadach strzelania PZR;

$m_i$  - średnia liczba zniszczonych ŚNP w jednym oddziaływaniu;

$I$  - liczba oddziaływań.

Średnia liczba zniszczonych ŚNP w jednym oddziaływaniu zależy od liczby użytych rakiet oraz ich parametrów taktyczno-technicznych. Wartość tę określa się empirycznie. Praktycznie przyjmujemy średnie wartości  $m_i$  na podstawie tabel zawartych w instrukcjach.

Zwalczanie ŚNP przez WR jest procesem stochastycznym. Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia, jakim jest oddziaływanie na cel powietrzny zależy od wielu czynników, co obrazuje następująca zależność:

$$P_o = P_w \cdot P_{nc} \cdot P_{nr} \cdot P_t \cdot P_r \quad 2.2.2.$$

gdzie:

- $P_o$  - prawdopodobieństwo oddziaływania;
- $P_{nc}$  - prawdopodobieństwo nacelowania ŚNR na cel powietrzny;
- $P_{nr}$  - prawdopodobieństwo naprowadzenia rakiety na cel;
- $P_t$  - prawdopodobieństwo niezawodnej pracy PZR;
- $P_r$  - prawdopodobieństwo rażenia celu przez raketę;
- $P_w$  - prawdopodobieństwo wykrycia celu.

Jeżeli założymy, że prawdopodobieństwo oddziaływania oraz liczba zniszczonych ŚNP w jednym oddziaływaniu /w danych warunkach i dla danego typu PZR/ są wartościami stałymi, to rezultat działań będzie proporcjonalny do liczby oddziaływań.

Podobnie jak w odniesieniu do LM, możemy wyznaczyć konieczną liczbę oddziaływań  $WR/2^R$  do zniszczenia konkretnego celu powietrznego na podstawie zależności:

$$2^R = N \frac{\log /1 - P_{zw}^R/}{\log /1 - P_{zo}^R/} \quad 2.2.3.$$

gdzie:

- $N$  - liczba samolotów /ŚNP/ wchodzących w skład celu powietrznego;
- $P_{zo}^R$  - prawdopodobieństwo zniszczenia jednego ŚNP w jednym oddziaływaniu WR;
- $P_{zw}^R$  - założone /tzw. gwarantowane/ prawdopodobieństwo zniszczenia jednego ŚNP.

Wojska raketowe, działające w systemie OP, będą scharakteryzowane następującym wektorem:

$$WR_{OP} = /ZT_K/, \quad K=1,2,\dots,K$$

gdzie:

$ZT_K$  - wektor opisujący ZT /oddział/ WR;

$K$  - liczba ZT /oddziałów/ WR.

Natomiast w skład ZT /oddziału/ wchodzi dywizjony raketowe lub baterie, co zapiszemy wektorem:

$$ZT_K = /DR_i/, \quad i=1,2,\dots,I_K$$

gdzie:

$DR_i$  - wektor charakteryzujący dywizjon raketowy;

$I_K$  - liczba dywizjonów raketowych wchodzących w skład danego ZT /oddziału/.

Każdy dywizjon raketowy scharakteryzowany będzie wektorem:

$$DR = /N_d, T_{ZR}, W_d, S_g, L_w^R, L_{STZ}^R, T_{RLS}/$$

gdzie:

$N_d$  - numer taktyczny dywizjonu /dr/;

$T_{ZR}$  - typ PZR będącego w wyposażeniu dr;

$W_d$  - współrzędne prostokątne miejsca rozwinięcia dr /x,y/;

$S_g$  - wskaźnik stopnia gotowości bojowej dr;

$L_w^R$  - liczba rakiet na wyrzutniach dr;

$L_{STZ}^R$  - liczba rakiet na STZ w dr;

$T_{RLS}$  - typ stacji radiolokacyjnej w dr.

Przeciwlotniczy zestaw rakietowy będzie charakteryzowany wektorem:

$$PZR = /T_{ZR}, M_{ZR}^P, M_{ZR}^t, M_{ZR}^o/$$

gdzie:

$T_{PZR}$  - typ PZR /kod/;

$M_{ZR}^P$  - przestrzenne możliwości PZR/rozmiary strefy ognia, zakres prędkości i wysokości lotu zwalczanych celów powietrznych, odległości wykrycia celu przez SNR/;

$M_{ZR}^t$  - czasowe możliwości PZR /czas osiągnięcia gotowości bojowej nr 1, średni czas cyklu strzelania/;

$M_{ZR}^o$  - ogniowe możliwości PZR - prawdopodobieństwo rażenia celu w zależności od liczby użytych rakiet i warunków strzelania.

Przyjmuje się założenie, że jednostki rakiet przeciwlotniczych wojsk OPL są włączane do systemu OPK na zasadzie operacyjnego podporządkowania i będą charakteryzowane tak jak ZT /oddziały/ WR WOPK. Umownie przyjęto, że podstawową jednostką ogniową jest dywizjon rakietowy. W ten sam sposób będą oznaczane baterie rakiet wojsk OPL, z uwzględnieniem ich parametrów taktyczno-technicznych.

### 2.2.1. Przestrzeń i czas oddziaływania dywizjonu raketowego na dany cel powietrzny z uwzględnieniem jego strefy ognia

Jednym z podstawowych czynników determinujących przestrzeń i czas oddziaływania na dany cel powietrzny jest strefa ognia dywizjonu raketowego.

Wielkość strefy ognia dywizjonu raketowego zależy od wielu czynników, a głównie od typu PZR i warunków lotu celu powietrznego. Jej obliczanie na podstawie wzorów matematycznych wymaga dużej liczby danych i jest zbyt czasochłonne.

W praktyce, przyjmując uproszczenie, należy /na podstawie instrukcji/ zestawić w postaci tabel wartości dalszych granic stref ognia dla typów zestawów raketowych  $/D_d/$ , w zależności od wysokości lotu celu  $/H_s/$ , tzn:

$$D_d = f/H_s/, \text{ dla } V_c \leq V_{\max} \quad 2.2.4$$

gdzie:

$V_{\max}$  - maksymalna prędkość lotu celu dla danego PZR.

Podobnie jak dla taktycznego promienia działania samolotów myśliwskich /pkt 2.1.1./, należy wybrać takie przedziały wysokości, dla których wartość  $D_d$  zmienia się w możliwie najmniejszym stopniu.

Dla określonej wysokości lotu  $/H_s/$  obszar działań dywizjonu raketowego, z uwzględnieniem jego strefy ognia, jest kołem o promieniu  $D_d$ , dla którego środkiem są współrzędne bazowania dywizjonu  $x_i^d, y_i^d$ .



$$\left. \begin{aligned} & /x-x_1^d/2 + /y-y_2^d/2 = D_d^2 \\ & x-x_b = \operatorname{tg} \bar{\beta} /y-y_b/ \end{aligned} \right\}$$

2.2.7.

$$\left. \begin{aligned} & /x-x_2^d/2 + /y-y_2^d/2 = D_d^2 \\ & x-x_b = \operatorname{tg} \bar{\beta} /y-y_b/ \end{aligned} \right\}$$


---


$$\left. \begin{aligned} & /x-x_i^d/2 + /y-y_i^d/2 = D_d^2 \\ & x-x_b = \operatorname{tg} \bar{\beta} /y-y_b/ \end{aligned} \right\}$$

W wyniku rozwiązania powyższych układów równań mogą zaistnieć trzy przypadki:

- a. Prosta charakteryzująca trasę lotu celu nie ma punktów przecięcia z okręgiem o promieniu  $D_d$  dla danego dywizjonu.
- b. Prosta charakteryzująca trasę lotu celu ma dwa punkty przecięcia z okręgiem o promieniu  $D_d$ .
- c. Prosta charakteryzująca trasę lotu celu ma tylko jeden punkt przecięcia z okręgiem o promieniu  $D_d$ .

Przypadek b oznacza, że cel powietrzny znajdzie się w obszarze działań danego dywizjonu raketowego. Do dalszych rozważań przyjmujemy tylko te dywizjony, dla których przypadek b ma miejsce w odniesieniu do przynajmniej jednego celu.

2.2.1.2. Określanie odcinka trasy lotu celu przez obszar działań danego dywizjonu raketowego  $/D_{di}/$

Odcinek trasy lotu celu powietrznego przez obszar działań danego dywizjonu raketowego obliczamy z zależności:

$$D_{di} = \sqrt{|X_1 - X_2|^2 + |Y_1 - Y_2|^2} \quad 2.2.8.$$

gdzie:

$x_1, y_1; x_2, y_2$  - współrzędne punktu wlotu i wylotu celu z obszaru działań dywizjonu /punkty przecięcia trasy lotu celu z okręgiem o promieniu  $D_d$  - patrz pkt 2.1.1.2./.

2.2.1.3. Czas przebywania celu w obszarze działań danego dywizjonu raketowego  $/T_{di}/$

Czas przebywania celu w obszarze działań danego dywizjonu raketowego obliczamy z zależności:

$$T_{di} = \frac{D_{di}}{v_b} \quad 2.2.9.$$

2.2.1.4. Czas rozpoczęcia i zakończenia oddziaływania danego dywizjonu raketowego na dany cel powietrzny.

Zgodnie z przyjętymi założeniami, dywizjon raketowy może rozpocząć walkę z danym celem powietrznym w punkcie  $x_1, y_1$

/patrz pkt 2.2.1.1./ . Znając współrzędne  $/x_0, y_0/$ , określające położenie celu w czasie pierwszego namiaru  $/t_0/$ , możemy określić czas pierwszego oddziaływania  $/t_1/$  z następującej zależności:

$$t_1 = t_0 + \frac{\sqrt{/x_0 - x_1/^2 + /y_0 - y_1/^2}}{v_b} \quad 2.2.10.$$

Natomiast czas zakończenia oddziaływania na dany cel powietrzny  $/t_2/$  obliczamy z zależności:

$$t_2 = t_0 + \frac{\sqrt{/x_0 - x_2/^2 + /y_0 - y_2/^2}}{v_b} \quad 2.2.11.$$

### 2.2.2. Określanie czasu i odcinka jednego oddziaływania dywizjonu raketowego na dany cel powietrzny $/T_5/$

Przyjmujemy, że czas jednego oddziaływania jest równy czasowi cyklu strzelania dywizjonu raketowego  $/T_c/$ :

$$T_5 = T_c$$

Średnie czasy cyklu strzelania dla danych typów PZR zestawiamy w tabeli na podstawie instrukcji.

Odcinek jednego  $/D_{T_5}/$  oddziaływania obliczamy z zależności:

$$D_{T_5} = T_5 \cdot v_b \quad 2.2.12.$$

2.2.3. Miejsce i czas rozpoczęcia ostatniego oddziaływania na dany cel powietrzny z uwzględnieniem strefy ognia dywizjonu raketowego

Znając długość odcinka jednego oddziaływania  $/D_{T_5}/$ , współrzędne punktu zakończenia oddziaływania przez dany dywizjon  $/X_2, Y_2 - \text{pkt 2.1.1.1.}/$  oraz kierunek lotu celu  $/\bar{\beta}/$ , możemy określić współrzędne punktu rozpoczęcia ostatniego oddziaływania  $X_K, Y_K$ :

$$Y_K = X_2 + D \cdot \cos \bar{\beta}$$

2.2.13

$$Y_K = Y_2 + D \cdot \sin \bar{\beta}$$

Ostatecznie więc, przy uwzględnieniu strefy ognia, dany dywizjon raketowy może rozpocząć oddziaływanie na dany cel powietrzny w dowolnym punkcie na odcinku trasy jego lotu ograniczonym punktami o współrzędnych  $X_1, Y_1; X_K, Y_K$ , w czasie

$$t_1 \leq t < t_2$$

2.2.4. Przestrzeń i czas działania dywizjonu raketowego na dany cel powietrzny z uwzględnieniem informacji radiolokacyjnej

Ostrzelanie celu powietrznego przez dywizjon raketowy /wykonanie oddziaływania/ wymaga wykonania szeregu czynności

zarówno przez WRt, jak przez WR, a mianowicie:

- wykrycie celu przez jeden z posterunków radiolokacyjnych, opracowanie i przekazanie o nim informacji przez kolejne ogniwa do SD wojskami raketowymi;
- podjęcie decyzji dotyczącej zniszczenia celu;
- przekazanie decyzji do wykonawców - postawienie zadania bojowego dowódcy dywizjonu;
- ostrzelanie celu przez dywizjon raketowy.

Znając położenie celu w momencie wykrycia go przez WRt, możemy określić miejsce i czas rozpoczęcia oddziaływania przez dany dywizjon raketowy, będący w odpowiednim stopniu gotowości bojowej.

Określenie miejsca i czasu ostatniego oddziaływania przez dany dywizjon na dany cel powietrzny

Miejsce ostatniego oddziaływania /ostatni punkt spotkania/ wyznaczamy z uwzględnieniem strefy ognia  $/D_d/$  dywizjonu raketowego /zgodnie z pkt.2.2.1.2./.

Należy sprawdzić, czy spotkanie w tym punkcie jest również możliwe, jeżeli uwzględnimy informację radiolokacyjną.

W tym celu obliczamy czas lotu celu powietrznego  $/T_b/$  do punktu jego wylotu ze strefy ognia dywizjonu  $/x_2, y_2/$  /zależność 2.2.1.1./.

Następnie obliczamy czas ostatniego oddziaływania przez dany dywizjon raketowy z uwzględnieniem informacji

radiolokacyjnej  $/T_d/$ :

$$T_d = t_2 + t_{pas}$$

2.2.14

$$t_{pas} = t_o + t_k + t_p$$

gdzie:

$t_o$  - czas obiegu informacji i podjęcia decyzji o zniszczeniu celu powietrznego;

$t_k$  - czas przekazania komendy /postawienia zadania/ dowódcy dywizjonu;

$t_p$  - czas przygotowania dywizjonu do strzelania.

Elementy składowe czasu pasywnego  $/t_{pas}/$  przyjmujemy w sposób parametryczny, w zależności od systemu rozpoznania i dowodzenia.

Porównując czasy  $t_2$  i  $T_d$ , możemy wyróżnić trzy przypadki:

a.  $T_d > t_2$

Oznacza to, że nie ma możliwości oddziaływania na dany cel powietrzny w punkcie  $x_2, y_2$ , ani w żadnym innym punkcie trasy jego lotu.

b.  $T_d = t_2$

Oznacza to, że jest możliwość tylko jednego oddziaływania na dany cel powietrzny w punkcie  $x_2, y_2$ , w czasie  $t_2$ .

c.  $T_d < t_2$

Oznacza to, że jest możliwość oddziaływania na dany cel powietrzny w punkcie  $x_2, y_2$  oraz, że istnieją inne punkty

/miejsca/ oddziaływania w czasie  $t < t_2$ .

Do dalszych rozważań przyjmujemy tylko te dywizjony, dla których spełniony jest warunek b lub c.

Określanie miejsca i czasu pierwszego oddziaływania przez dany dywizjon na dany cel powietrzny

Przy uwzględnieniu strefy ognia dany dywizjon raketowy może rozpocząć oddziaływanie na dany cel powietrzny w czasie  $t_1$ , w punkcie  $x_1, y_1$  /punkt wlotu celu w strefę ognia dywizjonu - pkt 2.2.1.1./.

Natomiast przy uwzględnieniu informacji radiolokacyjnej dywizjon może rozpocząć oddziaływanie na dany cel powietrzny w czasie /najwcześniej/:

$$t_1' = t_0 + t_{pas} \quad 2.2.15$$

gdzie:

$t_1'$  - czas rozpoczęcia oddziaływania;

$t_0$  - czas wykrycia celu przez WRt.

W wyniku obliczeń mogą zaistnieć dwa przypadki:

a.  $t_1' \leq t_1$

W tym przypadku przyjmujemy, że dywizjon raketowy rozpoczyna oddziaływanie na dany cel powietrzny w czasie  $t_1$ , w punkcie  $x_1, y_1$ .

b.  $t_1' > t_1$

W tym przypadku przyjmujemy, że dywizjon raketowy rozpoczyna oddziaływanie na dany cel powietrzny w czasie  $t_1'$  w punkcie

o współrzędnych  $X_p, Y_p$ .

Współrzędne  $X_p, Y_p$  oznaczają położenie celu w momencie rozpoczęcia oddziaływania, które obliczamy z zależności:

$$X_{p/t_1'} = X_0 - t_{pas} \cdot V_b \cdot \cos \bar{\beta} \quad 2.2.16$$

$$Y_{p/t_1'} = Y_0 - t_{pas} \cdot V_b \cdot \sin \bar{\beta}.$$

### 2.2.5. Możliwa liczba oddziaływań dywizjonu raketowego na dany cel powietrzny

Zgodnie z pkt.2.2.2. czas jednego oddziaływania jest równy czasowi cyklu strzelania dywizjonu  $/T_s/$ , a odcinek jednego oddziaływania wynosi  $D_{T_5}$ .

Możliwą liczbę oddziaływań dywizjonu raketowego na dany cel powietrzny obliczamy z zależności:

$$N_0 = \frac{D_{cp}}{D_{T_5}} ; \quad N_0 \leq N_{strz} \quad 2.2.17$$

lub

$$N_0 = \frac{T_{cp}}{T_5} ; \quad N_0 \leq N_{strz} \quad 2.2.18$$

gdzie:

$D_{cp}$  - droga lotu celu na odcinku ograniczonym punktami o współrzędnych  $x_1, y_1; x_2, y_2$  lub  $x_p, y_p; x_2, y_2$  /patrz pkt 2.2.4./;

- $T_{cp}$  - czas lotu celu na odcinku jak wyżej;  
 $T_c$  - czas jednego oddziaływania /cyklu strzelania/;  
 $N_{strz}$  - maksymalna liczba strzelań, jaką może wykonać dywizjon raketowy, którą określamy z zależności:

$$N_{strz} = \frac{N}{n} \quad 2.2.19$$

gdzie:

- $N$  - liczba /zapas/ rakiet znajdujących się w dywizjonie;  
 $n$  - średnie zużycie rakiet w jednym strzelaniu /w czasie jednego cyklu strzelania/.

Ponadto, przyjmujemy założenie, że jeden dywizjon raketowy może oddziaływać w tym samym czasie tylko na jeden cel powietrzny.

#### 2.2.6. Działania bojowe przeciwlotniczej artylerii lufowej

Jako podstawową jednostkę artylerii lufowej w systemie OP przyjmuje się pułk artylerii przeciwlotniczej /paplot/, a jako jednostkę ogniową baterię artylerii przeciwlotniczej /baplot/.

Przeciwlotniczą artylerię lufową /AL/ będziemy charakteryzować wektorem:

$$A_{LPO} = /P_k/, \quad k=1,2,3,\dots,K$$

gdzie:

- $P_K$  - wektor opisujący pułk artylerii przeciwlotniczej;
- $K$  - liczba pułków.

Pułk artylerii przeciwlotniczej będzie opisany wektorem:

$$P_K = /b_i/, \quad i=1,2,3,\dots,I_K$$

gdzie:

- $b_i$  - wektor charakteryzujący baterię przeciwlotniczą;
- $I_K$  - liczba baterii wchodząca w skład pułku.

Każda bateria będzie charakteryzowana wektorem:

$$b = /N_b, T_b, W_d, M_{ob}/$$

gdzie:

- $N_b$  - numer taktyczny baterii;
- $T_b$  - typ baterii;
- $W_d$  - współrzędne prostokątne miejsca rozwinięcia baterii;
- $M_{ob}$  - możliwości ogniowe baterii.

Dla każdego typu baterii zestawiamy charakterystyki możliwości ogniowych, w których ujmujemy:

- zasięg strefy ognia w płaszczyźnie poziomej  $/D_d/$  i pionowej  $/H_c/$ ;
- dopuszczalne prędkości lotu celu;
- liczbę możliwych strzelań w jednostce czasu;
- prawdopodobieństwo zestrzelenia ŚNP w jednym strzelaniu;

Przestrzenne możliwości oddziaływania na dany cel powietrzny określamy analogicznie jak dla dywizjonu raketowego, poprzez rozwiązywanie układów równań: trasy lotu i okręgu o promieniu równym dalszej granicy strefy ognia baterii dla danej wysokości.

## 2.3. JEDNOSTKI WALKI RADIOELEKTRONICZNEJ

Liczba obiektów radioelektronicznych przeciwnika, które winny być obezwładniane radioelektronicznie przekracza wielokrotnie ilość /liczbę/ posiadanych środków zakłócających. W tej sytuacji szczególnie ważnym problemem staje się optymalizacja ich wykorzystania. Optymalizacja rozdziału środków zakłócających wymaga: określenia możliwości identyfikacji obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, określenia możliwości ORe tych obiektów, precyzyjnego określenia stref /zasięgów/ i czasów oddziaływania zakłóceniami na te obiekty, klasyfikacji obiektów osłanianych radioelektronicznie przed ŚNP przeciwnika ze względu na ich ważność operacyjno-taktyczną, zastosowanie właściwej metody podziału środków WRe gwarantującej ich efektywne wykorzystanie.

### 2.3.1. Sformalizowany opis obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego

W celu dokonania opisu charakteryzującego obiekt radioelektroniczny przeciwnika powietrznego, należy podać jego pojęcie. Pod pojęciem obektu radioelektronicznego rozumię cel powietrzny, na wyposażeniu którego występuje pracujące urządzenie radioelektroniczne mogące być zakłócone przez SORe. Urządzeniami tymi będą: stacje radiolokacyjne występujące w systemach i środkach nawigacyjnych oraz nawigacyjno-celowniczych, radiostacje KF i UKF.

Sposób nalotu celu powietrznego charakteryzuje następujący wektor:

$$SN_{cp} = /s, i, x, y, l_s, t, V, H, R_c, W_i, \mathcal{L}, j/ \quad 2.3.1.$$

gdzie:

- s - numer grupy;
- i - numer ŚNP przeciwnika;
- x, y - współrzędne położenia grupy ŚNP rozumianej jako ugrupowanie samolotów mieszczące się w poziomym przekroju charakterystyki promieniowania anteny nadawczej SZ na określonej wysokości;
- $l_s$  - liczba ŚNP w grupie;
- t - typ ŚNP;
- V - prędkość ŚNP;
- H - wysokość lotu ŚNP;
- $R_c$  - odległość ŚNP od obiektu osłony radioelektronicznej;
- $W_i$  - współczynnik charakteryzujący potencjał bojowy ŚNP;
- $\mathcal{L}$  - kierunek nalotu /kąt ataku/;
- j - numer atakowanego obiektu osłanianego radioelektronicznie

Pokładowe RLS ŚNP przeciwnika charakteryzuje następujący wektor:

$$RLS = /P_{wej}, P_i, G_i, \lambda, Q_a, W_{pz}/ \quad 2.3.2.$$

gdzie:

- $P_{wej}$  - czułość urządzenia odbiorczego RLS;
- $P_i$  - moc w impulsie;
- $G_i$  - zysk kierunkowy anteny RLS;
- $\lambda$  - długość fali;
- $Q_a$  - szerokość charakterystyki promieniowania anteny;
- $W_{pz}$  - współczynnik, charakteryzujący wyposażenie RLS w układ przeciwwakłócienny.

Pokładowe RST ŚNP przeciwnika charakteryzuje następujący wektor:

$$RST = /P_{wej}, P_R, G_R, R_R, f_R/ \quad 2.3.3.$$

gdzie:

- $P_{we}$  - czułość urządzenia odbiorczego RST;
- $P_R$  - moc radiostacji;
- $G_R$  - zysk kierunkowy anteny RST;
- $R_R$  - zasięg łączności między korespondentami;
- $f_R$  - częstotliwość pracy RST.

### 2.3.2. Sformalizowany opis systemu obezwładniania radioelektronicznego

Zadania w zakresie obezwładniania radioelektronicznego realizowane są przez pododdziały zakłóceń radioelektronicznych wchodzące w skład pułku zakłóceń radioelektronicznych.

Pułk zakłóceń radioelektronicznych /pzrel/ charakteryzuje następujący wektor:

$$P^{ZRE} = /B_{i_1}^{ZRE}, K_{i_2}^{ZRE}/, \quad \begin{array}{l} i_1=1,2,\dots,I_1 \\ i_2=1,2,\dots,I_2 \end{array} \quad 2.3.4.$$

gdzie:

$B_{i_1}^{ZRE}$  - batalion zakłóceń radioelektronicznych /bzrel/;

$K_{i_2}^{ZRE}$  - kompania zakłóceń radioelektronicznych /kzrel/;

$I_1, I_2$  - odpowiednio - liczby bzrel i kzrel w pzrel.

Batalion zakłóceń radioelektronicznych charakteryzuje następujący wektor:

$$B^{ZRE} = /K_{i_3}^{ZRE}/, \quad i_3=1,2,\dots,I_3 \quad 2.3.5.$$

gdzie:

$K_{i_3}^{ZRE}$  - kompania zakłóceń radioelektronicznych;

$I_3$  - liczba kzrel w bzrel.

Kompanię zakłóceń radioelektronicznych charakteryzuje następujący wektor:

$$K^{ZRE} = /P_{i_4}^{ZRL}, P_{i_5}^{ZR}/, \quad \begin{matrix} i_4 = 1, 2, \dots, I_4 \\ i_5 = 1, 2, \dots, I_5 \end{matrix} \quad 2.3.6.$$

gdzie:

$P_{i_4}^{ZRL}$  - pluton zakłóceń radiolokacyjnych /plzrl/;

$P_{i_5}^{ZR}$  - pluton zakłóceń radiowych /plzr/;

$I_4, I_5$  - odpowiednio - liczby plzrl i plzr w kzrel.

Kompanię zakłóceń radiolokacyjnych /kzrl/ scharakteryzować można za pomocą wektora:

$$K^{ZRL} = /P_{i_6}^{ZRL}/, \quad i_6 = 1, 2, \dots, I_6 \quad 2.3.7.$$

gdzie:

$P_{i_6}^{ZRL}$  - pluton zakłóceń radiolokacyjnych;

$I_6$  - liczba plzrl w kzrl.

Kompanię zakłóceń radiowych /kzr/ scharakteryzować można za pomocą wektora:

$$K^{ZR} = /P_{i_7}^{ZR}/, \quad i_7 = 1, 2, \dots, I_7 \quad 2.3.8.$$

gdzie:

$P_{i_7}^{ZR}$  - pluton zakłóceń radiowych;

$L_7$  - liczba plzr w kZR.

Pluton zakłóceń radiolokacyjnych charakteryzuje następujący wektor:

$$P^{ZRL} = /N^{ZRL}, S_{j_1}^{ZRL}, L_{j_1}^{ZRL}, W^{ZRL}/, \quad j_1=1,2,\dots,J_1 \quad 2.3.9.$$

gdzie:

$N^{ZRL}$  - numer taktyczny /kod/ plzrl;

$L_{j_1}^{ZRL}$  - liczba stacji zakłóceń radiolokacyjnych określonego typu  $j_1$  w plzrl;

$S_{j_1}^{ZRL}$  - kod typu stacji zakłóceń radiolokacyjnych;

$W^{ZRL}$  - współrzędne /prostokątne/ miejsca rozwinęcia plzrl  $/x^{ZRL}, y^{ZRL}/$ ;

$J_1$  - liczba typów stacji zakłóceń radiolokacyjnych w plzrl.

Pluton zakłóceń radiowych charakteryzuje następujący wektor:

$$P^{ZR} = /N^{ZR}, S_{j_2}^{ZR}, L_{j_2}^{ZR}, S_{j_3}^{OR}, L_{j_3}^{OR}, W^{ZR}/, \quad \begin{matrix} j_2=1,2,\dots,J_2 \\ j_3=1,2,\dots,J_3 \end{matrix} \quad 2.3.10.$$

gdzie:

$N^{ZR}$  - numer taktyczny /kod/ plzr;

$S_{j_2}^{ZR}$  - kod typu stacji zakłóceń radiowych;

$L_{j_2}^{ZR}$  - liczba stacji zakłóceń radiowych określonego typu  $j_2$  w plzr;

- $S_{j_3}^{OR}$  - kod typu odbiornika rozpoznania radiowego;
- $L_{j_3}^{OR}$  - liczba odbiorników rozpoznania radiowego określonego typu  $j_3$  w plzr;
- $W^{ZR}$  - współrzędne /prostokątne/ miejsca rozwinięcia plzr  $/x^{ZR}, y^{ZR}/$ ;
- $J_2, J_3$  - odpowiednio - liczby typów stacji zakłóceń radiowych i odbiorników rozpoznania radiowego w plzr.

Stację zakłóceń radiolokacyjnych/SZRL/ charakteryzuje następujący wektor:

$$SZRL = /S^{ZRL}, Z_{zf}^{RL}, R_z, Z_z/H_c/, P_{nz}, G_{nz}, Q_z, \psi_z, \mathcal{L}_z, \mu_z, \Delta f_z, w_z/ \quad 2.3.11.$$

gdzie:

- $S^{ZRL}$  - kod typu stacji zakłóceń radiolokacyjnych;
- $Z_{zf}^{RL}$  - zakres zakłócanych częstotliwości;
- $R_z$  - rodzaj zakłóceń radiolokacyjnych;
- $Z_z/H_c$  - zasięg wykrywania i zakłócania sygnałów pokładowych RLS w zależności od wysokości  $H_c$  celu powietrznego;
- $P_{nz}$  - moc nadajnika zakłóceń;
- $G_{nz}$  - zysk kierunkowy anteny stacji zakłóceń;
- $Q_z$  - szerokość kierunkowej charakterystyki anteny stacji zakłóceń w płaszczyźnie poziomej;
- $\psi_z$  - szerokość kierunkowej charakterystyki anteny stacji zakłóceń w płaszczyźnie pionowej;
- $\mathcal{L}_z$  - sektor pracy stacji zakłóceń w azymucie;
- $\mu_z$  - sektor pracy stacji zakłóceń w elewacji;
- $\Delta f_z$  - dokładność określania częstotliwości sygnałów pokładowych RLS;
- $w_z$  - współczynnik uwzględniający niezgodność polaryzacji anteny stacji zakłóceń i anteny pokładowej RLS.

Stację zakłóceń radiowych /SZR/ charakteryzuje następujący wektor:

$$SZR = /N^{ZR}, Z_{zf}^R, Z_z^{UKF}/H_c/, P_{nz}, \Delta t_{pf}, \Delta t_f/ \quad 2.3.12.$$

gdzie:

- $N^{ZR}$  - kod typu stacji zakłóceń radiowych;
- $Z_{zf}^R$  - zakres zakłócanych częstotliwości /KF i UKF/;
- $Z_z^{UKF}/H_c/$  - zasięg zakłóceń radiowych /UKF/ w zależności od wysokości  $/H_c/$  lotu celu powietrznego;
- $P_{nz}$  - moc nadajnika zakłóceń;
- $\Delta t_{pf}$  - czas poszukiwania sygnału w zakresie częstotliwości  $Z_{zf}^R$ ;
- $\Delta t_f$  - czas przestrajania nadajnika zakłóceń z jednej częstotliwości na drugą.

Odbiornik rozpoznania radiowego /jako element stacji zakłóceń radiowych/ charakteryzuje następujący wektor:

$$ORR = /S^{OR}, Z_f^{OR}, \Delta f_R, R_{PE}, Z_o^{UKF}/H_c/, A_o/$$

gdzie:

- $S^{OR}$  - kod typu odbiornika rozpoznania radiowego;
- $Z_f^{OR}$  - zakres odbieranych częstotliwości;
- $\Delta f_R$  - dokładność rozpoznawanych częstotliwości;
- $R_{PE}$  - rodzaj emisji radiowych;
- $Z_o^{UKF}$  - zasięg rozpoznania UKF w zależności od wysokości  $/H_c/$  lotu celu powietrznego;
- $A_o$  - czułość odbiornika.

### 2.3.3. Określenie potrzeb i możliwości obezwładniania radioelektronicznego

Problem racjonalnego i efektywnego wykorzystania środków  $SOR_e$  do zakłócenia obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego można rozwiązać według następującego ogólnego algorytmu:

1. Określenie możliwości identyfikacji i obezwładniania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego.

2. Określenie przestrzeni i czasu oddziaływania środków  $SOR_e$  na obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego.

3. Podział środków  $SOR_e$  do zakłócania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego.

#### 2.3.3.1. Określenie możliwości identyfikacji i obezwładniania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego

Przez określenie możliwości identyfikacji i obezwładniania obiektów radioelektronicznych rozumiemy przyporządkowanie każdemu środkowi  $SOR_e$  zbioru urządzeń radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, które będzie mógł on rozpoznawać i obezwładniać zakłóceniami.

Zależności matematyczne służące do określenia możliwości identyfikacji i obezwładniania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego przyjęto na podstawie "Metodyki operacyjno-taktycznych obliczeń skuteczności obezwładniania radioelektronicznego".

### Możliwości obezwładniania RLS przeciwnika powietrznego

Skuteczność oddziaływania zakłóceń na radiolokacyjne stacje wykrywania i wskazywania celów, w zależności od ilości środków zakłócających SORe, ich przeznaczenia i rozmieszczenia oraz czasu, którym dysponują obsługi tego systemu można ocenić, między innymi, na podstawie zasięgu skutecznego zakłócania RLS przeciwnika. Wartość zasięgu skutecznego zakłócania określa się minimalną odległością od stacji radiolokacyjnej, przy której prawdopodobieństwo wykrycia  $D=D_0=0,5$  i prawdopodobieństwo fałszywego alarmu  $F=F_0$ . Dla RLS z cyfrowym opracowaniem informacji wartość  $F_0$  nie przekracza wielkości równej  $10^{-4}$  do  $10^{-6}$ , natomiast dla RLS z wizualnym zobrazowaniem informacji  $F_0$  zawiera się w granicach  $10^{-3}$  do  $10^{-5}$ .

Obliczenie zasięgu skutecznego zakłócania rozpoczynamy od sprawdzenia, czy zakres częstotliwości pracy  $\Delta f_s = f_{s_{max}} - f_{s_{min}}$  zakłócającej RLS znajduje się wewnątrz zakresu częstotliwości  $\Delta f_z = f_{z_{max}} - f_{z_{min}}$  stacji zakłóceń SORe.

$$f_{z_{min}} < f_{s_{min}} \wedge f_{s_{max}} < f_{z_{max}} \quad 2.3.13.$$

#### 2.3.13

Jeśli spełniony jest warunek/4/, wówczas wykonujemy kolejne obliczenia, a w przeciwnym wypadku kończymy proces obliczeń ponieważ zakłócenie RLS przez daną stację zakłóceń jest niemożliwy. Następnie określa się liczbę efektywnie gromadzonych impulsów RLS/ni/ oraz współczynnik jakości zakłóceń  $K_z$ .

$$n_i = \begin{cases} \frac{0,7 \cdot Q_\beta \cdot f_p}{GNA}, & \text{przy } 0,7 \cdot \frac{Q_\beta \cdot f_p}{GNA} \leq 20 \\ 20 & - \text{ przy } 0,7 \cdot \frac{Q_\beta \cdot f_p}{GNA} > 20 \end{cases} \quad 2.3.14.$$

$$K_z = \begin{cases} K_0 \approx 0,5 & \text{dla ciągłych zakłóceń} \\ K_0 \approx 0,25 & \text{dla odzewowych zakłóceń} \\ K_0 \cdot \frac{\Delta f_{z_1}}{\Delta f_{wz}} \cdot N_{nz}, & \text{przy } \frac{1}{2} \leq \frac{N_{nz} \cdot \Delta f_{z_1}}{f_{wz}} \leq 1 \\ K_0 & , \text{ przy } \frac{N_{nz} \cdot \Delta f_{z_1}}{f_{wz}} > 1 \end{cases} \quad 2.3.15.$$

Zależność 2.3.15 dla zmiennoczęstotliwościowych zakłóceń.

Kolejną czynnością jest obliczenie progowego stosunku sygnału do zakłócenia  $/q_0^2/$ . Wielkość  $q_0^2$  oblicza się z tabel opracowanych na podstawie wykresów znajdujących się na rys.1.3-1.14 w podręczniku "Obliczanie skuteczności oddziaływania aktywnych zakłóceń na środki radiolokacyjne".

W pracy przedstawiam w tabeli 1 wartości stosunku progowego sygnału do zakłóceń na podstawie rys.1.3. z powyższego podręcznika.

Tabela 1

Wartość stosunku sygnał/zakłócenia dla jednego źródła zakłóceń oraz prawdopodobieństwo fałszywego alarmu równego  $10^{-2}$

| Prawdopodobieństwo<br>zakłócenia<br>α <sub>D</sub> | Liczba efektywnie gromadzonych impulsów RLS |     |     |     |     |     |     |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | 2   | 3   | 5   | 7   | 10  | 15  | 25  |
|  | Wartości stosunku sygnał/zakłócenia         |     |     |     |     |     |     |
| 0,2  | 1,5   | 1,3 | 1   | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,1 |
| 0,3  | 2   | 1,9 | 1,3 | 1   | 0,8 | 0,3 | 0,2 |
| 0,4  | 2,6   | 2,3 | 1,8 | 1,3 | 1   | 0,5 | 0,4 |
| 0,5  | 3,6   | 3   | 2,3 | 2   | 1,6 | 1   | 0,5 |
| 0,6  | 4,8   | 4   | 3   | 2,5 | 2,1 | 1,3 | 1   |
| 0,7  | 8   | 6,9 | 5   | 4   | 3,2 | 2,3 | 1,7 |
| 0,8  | 12  | 10  | 8   | 6   | 4,8 | 3,8 | 2,6 |
| 0,9  |   |     |     |     | 14  | 8   | 6   |

Obliczenia zasięgu skutecznego zakłócania  $Z_z/H_c$  stacji radiolokacyjnej przeciwnika powietrznego przez daną stację zakłócającą SORe wykonuje się według wzoru:

$$Z_z/H_c = \sqrt{\frac{P_i \cdot t_i \cdot G_i \cdot G \cdot \Delta_{fwz}}{4 \pi \cdot P_{nz} \cdot G_{nz} \cdot N_{nz} \cdot K_z \cdot q_0^2}} \quad 2.3.16$$

gdzie:

$t_i$  - czas trwania impulsu pokładowej RLS;

$G$  - skuteczna powierzchnia odbicia pojedynczego samolotu lub innego obiektu powietrznego;

$\Delta_{fwz}$  - szerokość widma zakłóceń  $\Delta_{fwz} = f_{z_{max}} - f_{z_{min}}$ ;

$N_{nz}$  - liczba nadajników zakłóceń

Pozostałe oznaczenia wyjaśniono w punkcie 2.3.1 i 2.3.2.

Możliwości obezwładniania łączności radiowej UKF  
przeciwnika powietrznego

Zgodnie z "Metodyką operacyjno-taktycznych obliczeń skuteczności obezwładniania radioelektronicznego" identyfikację łączności radiowej UKF przeciwnika powietrznego można prowadzić wówczas, jeżeli zasięg identyfikacji  $Z_i$  jest większy od zasięgu horyzontu radiowego  $Z_{hr}$ .  $Z_i > Z_{hr}$

Zasięg horyzontu radiowego określamy ze wzoru:

$$Z_{hr} = 4,12 \cdot \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \quad 2.3.17$$

gdzie:

$h_1$  i  $h_2$  - wysokość anteny odbiorczej i nadawczej nad powierzchnią ziemi.

Możliwość identyfikacji łączności radiowej UKF w granicach horyzontu radiowego określa się przez porównanie natężenia pola sygnału  $E_s$  w miejscu rozwinięcia środków identyfikacji z normą natężenia pola  $E_n$ .

Jeśli  $E_s \geq E_n$  to identyfikacja jest możliwa.

Normę natężenia pola określa się według wzoru:

$$E_n = \frac{A_o}{h \cdot G_{AO}} \quad 2.3.18$$

gdzie:

$A_o$  - czułość odbiornika środka identyfikacji;  
 $G_{AO}$  - zysk kierunkowy anteny odbiorczej.

Zakłócenie określonej relacji łączności radiowej UKF jest możliwe wówczas, gdy zasięg zakłóceń  $Z_z$  jest większy od zasięgu horyzontu radiowego  $Z_{hr}$ .

$$Z_z > Z_{hr}$$

Zakłócenie łączności radiowej UKF w granicach horyzontu radiowego jest możliwe wówczas, jeżeli stosunek natężeń pól sygnału zakłócającego  $E_z$  i sygnału użytecznego  $E_s$  jest większy lub równy współczynnikowi zakłóceń  $K_z$ .

$$\frac{E_z}{E_s} \geq K_z \quad 2.3.19$$

gdzie:

$E_z$  - natężenie pola zakłóceń w punkcie zakłócanym;

$E_s$  - natężenie pola sygnału użytecznego w punkcie zakłócanym.

Natężenie pola zakłóceń i sygnału użytecznego w punkcie zakłócanym określa się na podstawie tabel rys.2.1; 2.2; 2.3; 2.4

"Metodyki operacyjno-taktycznych obliczeń skuteczności obezwładniania radioelektronicznego".

Współczynnik zakłóceń  $K_z$  określa się na podstawie tabeli 2.

Tabela 2

| Wartość współczynnika zakłóceń | Rodzaj pracy | Tlg AT | Tlg FM | Tlg Ton | Tlf AM | Tlf SSB | Tlg FM |
|--------------------------------|--------------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|
| $K_z$                          |              | 0,9    | 1,1,   | 2       | 2      | 4       | 1,2    |

Możliwości obezwładniania łączności radiowej KF przeciwnika

Przy ocenie możliwości identyfikacji łączności radiowej KF określa się natężenie pola sygnału w miejscu rozwinięcia środków identyfikacji  $/E_i/$  i porównuje z wymaganą wartością natężenia pola  $/E_n/$ .

Wymaganą normę natężenie pola  $/E_n/$  określa się z tabeli rys.1.1 "Metodyki operacyjno-taktycznych obliczeń skuteczności obezwładniania radioelektronicznego". Identyfikację łączności radiowej KF uważa się za możliwą jeżeli  $E_i > E_n$ . Obliczenia związane z określeniem możliwości kompleksu środków zakłóceń łączności radiowej KF SORe, sprowadzają się do wyznaczenia stosunku natężeń pól sygnału zakłócającego  $/E_z/$  i sygnału użytecznego  $/E_s/$  w miejscu odbioru. Stosunek ten porównuje się ze współczynnikiem zakłóceń  $/K_z/$ . Jeżeli  $\frac{E_z}{E_s} \gg K_z$  to relacja łączności radiowej KF może być zakłócona.

Natężenie pola użytecznego określa się następująco:

$$E_s = \begin{cases} 7750 \cdot \frac{\sqrt{P_s \cdot G_s \cdot F_s}}{R_s} & ; \text{ jeżeli łączność jest} \\ & \text{na fali przyziemnej} \\ 7750 \cdot \frac{\sqrt{P_s \cdot G_s \cdot \sin \psi_{F_2}} \cdot e^{-\sqrt{\epsilon}}}{R_s} & ; \text{ jeżeli łączność jest} \\ & \text{na fali przestrzennej} \end{cases} \quad 2.3.20$$

gdzie:

$\sqrt{\epsilon}$  - sumaryczny współczynnik osłabienia w poszczególnych warstwach jonosfery.

Wartość  $/\sin \psi_{F_2} \cdot e^{-\sqrt{\epsilon}}/$  dla różnych częstotliwości pracy  $/fp/$  i częstotliwości krytycznych  $/f_{kr}/$  w zależności od odległości łączności  $/R_s/$  lub zakłóceń  $/R_z/$  podane są w tabelach rys.1,6;

1.7; 1.8 i 1.9 "Metodyki operacyjno-taktycznych obliczeń skuteczności obezwładniania radioelektronicznego".

Natężenie pola  $/E_i/$  w punkcie rozmieszczenia środków identyfikacji określa się następująco:

$$E_i = \begin{cases} \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s} \cdot F_s}{R_i} ; & \text{jeżeli łączność jest} \\ & \text{na fali przyziemnej} \\ \\ \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s} \cdot \sin \psi \cdot F_2}{R_i} \cdot e^{-\sqrt{\epsilon} R_i} ; & \text{jeżeli łączność} \\ & \text{jest na fali} \\ & \text{przestrzennej} \end{cases} \quad 2.3.21$$

Natężenie pola zakłóceń  $/E_z/$  w miejscach rozmieszczenia zakłócanych radiostacji przeciwnika określa się następująco:

$$E_z = \begin{cases} \frac{7750 \cdot \sqrt{P_z \cdot G_z} \cdot F_s}{R_z} ; & \text{jeżeli łączność jest na} \\ & \text{fali przyziemnej} \\ \\ \frac{7750 \cdot \sqrt{P_z \cdot G_z} \cdot \sin \psi \cdot F_2}{R_z} \cdot e^{-\sqrt{\epsilon} R_z} ; & \text{jeżeli łączność} \\ & \text{jest na fali} \\ & \text{przestrzennej} \end{cases} \quad 2.3.22$$

Możliwość identyfikacji łączności radiowej KF przez środki SORe określa się w następujący sposób:

$$j_{KF} = \begin{cases} 1 / \text{relacja jest rozpoznana} / \text{przy } \frac{E_i}{E_n} \geq 1 \\ \\ 0 / \text{relacja jest nie rozpoznana} / \text{przy } \frac{E_i}{E_n} < 1 \end{cases}$$

Możliwość zakłócenia łączności radiowej KF przez środki SORe określa się w sposób następujący:

$$\delta_{KF} = \begin{cases} 1 & \text{/relacja jest obezwładniona/ przy } \frac{E_z}{E_s} \cdot \frac{1}{K_z} \geq 1 \\ 0 & \text{/relacja jest nie obezwładniona/ przy } \frac{E_z}{E_s} \cdot \frac{1}{K_z} < 1 \end{cases}$$

gdzie:

$K_z$  - współczynnik obezwładnienia, określony na podstawie tabeli 3

Tabela 3

| Rodzaj pracy                         | Dalekopis |        | Ftg FM |        | Tlf SSB |
|--------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|---------|
|                                      | Tlg AM    | Tlg FM | Tlf AM | Tlf FM |         |
| Wartość współczynnika obezwładnienia |           |        |        |        |         |
| $K_z$                                | 0,9       | 1,1    | 1,2    | 1,5    | 4       |

### 2.3.3.2. Określenie czasu oddziaływania środków systemu obezwładniania radioelektronicznego na obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego

Określenie czasu oddziaływania na obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego poszczególnych elementów systemu obezwładniania radioelektronicznego odbywać się będzie według następującego ogólnego algorytmu:

1. Podział trasy lotu grup lotnictwa przeciwnika powietrznego, na wyposażeniu którego znajdują się obiekty radioelektroniczne, na odcinki.

2. Określenie dla każdego odcinka trasy lotu zbioru elementów SORe ~~wojsk OPK~~, które będą oddziaływać na lotnictwo przeciwnika.

3. Uporządkowanie zbioru elementów SORe oddziaływujących na obiekty radioelektroniczne lotnictwa przeciwnika według typów i czasów oddziaływania.

Trasa lotu grup lotnictwa przeciwnika powietrznego scharakteryzowana jest współrzędnymi wyjściowego punktu trasy lotu  $WPT = /x_6, y_6/$ , współrzędnymi punktów zmiany kierunku trasy lotu  $PZK = /x_{7_1}, y_{7_1}, \dots, x_{7_n}, y_{7_n}/$  oraz współrzędnymi punktu końcowego trasy lotu  $KPT = /x_8, y_8/$ .

Czynnością wstępną do określenia elementów SORe mogących oddziaływać na obiekty radioelektroniczne grup lotnictwa przeciwnika powietrznego jest podział trasy lotu na szereg odcinków. W pracy przyjęto podział na odcinki równe drodze przebytej przez grupę lotnictwa przeciwnika w ciągu 1 minuty.

Początek i koniec każdego odcinka opisany jest przy pomocy współrzędnych topograficznych, które stanowią będą punkty charakterystyczne trasy lotu.

W odniesieniu do tak utworzonego zbioru punktów charakterystycznych określone zostaną możliwości oddziaływania elementów SORe. Dla punktów charakterystycznych trasy lotu poszczególnych grup lotnictwa przeciwnika tworzone są wektory trasy C. Wektor trasy lotu L-tej grupy lotnictwa  $C_1$  zawiera: współrzędne punktów charakterystycznych  $C_{1i1}$ ,  $C_{2i1}$ , czas przekroczenia punktów charakterystycznych  $C_{3i1}$ , wysokość lotu grupy lotnictwa  $C_{4i1}$ .

$$C_l = /C_{1il}, C_{2il}, C_{3il}, C_{4il}/ \quad \begin{array}{l} i=1, \dots, I \\ l=1, \dots, L \end{array}$$

gdzie:

I - ilość punktów charakterystycznych trasy lotu grupy lotnictwa przeciwnika;

L - ilość grup lotnictwa przeciwnika pokonujących system OPK.

Współrzędne określające długość topograficzną punktów charakterystycznych trasy lotu obliczamy z zależności:

$$C_{1il} = \begin{cases} K_1 - DX & \text{gdy } K_1 \geq K_3 \\ K_1 + DX & \text{gdy } K_3 > K_1 \end{cases} \quad 2.3.23$$

gdzie:

DX - droga pokonywana w ciągu 1 minuty przez grupę lotnictwa przeciwnika wzdłuż długości topograficznej;

$$DX = DR \cdot \frac{X}{D}$$

DR - droga pokonywana w ciągu 1 minuty przez grupę lotnictwa przeciwnika lecącą z prędkością V;

$$DR = \frac{V}{60}$$

X - różnica między wartościami określającymi długość topograficzną punktów charakteryzujących trasę lotu grupy lotnictwa przeciwnika;

$$X = \begin{cases} K_1 - K_3 & \text{gdy } K_1 \geq K_3 \\ K_3 - K_1 & \text{gdy } K_3 > K_1 \end{cases}$$

D - odległość między punktami charakteryzującymi trasy lotu grupy samolotów przeciwnika;

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Y - różnica między wartościami określającymi szerokość topograficzną punktów charakteryzujących trasę lotu grupy lotnictwa przeciwnika;

$$Y = \begin{cases} K_4 - K_2 & \text{gdy } K_2 \geq K_4 \\ K_2 - K_4 & \text{gdy } K_4 > K_2 \end{cases}$$

$K_1$  - zbiór wartości określających długość topograficzną trasy lotu przeciwnika powietrznego;

$$K_1 = \{x_6, x_{7_1}, \dots, x_{7_p}, \dots, x_{7_{n-1}}\}$$

$K_2$  - zbiór wartości określających szerokość topograficzną trasy lotu przeciwnika powietrznego;

$$K_2 = \{y_6, y_{7_1}, \dots, y_{7_p}, \dots, y_{7_{n-1}}\}$$

$K_3$  - zbiór wartości określających długość topograficzną trasy lotu przeciwnika powietrznego;

$$K_3 = \{x_{7_1}, \dots, x_{7_{p+1}}, \dots, x_{7_n}\}$$

$K_4$  - zbiór wartości określających szerokość topograficzną trasy lotu przeciwnika powietrznego;

$$K_4 = \{y_{7_1}, \dots, y_{7_{p+1}}, \dots, y_{7_n}\}$$

Współrzędne określające szerokość topograficzną punktów charakterystycznych trasy lotu przeciwnika powietrznego obliczamy z zależności:

$$C_{2i1} = \begin{cases} K_2 - DY & \text{gdy } K_4 \geq K_2 \\ K_2 + DY & \text{gdy } K_2 > K_4 \end{cases} \quad 2.3.24$$

gdzie:

DY - droga pokonywana w ciągu 1 minuty przez grupę lotnictwa przeciwnika wzdłuż szerokości topograficznej;

$$DY = DR \cdot \frac{Y}{D}$$

Czas przekroczenia przez początek grupy lotnictwa przeciwnika poszczególnych punktów charakterystycznych trasy lotu obliczamy z zależności:

$$C_{3i1} = C_{3i-1,1} + D \cdot \frac{60}{V} \quad 2.3.25$$

Wysokość lotu grupy lotnictwa przeciwnika  $C_{4i1}$  określana jest z wektorów charakteryzujących te grupy.

Dla każdego punktu charakterystycznego trasy lotu grupy lotnictwa przeciwnika określamy zbiór elementów SORe, które będą mogły oddziaływać na lotnictwo w tym punkcie. Polega to na sprawdzeniu, czy zasięg poszczególnych elementów SORe umożliwia oddziaływanie zakłóceniami na grupę lotnictwa w kolejnych punktach charakterystycznych trasy lotu.

Jeśli spełniona jest nierówność:

$$\sqrt{|C_{1i1} - X_n|^2 + |C_{2i1} - Y_n|^2} \leq K_n \quad 2.3.26$$

$$n=1, \dots, N$$

wówczas n-ty element SORe może oddziaływać na grupę lotnictwa w i-tym punkcie charakterystycznym trasy lotu gdzie:

$N$  - ilość elementów SORe;

$X_n$  - długość topograficzna n-tego elementu SORe;

$Y_n$  - szerokość topograficzna n-tego elementu SORe;

$K_n$  - zasięg oddziaływania n-tego elementu SORe.

Sprawdzając dla wszystkich elementów SORe i wszystkich punktów charakterystycznych trasy lotu przeciwnika powietrznego warunk <sup>2.3.26</sup> /~~N~~/ otrzymujemy zbiory ZE elementów SORe zakłócających obiekty radioelektroniczne w poszczególnych punktach trasy lotu. Zbiór taki dla i-tego punktu charakterystycznego trasy lotu przedstawić można za pomocą wektora;

$$ZE_l = /TYP_{nl}, X_{nl}, Y_{nl}/ \quad \begin{matrix} n=1, \dots, N \\ l=1, \dots, L \end{matrix}$$

gdzie:

$TYP_{nl}$  - n-ty typ elementu SORe ~~wojsk OPK~~ zakłócający obiekt radioelektroniczny l-tej grupy lotnictwa przeciwnika;

$X_{nl}$  - długość topograficzna n-tego typu elementu SORe ~~wojsk OPK~~ zakłócającego l-tą grupę lotnictwa przeciwnika;

$Y_{nl}$  - szerokość topograficzna n-tego typu elementu SORe ~~wojsk OPK~~ zakłócającego l-tą grupę lotnictwa przeciwnika.

Wykorzystując dane wektorów C trasy lotu oraz wektorów ZE elementów SORe oddziaływujących na lotnictwo przeciwnika powietrznego otrzymujemy macierz  $CORZE$  czasów oddziaływania poszczególnych elementów na grupy lotnictwa przeciwnika.

$$ORZE = /TYP_{nl}, X_{nl}, Y_{nl}, TO_{nl} / N \cdot L$$

gdzie:

$TO_{nl}$  - czas oddziaływania n-tego elementu SORe na l-tą grupę lotnictwa przeciwnika.

$$TO_{nl} = \sum_{l=1}^I C_{3il} \cdot W_{in} + /ISG_1 - 1/ \cdot \frac{OD_1}{V_1}$$

gdzie:

$$W_{in} = \begin{cases} 1 - \text{jeśli } n\text{-ty element SORe } \text{wojsk OPK} \text{ zakłóca} \\ \text{grupę lotnictwa w } i\text{-tym punkcie charakterys-} \\ \text{tycznym trasy lotu} \\ 0 - \text{w przeciwnym wypadku} \end{cases}$$

$ISG_1$  - ilość samolotów w l-tej grupie;

$OD_1$  - odległość między samolotami w l-tej grupie;

$V_1$  - prędkość l-tej grupy lotnictwa przeciwnika.

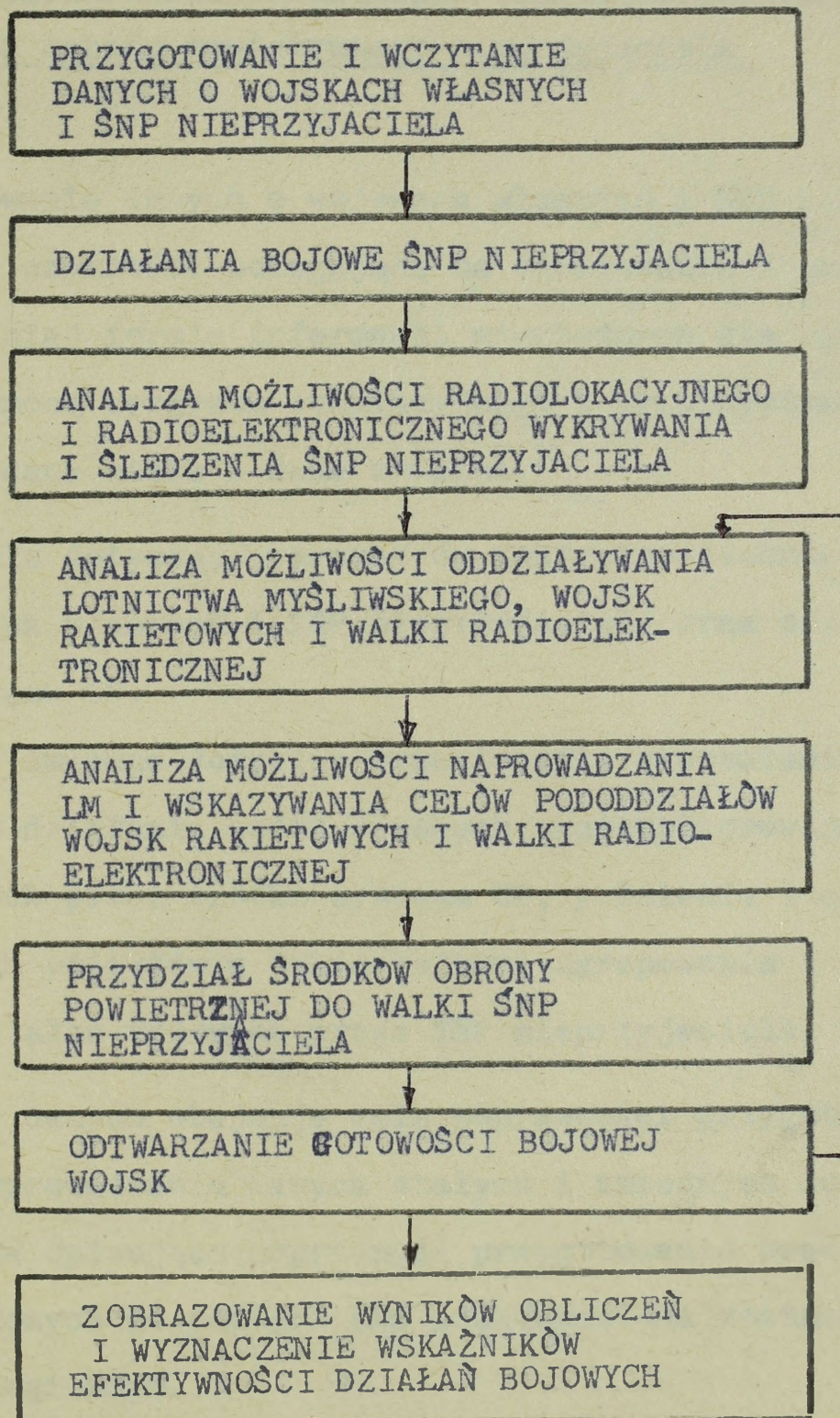
Macierz ORZE winna być uporządkowana według typów elementów SORe oraz długości czasów oddziaływania na obiekty radioelektroniczne lotnictwa przeciwnika powietrznego.

### 3. ALGORYTMY ODWZOROWANIA DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK W SYSTEMIE OBRONY POWIETRZNEJ

Odwzorowanie w KMS podstawowych procesów działań bojowych wojsk w systemie OP wymaga opracowania niezbędnych algorytmów i procedur obliczeniowych, które umożliwią oprogramowanie EMC. Do zasadniczych algorytmów można zaliczyć:

- algorytm przygotowania i czytania danych o wojskach własnych i SNP nieprzyjaciela;
- algorytm działań bojowych SNP nieprzyjaciela;
- algorytm analizy możliwości radiolokacyjnego i radioelektronicznego rozpoznania celów powietrznych;
- algorytm analizy możliwości naprowadzania LM i wskazywania celów powietrznych WRiA;
- algorytm analizy możliwości oddziaływania WRiA;
- algorytm analizy możliwości oddziaływania LM;
- algorytm analizy możliwości obezwładniania radioelektronicznego;
- algorytm przydziału środków obrony powietrznej do walki ze SNP nieprzyjaciela;
- algorytm odtwarzania gotowości bojowej wojsk;
- algorytm zobrazowania wyników obliczeń i wyznaczania wskaźników efektywności działań bojowych.

Ogólny algorytm, w którym pokazano podstawowe procesy realizowane w trakcie oceny działań bojowych wojsk w systemie OP przedstawiono na rysunku 4.1.



3.1. Ogólny algorytm oceny działań bojowych wojsk w systemie OP

### 3.1. Przygotowanie i czytanie danych o wojskach własnych i środkach napadu powietrznego nieprzyjaciela

Przygotowanie danych o wojskach własnych i SNP nieprzyjaciela obejmuje czynności polegające na opracowaniu i przedstawieniu w odpowiedniej formie informacji niezbędnych dla wykonania obliczeń za pomocą programu symulacyjnego z wykorzystaniem EMC. Zawierają one dane stałe i dane zmienne.

Dane stałe dotyczą parametrów taktyczno-technicznych uzbrojenia wojsk własnych i SNP nieprzyjaciela oraz opisu terenu działania systemu OP.

Natomiast dane zmienne dotyczą: organizacji, wyposażenia, ugrupowania i rejonu działania wojsk własnych, sposobu prowadzenia działań bojowych przez środki systemu OP, położenia i charakterystyk bronionych obiektów a także rejonu, ugrupowania i sposobu prowadzenia działań bojowych przez SNP nieprzyjaciela.

Czytanie danych obejmuje opis poprawności przygotowania oraz sposobu wprowadzania danych stałych i zmiennych do pamięci EMC. Instrukcja opisująca poprawność przygotowania oraz sposobu wprowadzania danych do pamięci EMC przedstawiona zostanie w projekcie technologicznym.

W niniejszym opracowaniu przedstawiony zostanie jedynie opis przygotowania danych stałych i zmiennych ze względu na ich treść merytoryczną.

### 3.1.1. Przygotowanie danych stałych

Przygotowanie danych stałych obejmujących informacje o parametrach taktyczno-technicznych podstawowego uzbrojenia wojsk działających w systemie OP oraz SNP nieprzyjaciela<sup>x/</sup> mogących prowadzić działania bojowe z hipotetycznym /lub realnym/ systemem OP. Polega ono na zdobyciu niezbędnych, wiarygodnych informacji dotyczących rozpatrywanego problemu i wypełnieniu na ich podstawie odpowiednich formularzy i tabel.

#### 3.1.1.1. Dane taktyczno-techniczne stacji radiolokacyjnych

Dane o parametrach taktyczno-technicznych urządzeń radiolokacyjnych /URL/ należy przedstawić w tabeli pokazanej w załączniku nr 1.

W poszczególnych kolumnach tabeli należy wpisać następujące dane:

$K_{URL}$  - kod typu urządzenia radiolokacyjnego, przy czym

$$K_{URL} \begin{cases} \leq ILO & \text{- urządzenia typu odległościomierz;} \\ > ILO & \text{- urządzenia typu wysokościomierz;} \end{cases}$$

$K_{NAPR}$  - kod wykorzystania urządzenia radiolokacyjnego do naprowadzania oraz zakres częstotliwości nadajnika w formie liczby a b, przy czym:

a - numer zakresu częstotliwości pracy urządzenia nadawczego;

$$b = \begin{cases} 1, & \text{urządzenie może być wykorzystane do naprowadzania LM;} \\ 0, & \text{urządzenie nie może być wykorzystane do naprowadzania LM;} \end{cases}$$

<sup>x/</sup> Dane stałe charakteryzujące środki napadu powietrznego nieprzyjaciela przedstawione zostaną w aneksie do niniejszego opracowania.

- $K_h$  - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego urządzenia radiolokacyjnego dla wartości skutecznej powierzchni obliczenia  $\zeta_0 = 1 \text{ m}^2$ , przy czym  $0 \leq K_h \leq 1$ ;
- TES - współczynnik zmiany zasięgu wykrywania urządzenia radiolokacyjnego z włączonym urządzeniem tłumienia ech stałych /  $0 \leq TES \leq 1$ /;
- ENPS - energetyczny potencjał urządzenia radiolokacyjnego, przy czym  $ENPS = P_s \cdot G_s$ , gdzie:  
 $P_s$  - moc urządzenia radiolokacyjnego /z uwzględnieniem strat w linii przesyłowej/ w impulsie podana w megawatach;  $G_s$  - zysk kierunkowy anteny urządzenia radiolokacyjnego;
- $F_p$  - częstotliwość powtarzania impulsów urządzenia radiolokacyjnego podana w hercach;
- STRM - wielkość strefy martwej urządzenia radiolokacyjnego podana w kilometrach;
- STOŻM - maksymalny kąt podniesienia charakterystyki promieniowania urządzenia radiolokacyjnego, podany w stopniach;
- $Q_{0,5}$  - szerokość charakterystyki promieniowania /w płaszczyźnie poziomej/ urządzenia radiolokacyjnego na poziomie połowy mocy, podana w stopniach;
- $\Delta f_0$  - szerokość pasma przepuszczania liniowej części odbiornika urządzenia radiolokacyjnego, podana w megahercach;
- IOPW - maksymalna liczba dyskretnie opisywanych odległości wykrywania danego urządzenia radiolokacyjnego;
- $f/h_{w_i}$  / - odległość wykrywania na wysokości  $h_{w_i}$  / $i=1,2,\dots,I$ / urządzenia radiolokacyjnego danego typu dla wartości

skutecznej powierzchni odbicia  $\zeta_0 = 1 \text{ m}^2$ , podana w kilometrach.

### 3.1.1.2. Dane taktyczno-techniczne urządzeń rozpoznania radioelektronicznego

Urządzenie rozpoznania radioelektronicznego dowolnego typu /np. stacja rozpoznania pokładowych SRL, namiernik radiowy KF lub UKF, urządzenie odbiorcze KF lub UKF, urządzenie rejestrująca/ można ~~zdefiniować~~ <sup>zdefiniować</sup> poprzez podanie następujących danych /Załącznik nr 2/.

$K_{URE}$  - zbiór typów urządzeń rozpoznania radioelektronicznego, co można napisać następująco:

$$K_{URE} = (N^{KF}, N^{UKF}, O^{KF}, O^{UKF}, O^{LS}, S^{SRL}, A^{KF}, UR),$$

gdzie:

$N^{KF}$  - typy namierników radiowych KF;  $N^{UKF}$  - typy namierników radiowych UKF;  $O^{KF}$  - typy urządzeń odbiorczych KF;  $O^{UKF}$  - typy urządzeń odbiorczych UKF;  $O^{LS}$  - typy urządzeń odbiorczych łączności satelitarnej przeciwnika;  $S^{SRL}$  - typy stacji rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych;  $A^{KF}$  - typy analizatorów i przystawek KF; UR - typy urządzeń rejestrujących;

$\Delta f_p$  - zakres rozpoznawanego pasma częstotliwości urządzeń radioelektronicznych przeciwnika;

$R_p$  - rodzaj pracy urządzenia rozpoznawczego;

$R_E$  - rodzaj odbieranej emisji;

$A_R$  - czułość urządzenia rozpoznawczego;

$\Delta \varphi$  - kątowny błąd namiaru urządzenia namierzającego;

$V_T$  - prędkość przesuwu taśmy magnetofonowej;

$V_{TLG}$  - prędkość modulacji topograficznej.

### 3.1.1.3. Dane taktyczno-techniczne samolotów myśliwskich

Samolot myśliwski będzie scharakteryzowany przez podanie wartości dotyczących możliwości przestrzennego i czasowego działania a także możliwości oddziaływania ogniowego.

W danych dotyczących przestrzennych możliwości działania dla każdego typu samolotu myśliwskiego należy przedstawić w tabeli taktyczne promienie działania w funkcji wysokości, prędkości i zapasu paliwa.

Przykład tabeli charakteryzującej przestrzenne możliwości działania samolotu myśliwskiego przedstawiono w załączniku nr 3, w którym

KTSM - oznacza kod typu samolotu myśliwskiego;

$Q_{sconst}$  - wielkość stałego zapasu paliwa;

$R_{s_{ij}}$  - taktyczny promień działania samolotu myśliwskiego w przedziale wysokości  $\Delta H_{s_i}$  / $i=1,2,\dots,I$ /, w przedziale prędkości lotu  $\Delta V_{s_j}$  / $j=1,2,\dots,J$ / oraz dla stałego zapasu paliwa  $Q_{sconst}$ .

W danych charakteryzujących czasowe możliwości działania samolotu myśliwskiego /załącznik nr 4/ przedstawia się:

KTSM - kod typu samolotu myśliwskiego;

$\Delta T_{lot}$  - maksymalny czas lotu samolotu myśliwskiego w warunkach jego optymalnego działania;

- $\Delta T_{s_i}$  - czas startu samolotu, po czym  $i=1$  pojedynczego samolotu,  $i=2$  pary,  $i=3$  klucza oraz  $i=4$  eskadry;
- $\Delta T_{h_j}$  - czas naboru wysokości  $h_j$  przez samolot myśliwski;
- $\Delta T_{G_i}$  - czas odtwarzania gotowości bojowej samolotu, przy czym  $i=1$  pojedynczy samolot,  $i=2$  para,  $i=3$  klucz oraz  $i=4$  eskadra.

W danych charakteryzujących ogniowe możliwości działania samolotu myśliwskiego /załącznik nr 5/ przedstawia się:

- KTSM - kod typu samolotu myśliwskiego;
- KTU - kod typu uzbrojenia samolotu myśliwskiego;
- $P_a$  - prawdopodobieństwo wykonania ataku samolotem myśliwskim;
- $P_r$  - prawdopodobieństwo rażenia celu;
- $P_z$  - prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego SNP nieprzyjaciela.

#### 3.1.1.4. Dane taktyczno-techniczne przeciwlotniczych zestawów raketowych

Przeciwlotniczy zestaw raketowy /PZR/ będzie scharakteryzowany przez podanie danych dotyczących ich możliwości przestrzennych, czasowych i ogniowych.

Przestrzenne możliwości PZR odzwierciedlone są przez podanie danych dotyczących rozmiarów strefy ognia, zakresu prędkości i wysokości lotu zwalczanych celów powietrznych /załącznik nr 6/. W pierwszym wierszu tablicy podaje się wartość parametru, natomiast w pierwszej kolumnie podaje się górne wartości przedziałów wysokości. W ostatniej kolumnie podaje się wartość dalszej granicy strefy ognia. W pozostałych wierszach tablicy podaje się wartość bliższej granicy strefy ognia.

Poza tym tablica jest opisana następującymi parametrami:

- $KT_{PZR}$  - kod typu PZR;
- LW - liczba wierszy tablicy;
- LK - liczba kolumn tablicy;
- $P_{max}$  - maksymalna wartość parametru.

W charakterystyce czasowej przeciwlotniczych zestawów raketowych podaje się /Załącznik nr 7/:

- $KT_{PZR}$  - kod typu PZR;
- TK - czas wydania komendy na przeniesienie ognia;
- $T_{obr}$  - czas obrotu anteny stacji naprowadzania rakiet;
- TUPD1 - łączny czas uchwycenia celu i przygotowania danych w systemie planszetyowym;
- TUPD2 - łączny czas uchwycenia celu i przygotowania danych w systemie zautomatyzowanym;
- $T_{st}$  - czas zejścia rakiety z wyrzutni;
- $\Delta T_o$  - odstęp czasowy odpalenia kolejnej rakiety do celu powietrznego;
- $T_{ld1}$  - czas lotu rakiety do dalszej granicy strefy ognia na średnich i dużych wysokościach;
- $T_{ld2}$  - czas lotu rakiety do dalszej granicy strefy ognia na małych wysokościach;
- $T_{ld3}$  - czas lotu rakiety do bliższej granicy strefy ognia;
- $T_{SD}$  - czas pracy stanowiska dowodzenia;
- $T_{WZSD}$  - czas wskazania celu w systemie zautomatyzowanym;
- $T_{pSTZ}$  - czas podjazdu STZ do wyrzutni;
- $T_{\lambda}$  - czas ładowania rakiet na wyrzutnię;

$T_{pN}$  - czas przygotowania rakiet do odpalenia w reżymie normalnym;

$T_{pp}$  - czas przygotowania rakiet do odpalenia w reżymie przyspieszonym.

Ogniove możliwości poszczególnych typów PZR scharakteryzowane są przez wartości prawdopodobieństwa rażenia celu powietrznego /pojedynczego samolotu nieprzyjaciela/ w zależności od liczby użytych rakiet i warunków strzelania podane za pomocą tabeli /Załącznik nr 8/. W tabeli podaje się wartości prawdopodobieństwa rażenia dla:

$KT_{PZR}$  - kodu typu PZR;

$L_R$  - liczba użytych rakiet;

$W_i^S$  - określonych /i-tych/ warunków strzelania.

Środki artylerii przeciwlotniczej scharakteryzowane zostaną przez podanie danych dotyczących możliwości ogniowych /załącznik nr 8a/ takich jak:

$KT_{plot}$  - kod typu uzbrojenia artylerii przeciwlotniczej;

$V_{max}$  - maksymalna prędkość lotu celu;

$L_{ms}$  - liczba możliwych strzelań w jednostce czasu;

$P_{zs}$  - prawdopodobieństwo zniszczenia jednego samolotu nieprzyjaciela w jednym oddziaływaniu;

$D_{plot/H_i}$  - zasięg strefy ognia artylerii przeciwlotniczej dla zadanego  $P_{zn}$  i w zależności od wysokości lotu celu  $H_i$ .

### 3.1.1.5. Dane taktyczno-techniczne urządzeń radioelektronicznych wojsk własnych

Własne urządzenia radioelektroniczne można podzielić na:

stacje rozpoznania systemów radiolokacyjnych, aparatownie rozpoznania systemów łączności zakresów KF i UKF, stacje zakłóceń pokładowych stacji radiolokacyjnych oraz stacje zakłóceń radiowych zakresów KF i UKF.

Stacje rozpoznania systemów radiolokacyjnych scharakteryzowane będą przez podanie następujących danych /załącznik nr 9 tablica 1/:

- $KT_{SRRL}$  - kod typu stacji rozpoznania systemów radiolokacyjnych /SRL/;
- $\Delta \alpha_{RZ}$  - dokładność określania azymutu SRL;
- $\Delta f_{RZ}$  - zakres częstotliwości rozpoznawanych SRL;
- $P_{min}$  - czułość urządzenia odbiorczego SRL;
- $\Delta Q_z$  - szerokość kierunkowej charakterystyki anteny;
- $D_{RZ}/H_1/$  - zasięg wykrywania rozpoznawanych SRL.

Aparatownie rozpoznania systemów łączności zakresów KF i UKF scharakteryzowane będą przez podanie następujących danych /załącznik nr 9 tablica 2/:

- $KT_{ARL}$  - kod typu aparatowni rozpoznania systemów łączności;
- $\Delta f_{OR}$  - zakres <sup>rozpoznawanych</sup> obbiezeniowych częstotliwości;
- $P_{min}$  - czułość odbiornika;
- $R_{PE}$  - rodzaje pracy emisji radiowych.

Stacje zakłóceń pokładowych stacji radiolokacyjnych będą scharakteryzowane przez podanie danych /załącznik nr 10 tablica 1/:

- $KT_{ZRL}$  - kod typu stacji zakłóceń pokładowych RLS;
- $\Delta f_z$  - zakres zakłócanych częstotliwości radiolokacyjnych;
- $R_z$  - rodzaje zakłóceń;
- $P_{nz}$  - moc nadajnika zakłóceń;
- $Q_z$  - szerokość kierunkowej charakterystyki anteny w płaszczyźnie poziomej;

- $\psi_z$  - szerokość kierunkowej charakterystyki anteny w płaszczyźnie pionowej;
- $\alpha_z$  - sektor pracy stacji zakłóceń w azymucie;
- $\xi_z$  - sektor pracy stacji zakłóceń w elewacji;
- $G_z$  - zysk kierunkowy anteny;
- $df_z$  - dokładność określania częstotliwości sygnałów pokładowych RLS;
- $L_z$  - liczba jednocześnie zakłócanych RLS;
- $D_z/H_i$  - zasięg wykrywania i zakłócenia pokładowych RLS w zależności od wysokości lotu celu powietrznego  $H_i$ .

Stacje zakłóceń urządzeń radiowych nieprzyjaciela będą scharakteryzowane przez podanie następujących danych /Załącznik nr 10 tablica 2/:

- $KT_{ZR}$  - kod typu stacji zakłóceń urządzeń radiowych;
- $\Delta f_{ZR}$  - zakres zakłócanych częstotliwości radiowych;
- $P_{nz}$  - moc nadajnika zakłóceń;
- $\Delta t_p$  - czas poszukiwania sygnału w określonym zakresie częstotliwości;
- $\Delta t_f$  - czas przestrajania nadajnika zakłóceń;
- $P_{min}$  - czułość urządzeń odbiorczych;
- $D_{ZR}/H_i$  - zasięg zakłóceń radiowych w zależności od wysokości lotu celu  $H_i$  /dla UKF/.

### 3.1.2. Przygotowanie danych zmiennych

Dane zmienne zawierają informacje dotyczące ugrupowania, uzbrojenia i sposobu prowadzenia działań bojowych przez wojska działające w systemie obrony powietrznej oraz uzbrojenia i sposobu prowadzenia działań bojowych przez nieprzyjaciela powietrznego, a także osłanianych obiektów. Dane te każdorazowo są opracowywane lub aktualizowane przez użytkownika przed uruchomieniem programu.

#### 3.1.2.1. Ugrupowanie wojsk radiotechnicznych

W danych dotyczących ugrupowania wojsk radiotechnicznych podaje się informacje o rozmieszczeniu posterunków radiolokacyjnych, ich wyposażeniu w urządzenia radiolokacyjne /URL/ oraz ich organizacji.

Dane składają się z dwóch części: opisu ogólnego RLP i charakterystyki URL /Załącznik nr 11/<sup>x/</sup>.

Opis ogólny RLP obejmuje:

- $N_{RLP}$  - numer taktyczny posterunku radiolokacyjnego;
- X, Y - współrzędne topograficzne miejsca rozwinięcia urządzeń radiolokacyjnych RLP;
- H - bezwzględna wysokość pozycji RLP;
- $T_{RLP}$  - typ posterunku radiolokacyjnego, określony liczbą dwucyfrową, przy czym:
  - 0 - RLP niezautomatyzowany, bez PN LM;

x/ W załączniku nr 11 podano opis tylko jednego RLP. W podobny sposób opisuje się pozostałe RLP dowolnego ugrupowania WRT.

1 do 9 - RLP niezautomatyzowany, z rozwiniętym PN LM, gdzie liczby 1 do 9 oznaczają liczbę kanałów naprowadzania;

10 - RLP zautomatyzowany, bez PN LM;

11 do 19- RLP zautomatyzowany, z rozwiniętym PN LM, gdzie pozycja jednostek /liczby 1 do 9/ oznacza liczbę kanałów naprowadzania;

$t_{op}$  - czas opóźnienia informacji przy przesyłaniu jej z RLP do SD BRT;

$L_{URL}$  - liczba URL na danym RLP /odległościomierze i wysokościomierze/.

Charakterystyka URL obejmuje:

$K_{URL}$  - kod urządzenia radiolokacyjnego;

$R_{zaśw}$  - średni promień zaświecen ekranu URL na danym RLP;

$H_a$  - wysokość zawieszenia elementu promieniującego anteny /włącznie z wysokością nasypu/.

### 3.1.2.2. Ugrupowanie sił i środków rozpoznania radioelektronicznego

W danych tych podaje się informacje dotyczące organizacji, ugrupowania i wyposażenia pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego. Informacje te podaje się w tablicach /Załącznik nr 12/ dla poszczególnych typów pododdziałów, które identyfikuje się za pomocą numeru taktycznego, a mianowicie:

$NR_{UKF}^{KF}$  - numer taktyczny radiowego centrum odbiorczego KF i UKF /tablica 2/;

$NP_R^{SRN}$  - numer taktyczny plutonu rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych /tablica 3/;

$NP_{NR}^{KF}$  - numer taktyczny plutonu namierzania radiowego KF /tablica 1/;

$NP_{NR}^{UKF}$  - numer taktyczny plutonu namierzania radiowego UKF  
i rozpoznania pokładowych systemów radiolokacyjnych  
/tablica 4/;

$NR^{UKF}$  - numer taktyczny radiowego centrum odbiorczego UKF  
/tablica 5/.

Charakteryzując ugrupowanie oraz wyposażenie pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego, oprócz numeru taktycznego należy także podać:  $x, y$  - współrzędne topograficzne miejsca rozwinięcia plutonu,  $T$  - typy urządzeń rozpoznania radioelektronicznego znajdujących się w plutonie oraz  $L$  - liczbę poszczególnych typów urządzeń.

### 3.1.2.3. Ugrupowanie wojsk raketowych i artylerii przeciwlotniczej

W danych dotyczących ugrupowania WRiA podaje się informacje o składzie, rozmieszczeniu w terenie, uzbrojeniu, gotowości bojowej oraz sposobie dowodzenia dywizjonami /bateriami artylerii plot/raketowymi.

Dane charakteryzujące dywizjon raketowy obejmują  
/Załącznik nr 13 tablica 1/:

$N_d$  - numer taktyczny dywizjonu raketowego;

$KT_{PZR}$  - kod typu PZR będącego w wyposażeniu dr;

$x, y$  - współrzędne miejsca rozwinięcia dr;

$H$  - wysokość bezwzględna miejsca rozwinięcia dr;

$S_{gd}$  - wskaźnik stopnia gotowości bojowej dr;

$L_W^R$  - liczba rakiet na wyrzutniach w dr;

$L_{STZ}^R$  - liczba rakiet na STZ w dr;

$K_{URL}$  - kod typu urządzenia radiolokacyjnego /RLS/ w dr.

Natomiast w danych charakteryzujących baterię artylerii przeciwlotniczej /baplot/ należy podać /Załącznik nr 13 - tablica 2/:

$N_D$  - numer taktyczny baplot;

$KT_{plot}$  - kod typu uzbrojenia baplot;

$x, y$  - współrzędne prostokątne miejsca rozwinięcia baplot;

$H$  - wysokość bezwzględna miejsca rozwinięcia baplot;

$S_{gb}$  - wskaźnik stopnia gotowości bojowej baplot;

$L_{jo}$  - liczba jednostek ognia - baplot.

#### 3.1.2.4. Ugrupowanie lotnictwa myśliwskiego

Ugrupowanie lotnictwa myśliwskiego będzie scharakteryzowane przez podanie danych o dyslokacji lotnisk, rozmieszczeniu, uzbrojeniu i gotowości bojowej pułków lotnictwa myśliwskiego /plm/ oraz strefach dyżurowania /patrolowania/ LM.

W danych dotyczących plm należy podać /Załącznik nr 14 - tablica 1/:

$N_p$  - numer taktyczny plm;

$N_i^L$  - numery taktyczne lotnisk, z których może działać plm  
/i=1,2,...,I/;

$W_i^L$  - współrzędne topograficzne lotnisk / $x_i^L, y_i^L$ /;

$KTSM_i$  - kod typu samolotów znajdujących się na i-tym lotnisku<sup>\*</sup>/

-----  
<sup>\*</sup>/ Zakłada się, że na jednym lotnisku znajduje się jeden typ samolotów myśliwskich.

$L_i^S$  - liczba samolotów znajdujących się na poszczególnych lotniskach;

$S_{gi}$  - wskaźnik stopnia gotowości bojowej samolotów znajdujących się na i-tym lotnisku;

$KTU_{ij}^S$  - kod typu uzbrojenia na samolotach;

$N_{L1}^S$  - numery taktyczne stref dyżurowania i patrolowania w powietrzu, w których mają działać samoloty danego plm;

W danych dotyczących stref dyżurowania i patrolowania należy podać /Załącznik nr 14 - tablica 2/:

$N^S$  - numer taktyczny strefy;

$N_k^L$  - numer taktyczny lotniska, z którego samoloty będą w danej strefie / $k=1,2,\dots,K$ , gdzie:  $K$  - liczba lotnisk na których mogą być rozmieszczone i prowadzić działania samoloty myśliwskie plm w systemie OP/;

$x^S, y^S$  - współrzędne topograficzne środka strefy;

$V^d$  - prędkość lotu samolotów myśliwskich w strefie;

$H^d$  - wysokość lotu samolotów myśliwskich w strefie;

$T^P$  - czas początku dyżurowania w strefie;

$L^S$  - liczba samolotów w strefie.

### 3.1.2.5. Ugrupowanie jednostek walki radioelektronicznej

Ugrupowanie jednostek walki radioelektronicznej będzie scharakteryzowane, jeśli podane będą dane dotyczące składu, wyposażenia oraz miejsca rozwinięcia plutonów zakłóceń radiolokacyjnych i plutonów zakłóceń radiowych.

Pluton zakłóceń radiolokacyjnych /plzrl/ scharakteryzowany będzie przez podanie następujących danych /Załącznik nr 15 - tablica 1/:

- $N^{ZRL}$  - numer taktyczny plzrl;
- $x^{ZRL}, y^{ZRL}$  - współrzędne topograficzne miejsca rozwinięcia plzrl;
- $S_{j_1}^{ZRL}$  - kod  $j_1$  typu stacji zakłóceń radiolokacyjnych w plzrl;
- $L_{j_1}$  - liczba stacji zakłóceń radiolokacyjnych  $j_1$  typu w plzrl.

Pluton zakłóceń radiowych /plzr/ określany będzie przez podanie następujących danych /Załącznik nr 15 - tablica 2/:

- $N^{ZR}$  - numer taktyczny plzr;
- $x^{ZR}, y^{ZR}$  - współrzędne prostokątne miejsca rozwinięcia plzr;
- $S_{j_2}^{ZR}$  - kod  $j_2$  typu stacji zakłóceń radiowych;
- $L_{j_2}$  - liczba stacji zakłóceń radiowych  $j_2$  typu w plzr;
- $S_{j_3}^{OR}$  - kod  $j_3$  typu odbiornika rozpoznania radiowego w plzr;
- $L_{j_3}$  - liczba odbiorników rozpoznania radiowego  $j_3$  typu w plzr.

### 3.1.2.6. Obiekty obrony

W danych tych należy podać informacje o obiektach obrony, które znajdują się w rejonie obrony powietrznej rozpatrywanego systemu, takich jak /Załącznik nr 16/:

- $N^{TO}$  - numer taktyczny obiektu obrony;

- $x^0, y^0$  - współrzędne topograficzne środka położenia obiektu obrony;
- $R^0$  - promień okręgu określającego umowną powierzchnię obiektu obrony;
- $W^0$  - wartość współczynnika względnej ważności operacyjnej obiektu powietrznego<sup>\*/</sup>
- $T^0$  - typ obiektu ze względu na jego podatność na niszczące oddziaływanie ŚNP.

### 3.1.2.7. Nalot środków napadu powietrznego nieprzyjaciela

W danych o nalocie ŚNP nieprzyjaciela należy podać niezbędne informacje potrzebne do odwzorowania działań bojowych każdego celu powietrznego /składającego się na dany nalot/, takich jak /Załącznik nr 17/:

- $N^C$  - numer taktyczny celu powietrznego;
- $L_i^S$  - liczba samolotów danego typu w składzie celu powietrznego / $i=1,2,\dots,I$ /;
- $S_i^T$  - kod typu samolotu wchodzącego w skład celu powietrznego;
- $t_c^A$  - czas początku aktywności celu powietrznego w punkcie początkowym jego trasy lotu;
- $T_j^L$  - parametry trasy lotu celu powietrznego, przy czym
- $T_j^L = /x_j, y_j, H_j, V_j//j=1,2,\dots,J/$ , gdzie:

---

<sup>\*/</sup> Z.Kukuła, J.Smoter "Odpieranie pierwszego zmasowanego nalotu ŚNP nieprzyjaciela w granicach PRL" /Rozprawa habilitacyjna/, ASG WP 1978 r.

$x_j, y_j$  - współrzędne punktu opisującego trasę lotu danego celu powietrznego;

$H_j, V_j$  - odpowiednio wysokość i prędkość lotu celu powietrznego na odcinku trasy  $\Delta l_j$  określonym zależnością

$$\Delta l_j = \sqrt{(x_{j+1} - x_j)^2 + (y_{j+1} - y_j)^2}, \quad j=1, 2, \dots, J-1$$

$L_{il_1}^{SR}$  - liczba środków rażenia danego typu znajdujących się na samolocie typu  $S_i$  /  $i=1, 2, \dots, L_1$ /;

$T_{il_1}^{SR}$  - kody typów środków rażenia znajdujących się na samolotach przeciwnika;

$t_p^z, t_k^z$  - odpowiednio czasy początku i końca stosowania zakłóceń przez cel powietrzny, przy czym

$$t_p^z \leq t_k^z \leq t_k^T$$

gdzie:

$t_k^T$  - czas końca trasy lotu celu powietrznego określony za pomocą wzoru

$$t_k^T = \sum_{j=1}^{J-1} \frac{l_j}{V_j}$$

$N_{l_2}^{TO}$  - numer taktyczny obiektu obrony, wybranego do ataku przez dany cel powietrzny /  $l_2 = 1, 2, \dots, L_2$ /;

- $P_{12}^A$  - prawdopodobieństwo wykonania ataku na obiekt  $N_{12}^{TO}$  przez dany cel powietrzny.
- I - liczba typów samolotów wchodzących w skład celu powietrznego;
- J - liczba punktów opisujących trasę lotu celu powietrznego;
- $L_1$  - liczba typów uzbrojenia znajdujących się na samolocie;
- $L_2$  - liczba obiektów, które mogą być przedmiotami ataku SNP.

### 3.2. DZIAŁANIA BOJOWE ŚRODKÓW NAPADU POWIETRZNEGO NIEPRZYJACIELA I WOJSK WŁASNYCH W SYSTEMIE OBRONY POWIETRZNEJ

#### 3.2.1. Działania bojowe środków napadu powietrznego nieprzyjaciela

Działania bojowe SNP nieprzyjaciela rozpoczynają się w momencie  $t_0$  /przyjętym za umowny początek symulacji działań bojowych wojsk w systemie OP/, dla którego to czasu przyjmuje się stan wyjściowy sił i środków scharakteryzowany za pomocą danych przedstawionych w załączniku nr 17 i wprowadzonych do pamięci EMC jako dane początkowe.

W oparciu o powyższe dane i dane o bronionych obiektach /pkt 3.1.2.6./ wyznacza się dynamiczne wagi celów powietrznych

oraz potrzebne liczby oddziaływań<sup>\*</sup>/ lotnictwa myśliwskiego, wojsk rakietowych i artylerii przeciwlotniczej oraz pododdziałów przeciwdziałania radioelektronicznego. Na podstawie współrzędnych trasy lotu celu obliczany jest chwilowy kierunek i jego długość /za przedział czasu  $\Delta t$ /. W każdym przedziale  $\Delta t$  sprawdzany jest kierunek trasy lotu celu /jest wyznaczany nowy w przypadku zmiany kierunku lotu celu lub wymazywany z pamięci w przypadku zakończenia trasy czy też jego zniszczenia/ i obliczane jest położenie dla celów poszczególnych tras poprzez wyznaczenie współrzędnych  $x_1./t_0+k.\Delta t/$ ,  $y_1./t_0+k.\Delta t/$  /gdzie:  $t_0$  - czas rozpoczęcia nalotu,  $k$  - kolejny krok symulacji działań bojowych/, aktualizowana wysokość i prędkość celu oraz jego charakterystyka /typy samolotów i ich liczba, czasy i typy stosowanych zakłóceń, obiekty ataku i prawdopodobieństwo ich zniszczenia/<sup>\*\*</sup>/.

Działania bojowe ŚNP nieprzyjaciela kończą się w przypadku:

1/ zniszczenia wszystkich celów powietrznych przez siły i środki OP przed czasem zakończenia symulacji działań bojowych wojsk w systemie OP / $T_k^S$ /;

-----  
<sup>\*</sup>/ Potrzebną liczbę oddziaływań wyznacza się uwzględniając liczbę samolotów wchodzących w skład celu powietrznego oraz założone prawdopodobieństwo zniszczenia celu i prawdopodobieństwo skuteczności działania w jednym oddziaływaniu /np. samolotu myśliwskiego, dywizjonu rakietowego baterii artylerii plot/ na jeden samolot nieprzyjaciela /2.1.4 i 2.2.3./.

<sup>\*\*</sup>/ Szczegółowy opis działania ŚNP przedstawiony zostanie w aneksie do niniejszego opracowania, który dotyczyć będzie problematyki działań bojowych ŚNP nieprzyjaciela.

2/ zakończenie wszystkich tras lotu celów powietrznych przed upływem czasu  $T_k^S$ ;

3/ po upływie czasu  $T_k^S$ .

### 3.2.2. Działania bojowe wojsk własnych

Odwzorowanie działań bojowych wojsk własnych obejmuje między innymi: analizę możliwości radiolokacyjnego i radioelektronicznego rozpoznawania celów powietrznych, analizę możliwości naprowadzania lotnictwa myśliwskiego i wskazywanie celów powietrznych wojskom raketowym i artylerii oraz pododdziałom przeciwdziałania radioelektronicznego, analizę możliwości oddziaływania wojsk raketowych i artylerii, lotnictwa myśliwskiego oraz pododdziałów przeciwdziałania radioelektronicznego, optymalizację przydziału sił i środków lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych i artylerii przeciwlotniczej oraz pododdziałów walki radioelektronicznej do zwalczania i obezwładniania ŚNP nieprzyjaciela, ocenę rezultatów walki i obezwładniania, odtwarzania gotowości bojowej wojsk oraz analizy wyników i opracowywania wskaźników efektywności działań bojowych wojsk w systemie obrony powietrznej.

#### 3.2.2.1. Analiza możliwości radiolokacyjnego i radioelektronicznego rozpoznania celów powietrznych

Głównym celem tego rozpoznania jest terminowe ujawnianie zamiaru przeciwnika, jego bezpośrednich przygotowań do działań

bojowych, określenie momentu ich rozpoczęcia, wykrywanie jego ŚNP na dalekich podejściach do bronionych obiektów /rejonów/, a także prognozowanie i śledzenie jego działań bojowych w rejonie systemu OP. Z zadań szczegółowych można wymienić: <sup>Określenie</sup> liczby, typu, wysokości, prędkości i współrzędnych tras lotu ŚNP, prognozowanie ich składu i taktyki działania, ujawnianie nowych typów środków walki powietrznej, wykrywanie w ugrupowaniu ŚNP nosicieli broni jądrowej, a także określanie /prognozowanie/ sposobów ich wykorzystania przez przeciwnika.

Informacje o działalności przeciwnika powietrznego uzyskać można <sup>z</sup> wykorzystaniem środków radiolokacyjnych, radioelektronicznych oraz innych. W ~~dolnej~~ części przedstawimy analizę możliwości uzyskiwania informacji o działalności przeciwnika powietrznego <sup>z</sup> rozpoznania radioelektronicznego i radiolokacyjnego.

#### Analiza możliwości rozpoznania radioelektronicznego

W wyniku przeprowadzonej analizy rozpoznania radioelektronicznego określić należy możliwości uzyskania informacji dotyczących: rodzaju celu powietrznego, składu celu powietrznego, położenia /miejsca znajdowania się/ celu powietrznego, działalności celu powietrznego, przynależności państwowej i organizacyjnej celu powietrznego, rodzaju i częstotliwości pokładowych urządzeń radioelektronicznych.

Analizę tę należy przeprowadzić w następujący sposób:

1. Sprawdzić, czy w strefie rozpoznania radioelektronicznego wojsk w systemie OP znajdują się ŚNP z pracującymi urządzeniami radioelektronicznymi /punkty 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5 i 1.1.6./;
2. Sprawdzić, czy możliwe jest wykrycie pracujących źródeł radioelektronicznych /pkt 1.1.8/;
3. Określić miejsce położenia /znajdowania się/ źródła radioelektronicznego /pkt 1.1.9/.
4. Dokonać analizy uzyskanych danych rozpoznanego źródła radioelektronicznego i określić jego parametry /przynależność państwową i organizacyjną, skład obiektu /celu powietrznego/, wysokość, kierunek i prędkość lotu celu powietrznego, czas dokonania zamiaru oraz czas przekazania danych informacyjnych/ - pkt 1.1.10.

#### Analiza możliwości rozpoznania radiolokacyjnego

W wyniku analizy rozpoznania radiolokacyjnego powinny zostać określone możliwości ugrupowania wojsk radiotechnicznych w zakresie wykrywania, śledzenia, określania miejsca znajdowania się, a także składu i charakterystyk poszczególnych celów powietrznych /np. wysokości lotu, rodzaju celu, manewry, skład, przynależność, stosowanie zakłóceń/.

Analizę możliwości rozpoznania radiolokacyjnego należy wykonać następująco:

1. Sprawdzić, czy w strefie informacji radiolokacyjnej wojsk radiotechnicznych znajdują się wykryte przez system rozpoznania radioelektronicznego obiekty powietrzne /pkt 1.2.3/.

2. Sprawdzić, czy w strefie informacji radiolokacyjnej WRt znajdują się inne obiekty powietrzne /pkt 1.2.3/.

3. Sprawdzić, czy istnieje możliwość oraz określić współrzędne, ciągłość śledzenia oraz charakterystyki /przynależność państwową, skład, typ i działalność/ obiektów powietrznych znajdujących się w strefie informacji radiolokacyjnej /pkt 1.2.4./

4. Sprawdzić, czy w nalocie znajdują się cele powietrzne stosujące zakłócenia radioelektroniczne i określić ich wpływ na możliwości rozpoznania radiolokacyjnego systemu WRt /pkt 1.2.2.3./

5. Określić zbiory posterunków radiolokacyjnych, które zabezpieczają ciągłość śledzenia wykrytych celów powietrznych.

6. W przypadku skutecznych zakłóceń /patrz punkt 4/ określić współrzędne przestrzennego położenia nosiciela /celu zakłócającego/ urządzeń zakłócających metodą triangulacji /pkt 1.2.2.4./.

3.2.2.2. Analiza możliwości naprowadzania lotnictwa myśliwskiego i wskazywania celów powietrznych wojskom raketowym z uwzględnieniem informacji radiolokacyjnej

W wyniku przeprowadzonej analizy powinny zostać określone możliwości naprowadzania lotnictwa myśliwskiego oraz wskazywania celów powietrznych dywizjonom raketowym /bateriom artylerii przeciwlotniczej/ w strefie informacji radiolokacyjnej utworzonej przez WRT systemu OP w taki sposób, aby:

- samoloty myśliwskie można było wprowadzić do walki na określonej rubieży przed rubieżą wykonania zadania przez ŚNP nieprzyjaciela;

- wojska raketowe i artyleria przeciwlotnicza mogły rozpocząć ostrzeliwanie celów powietrznych na dalszej granicy strefy ognia.

W przypadku lotnictwa myśliwskiego analizę należy wykonać w następujący sposób:

1. Sprawdzić, czy cele powietrzne znajdujące się w strefie informacji radiolokacyjnej/informacji radioelektronicznej/ będą wchodzić w przestrzeń oddziaływania lotnictwa myśliwskiego /pkt. 2.1.1. i 2.1.5./;

2. Określić potrzebną rubież wydawania informacji radiolokacyjnej z uwzględnieniem typów zabezpieczanych /naprowadzanych/ samolotów myśliwskich, rubieży wykonania zadania przez lotnictwo myśliwskie, sposobów prowadzenia działań bojowych przez lotnictwo myśliwskie, a także charakterystyki celów powietrznych.

3. Określić, czy potrzebna rubież wydawania informacji radiolokacyjnej dla LM, znajduje się wewnątrz strefy informacji radiolokacyjnej WRt;

4. Określić zbiór celów powietrznych, na które może oddziaływać LM oraz zbiór punktów naprowadzania LM, które będą mogły zabezpieczyć naprowadzanie LM na wyznaczone cele powietrzne.

W przypadku wojsk raketowych i artylerii przeciwlotniczej analiza będzie obejmować:

1. Sprawdzenie, czy cele powietrzne znajdujące się w strefie informacji radiolokacyjnej /radioelektronicznej/ będą wchodzić w strefy ognia wojsk raketowych i artylerii przeciwlotniczej /pkt. 2.2.1., 2.2.4 i 2.2.6/;

2. Określenie potrzebnej rubieży wydawania informacji radiolokacyjnej dla zabezpieczenia działań bojowych WR i artylerii plot;

3. Określenie, czy potrzebna rubież wydawania informacji radiolokacyjnej dla WRit znajduje się wewnątrz strefy informacji radiolokacyjnej WRt.

4. Określenie zbioru celów powietrznych na które mogą oddziaływać wojska raketowe i artyleria przeciwlotnicza.

### 3.2.2.3. Analiza możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego

W wyniku przeprowadzonej analizy powinny zostać określone: zbiór celów powietrznych możliwych do zwalczania przez LM oraz zbiór lotnisk, stref dyżurowania /patrolowania/ i samolotów myśliwskich, a także powinny zostać wyznaczone odcinki i czasy oddziaływania lotnictwa myśliwskiego na poszczególne cele powietrzne na trasach ich lotu.

Analizę dla wybranego zbioru celów powietrznych /pkt 3.2.2.2. - dotyczący LM/ przeprowadzić dla dwóch przypadków:

1/ Wyznaczyć przestrzeń i czasy oddziaływania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne z uwzględnieniem tylko taktycznego promienia działania samolotów myśliwskich /pkt 2.1.1 i 2.1.2/;

2/ Wyznaczyć przestrzeń i czasy oddziaływania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne z uwzględnieniem realnych czasów prowadzenia działań bojowych przez lotnictwo myśliwskie oraz realnego zabezpieczenia w radiolokacyjną informację dowodzenia i naprowadzania /pkt 2.1.3, 2.1.4 i 2.1.5./, a także sposobów współdziałania.

Na tej podstawie wyznaczyć dla obu przypadków zbiory w relacji: cel powietrzny-lotniska /strefa dyżurowania lub patrolowania/ z określeniem liczby możliwych oddziaływań, czasów i przestrzeni ich realizacji.

#### 3.2.2.4. Analiza możliwości oddziaływania wojsk raketowych i artylerii przeciwlotniczej

W wyniku jej przeprowadzenia powinny zostać określone zbiory: celów powietrznych możliwych do zwalczania przez wojska raketowe i artylerię przeciwlotniczą (dywizjonów raketowych, baplot/ mogących zwalczać powyższe cele.

Analizę tę przeprowadza się dla wybranego zbioru celów powietrznych /określonego w pkt 3.2.2.2 - dotyczącym WRiA/ dla następujących dwóch przypadków:

1/ z uwzględnieniem tylko ~~stref~~ ognia /pkt 2.2.1/;

2/ z uwzględnieniem wpływu na możliwości oddziaływania realnej informacji radiolokacyjnej /pkt 2.2.4/ oraz sposobów współdziałania.

W obu przypadkach należy wyznaczyć zbiory w relacjach: cel powietrzny - dywizjon raketowy /baplot/ oraz określić możliwe liczby oddziaływań /pkt 2.2.5/ ; czasy i przestrzenie ich realizacji.

#### 3.2.2.5. Analiza możliwości obezwładniania radioelektronicznego

Celem analizy będzie określenie zbioru celów powietrznych, których urządzenia radioelektroniczne mogą być rozpoznane i z założonym prawdopodobieństwem obezwładnione zakłóceniami przed wykonaniem przez nie zadania bojowego.

W tym celu należy:

1/ Określić zbiór celów powietrznych /pojedynczych samolotów/, które mogą być rozpoznane i obezwładnione /pkt 2.3.3.2./;

2/ Określić przestrzeń i czas oddziaływania środków obezwładniania radioelektronicznego na wybrane cele powietrzne /pkt 2.3.3.2./ z uwzględnieniem obrony systemów radioelektronicznych wojsk własnych.

3/ Określić zbiór relacji ; cel powietrzny - pluton zakłóceń radioelektronicznych z uwzględnieniem czasu, przestrzeni i liczby obezwładnianych samolotów przeciwnika.

### 3.2.2.6. Przydział środków walki do zwalczania środków napadu powietrznego nieprzyjaciela

W wyniku realizacji przydziału powinno się uzyskać zbiory celów powietrznych oraz przyporządkowanych im środków walki z uwzględnieniem liczby oddziaływań, czasu i przestrzeni ich realizacji.

Do tego celu wykorzystać można algorytm Forda-Fulkersona<sup>\*</sup> który stanowi adaptację rozwiązania zadania transportowego algorytmu Forda-Fulkersona. W algorytmie tym przyjęto jako magazyny - możliwości oddziaływań poszczególnych środków walki na cele powietrzne /podane w zbiorach określonych w 3.2.2.3., 3.2.2.4 i 3.2.2.5/, natomiast jako odbiorców analizowane cele

-----  
<sup>\*</sup>/ Simonnard M. Programowanie liniowe, Warszawa 1967 r.

powietrzne /dla których określa się potrzebną liczbę oddziaływań - pkt 3.2.1./ w danym przedziale czasu  $\Delta t$ . W każdym z analizowanych przedziałów /w każdym "cyklu" ze zbioru wszystkich celów wybierane są te, których czas początku oddziaływania mieści się w przedziale cyklu  $/t_i - t_{i-1} = \Delta t, i=1,2,\dots,I/$ . Zapotrzebowania ich są w każdej sytuacji etapowej /w jednym cyklu/ jednostkowe. Oprócz wyboru celów i przyporządkowania im określonych środków walki mających możliwości oddziaływania w analizowanym przedziale czasu, opracowuje się i aktualizuje tablice /relacja: cel powietrzny - środek walki/ możliwych oddziaływań środków walki.

Procedura ta, w każdym cyklu powinna być realizowana dwukrotnie dla przypadków, gdy:

1/ środki walki dysponują pełną informacją radiolokacyjną o działalności celów powietrznych, zabezpieczenie w informację radiolokacyjną nie ogranicza <sup>możliwości</sup> wykorzystania potencjału działań bojowych środków walki, dowodzenie i współdziałanie umożliwia racjonalne wykorzystanie środków walki;

2/ środki walki zabezpieczone są w realną radiolokacyjną informację dowodzenia i bojową, dowodzenie i współdziałanie realizowane jest według założonego wariantu.

Wyniki przydziału powinny być odnotowane w odpowiednich tablicach, a następnie zapisane wraz z czasem cyklu w taki sposób, aby mogły stanowić bazę danych do wyznaczenia wartości wskaźników do oceny efektywności działań bojowych i umożliwić

analizę wyników obliczeń symulacyjnych oraz ich zobrazowanie graficzne.

### 3.2.2.7. Odtwarzanie gotowości bojowej wojsk

Odtwarzanie gotowości bojowej wojsk polegać będzie na uzyskaniu przez pułki lotnictwa myśliwskiego, dywizjony raketowe i baterie artylerii przeciwlotniczej zdolności do ponownego wykonania zadania bojowego lub odtwarzania części zużytego w walce potencjału bojowego. Polegać to będzie na uaktualnieniu tablic danych zmiennych przedstawionych w załącznikach nr 13 i 14.

W przypadku lotnictwa myśliwskiego należy:

1/ Sprawdzić, czy w walce powietrznej brały udział samoloty myśliwskie. Jeśli tak to podać: numer taktyczny plm, numer taktyczny lotniska i liczbę samolotów biorących udział w walce /podobne dane należy również podać o samolotach, które dyżurowały lub patrolowały w strefach a nie były użyte do walki z celami powietrznymi/;

2/ Dla wyznaczonego w pkt 1 zbioru samolotów określić czasy osiągnięcia gotowości bojowej /pkt 2.1.6./;

3/ Uaktualnić dane zmienne ugrupowania lotnictwa myśliwskiego /jak w załączniku 13/.

W przypadku wojsk raketowych i artylerii przeciwlotniczej należy:

1/ Po każdym strzelaniu dywizjonu raketowego /baplot/ dokonać aktualizacji liczby posiadanych rakiet /jednostek ognia/;

2/ Sprawdzić, czy posiadana liczba rakiet w dywizjonie raketowym /baplot/ umożliwi wykonanie co najmniej jednego oddziaływania. W innym przypadku należy taki dr /baplot/ wyłączyć z dalszych działań bojowych w danym nalocie /przebiegu symulacyjnym/.

### 3.2.2.8. Zobrazowanie wyników obliczeń i wyznaczenie wskaźników efektywności działań bojowych

Wyniki obliczeń powinny być zobrazowane w trzech formach, a mianowicie: tabelę, wykresy oraz graficzne odwzorowanie procesu rozpoznania i walki w skali mapy.

W tabeli powinny zostać zobrazowane oddziaływania środków walki na cele powietrzne w relacjach: plm /z uwzględnieniem oddziaływania z lotniska, strefy dyżurowania lub patrolowania/ - cel powietrzny; dywizjon raketowy /baplot/ - cel powietrzny; pluton zakłóceń radioelektronicznych - cel powietrzny /załącznik nr 19/. Poszczególne elementy przykładowej tablicy wynikowej oznaczają:

$S_i$  - numer taktyczny środka walki /np. plm działającego ze strefy dyżurowania, plm działającego z lotniska, dywizjonu raketowego, baterii artylerii przeciwlotniczej, plutonu zakłóceń radioelektronicznych/;

$r_i$  - potencjał oddziaływania /walki/ środka walki<sup>\*</sup>/  
o numerze  $S_i$  na cele powietrzne z założonym gwarantowanym prawdopodobieństwem zniszczenia /np. liczba grup samolotów myśliwskich, liczba strzelań dywizjonu raketowego, liczba nadajników /plzrel/ zakłóceń radioelektronicznych/;

$N_j^0$  - numer taktyczny celu powietrznego;

-----  
<sup>\*</sup>/ Potencjał oddziaływania danego oddziału /pododdziału/ określa się z zależności

$$r_i = \frac{L_i}{n_i}$$

gdzie:

$L_i$  - liczba jednorodnych obiektów walki i-tego typu w oddziale /pododdziale/;

$n_i$  - liczba możliwych oddziaływań jednorodnego środka walki i-tego typu koniecznych do zniszczenia jednego samolotu przeciwnika z założonym prawdopodobieństwem określona z zależności

$$n_i = \frac{\log/1-P_{zn}/}{\log/1-P_{zi}/}$$

gdzie:

$P_{zn}$  - założone prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego;

$P_{zi}$  - ogólne /warunkowe/ prawdopodobieństwo zniszczenia jednego samolotu przeciwnika w jednym oddziaływaniu środka walki i-tego typu.

$M_j$  - potrzebna liczba oddziaływań środków walki<sup>\*\*/</sup> zapewniająca, z założonym prawdopodobieństwem zniszczenie celu powietrznego o numerze  $N_j^C$  składającego się z  $L_j^S$  samolotów;

$x_{ij}$  - możliwa liczba oddziaływań środka walki o numerze  $S_i$  na cel powietrzny o numerze  $N_j^C$ ;

-----  
<sup>\*\*/</sup> Potrzebną liczbę oddziaływań środków walki  $M_j$  określa się z zależności

$$M_j = L_j^S \cdot n_s, \quad j=1,2,\dots,J$$

gdzie:  $L_j^S$  - liczba samolotów wchodzących w skład celu powietrznego o numerze  $N_j^C$ , którą wyznaczyć można na podstawie zależności  $N_j^C$

$$L_j^S = \sum_{i=1}^I L_i^S$$

przy czym  $L_i^S$  oznacza liczbę samolotów  $i$ -tego typu wchodzących w skład danego celu powietrznego;

$n_s$  - liczba oddziaływań umownego środka walki /umownym środkiem walki nazywać będziemy taki środek, dla którego hipotetycznie przyjęto wartość prawdopodobieństwa skuteczności zniszczenia jednego samolotu przeciwnika w jednym oddziaływaniu/ koniecznych do zniszczenia jednego samolotu przeciwnika z założonym prawdopodobieństwem i określa się ją z zależności

$$n_s = \frac{\log /1-P_{zn}/}{\log /1-P_s/}$$

przy czym  $P_s$  oznacza prawdopodobieństwo zniszczenia jednego samolotu przeciwnika w jednym oddziaływaniu przez hipotetyczny środek walki.

$\sum_{j=1}^J x_{ij}$  - ogólna możliwa liczba oddziaływań środków walki o numerze  $S_i$  na wszystkie cele powietrzne,  $S_j^C$  / $N_1^C, N_2^C, \dots, N_J^C$ /;

$\sum_{i=1}^I x_{ij}$  - ogólna możliwa liczba oddziaływań wszystkich środków walki / $S_1, S_2, \dots, S_I$ / na cel powietrzny o numerze  $N_j^C$ ;

$\sum_{j=1}^J M_j$  - konieczna liczba oddziaływań hipotetycznego środka walki zapewniająca zniszczenie wszystkich celów powietrznych / $N_1^C, N_2^C, \dots, N_J^C$ / z założonym prawdopodobieństwem;

$\sum_{i=1}^I r_i$  - potencjał oddziaływania wszystkich środków walki / $S_1, S_2, \dots, S_I$ / możliwych do użycia w danym nalocie;

$\sum_{j=1}^J L_j^S$  - ogólna liczba samolotów przeciwnika biorących udział w danym nalocie;

$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}$  - ogólna możliwość oddziaływania środków walki analizowanego wariantu działań bojowych z przyjętym wariantem nalotu środków w napadu powietrznego /oczekiwany rezultat działań bojowych wojsk systemu OP/.

W formie wykresów powinny być obrazowane na przyklad  
/Załącznik nr 19/:

- 1/ natężenie działań bojowych ŚNP nieprzyjaciela /Rys.1/;
- 2/ natężenie oddziaływania środków walki na cele powietrzne /Rys.2/;
- 3/ intensywność wprowadzenia do walki poszczególnych rodzajów środków walki /Rys.3/.

W każdym przypadku powinien być zobrazowany /w sposób statystyczny/ przebieg działań bojowych od momentu rozpoczęcia symulacji  $t_0$  aż do jego zakończenia. W podobny sposób można obrazować także inne charakterystyki działań /np. Intensywność zużywania potencjału bojowego, intensywność strat własnych lub przeciwnika itp./.

W formie graficznej powinny być odwzorowane /załącznik nr 20/<sup>\*</sup>:

- 1/trasy lotu celów powietrznych na tle rozmieszczenia /ugrupowania/ wojsk systemu OP oraz bronionych obiektów /Rys.1/;
- 2/ trasy lotu celów powietrznych wykrytych i śledzonych przez wojska radiotechniczne /w tym także z uwzględnieniem wpływu zakłóceń, możliwości naprowadzania LM /Rys.2/;
- 3/ poziome przekroje stref informacji radiolokacyjnej WRT dla dowolnie zadanej wysokości;
- 4/ odcinki /punkty/ oddziaływania środków walki na cele powietrzne;
- 5/ rubieże wykonania zadania przez ŚNP nieprzyjaciela z uwzględnieniem obiektów obrony /w tym także wpływu na nie systemu OP/;

-----  
<sup>\*</sup>/ W załączniku podano tylko niektóre, przykładowe formy zobrazowania graficznego wyników obliczeń symulacyjnych.

6/ rubieżę wprowadzenia do walki i wykonanie zadań przez LM /w tym w różnych warunkach/;

7/ strefy ognia wojsk raketowych i artylerii *przeciwlotniczej*;

Na podstawie danych uzyskanych w wyniku obliczeń oraz po ich statystycznym opracowaniu należy wyznaczyć następujące wskaźniki efektywności działań bojowych:

1/ wskaźnik efektywności obrony obiektów:

$$E_{ob} = \frac{X_{RWZ}}{L^S}$$

gdzie:

$X_{RWZ}$  - liczba samolotów przeciwnika zniszczonych /obezwładnionych/ przed rubieżą wykonania przez nie zadania;

$L^S$  - ogólna liczba samolotów nieprzyjaciela biorących udział w nalocie, przy czym

$$L^S = \sum_{j=1}^J L_j^S$$

2/ wskaźnik skuteczności działań bojowych wojsk

$$E_s = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}}{\sum_{j=1}^J M_j}$$

3/ wskaźnik wykorzystania potencjału bojowego w walce z nalotem

$$E_{PB} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}}{\sum_{i=1}^I r_1}$$

4/ wskaźnik efektywności rozpoznania

$$E_r = \frac{x_r}{X}$$

gdzie:

$x_r$  - oczekiwana liczba zniszczonych /obezwładnionych/ ŚNP, z uwzględnieniem realnych możliwości systemu rozpoznania, przy założeniu optymalnego dowodzenia;

$X$  - oczekiwana liczba zniszczonych /obezwładnionych/ ŚNP, z uwzględnieniem wyłącznie potencjalnych możliwości bojowych środków walki, przy założeniu pełnego zaspokojenia potrzeb informacyjnych i optymalnym dowodzeniem;

5/ wskaźnik efektywności dowodzenia

$$E = \frac{X_d}{X}$$

gdzie:

$X_{di}$  - oczekiwana liczba zniszczonych /obezwładnionych/ ŚNP, z uwzględnieniem realnych możliwości systemu dowodzenia, przy założeniu pełnego zaspokojenia potrzeb informacyjnych;

6/ ogólny wskaźnik efektywności rozpoznania i dowodzenia

$$E_{rd} = \frac{X_{rd}}{X}$$

gdzie:

$X_{rd}$  - oczekiwana liczba zniszczonych /obezwładnionych/ ŚNP, z uwzględnieniem realnych możliwości systemów rozpoznania i dowodzenia.

Liczba oraz postać dalszych wskaźników charakteryzujących efektywność działania wojsk w systemie OP może być rozszerzona, w zależności od potrzeb przyszłych użytkowników, a także w rezultacie dalszych, pogłębionych studiów nad niniejszym tematem. Może także ulec rozszerzeniu forma przedstawiania rezultatów obliczeń, w danych warunkach uzależniona będzie od potrzeb, a także możliwości techniki komputerowej.

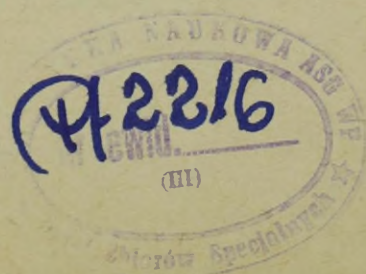
Załączniki

1. Dane taktyczno-techniczne urządzeń radiolokacyjnych
2. Dane taktyczno-techniczne urządzeń rozpoznania radioelektronicznego
3. Taktyczne promienie działania SM
4. Dane charakteryzujące czasowe możliwości działania SM
5. Dane charakteryzujące ogniowe możliwości działania SM
6. Dane przestrzennych możliwości PZR
7. Dane charakterystyk czasowych PZR
8. Dane charakterystyk ogniowych PZR
- 8a. Dane środków ogniowych artylerii przeciwlotniczej
9. Dane taktyczno-techniczne stacji rozpoznania systemów radiolokacyjnych
10. Dane stacji zakłóceń pokładowych RLS
11. Ugrupowanie WRt
12. Ugrupowanie sił i środków rozpoznania radioelektronicznego
13. Ugrupowanie wojsk raketowych i artylerii przeciwlotniczej
14. Ugrupowanie lotnictwa myśliwskiego
15. Ugrupowanie jednostek walki radioelektronicznej
16. Obiekty obrony
17. Charakterystyka nalotu SNP nieprzyjaciela
18. Wynikowa tablica rezultatów działań bojowych
19. Przykładowe formy wykresów danych wynikowych
20. Przykłady zobrazowania graficznego wyników obliczeń

Wydrukowano w 3 egz.

Egz.nr 1-3 - Biblioteka Nauk.OZS  
Wyk.Zespół oficerów

Druk.B.Cz.1986-11-21  
Nr ks.masz.PF300/WL







TAKTYCZNE PROMIENIE DZIAŁANIA SAMOLOTU MYŚLIWSKIEGO

| KTSM                |          | $Q_{sconst.}$ |           |     |          |
|---------------------|----------|---------------|-----------|-----|----------|
| $H_{si}$ \ $V_{sj}$ | $V_{si}$ | ...           | $V_{sj}$  | ... | $V_{sj}$ |
| $H_{s1}$            |          |               |           |     |          |
| $H_{s2}$            |          |               |           |     |          |
| ⋮                   |          |               |           |     |          |
| $H_{si}$            |          |               | $R_{sij}$ |     |          |
| ⋮                   |          |               |           |     |          |
| $H_{sI}$            |          |               |           |     |          |



DANE CHARAKTERYZUJĄCE OGNIOWE MOŻLIWOŚCI DZIAŁANIA

SAMOLOTU MYŚLIWSKIEGO

| KTSM | KTU | $P_a$ | $P_r$ | $P_z$ | UWAGI |
|------|-----|-------|-------|-------|-------|
|      |     |       |       |       |       |



DANE CHARAKTERYSTYK CZASOWYCH PZR

|              |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|
| $KT_{PZR}$   |  |  |  |  |  |  |  |
| TK           |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{obr}$    |  |  |  |  |  |  |  |
| TUPD1        |  |  |  |  |  |  |  |
| TPD2         |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{st}$     |  |  |  |  |  |  |  |
| $\Delta T_0$ |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{ld_1}$   |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{ld_2}$   |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{ld_3}$   |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{SD}$     |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{WZSD}$   |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{PSTZ}$   |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{\gamma}$ |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{PN}$     |  |  |  |  |  |  |  |
| $T_{pp}$     |  |  |  |  |  |  |  |

Uwaga: W przypadku konieczności można powiększyć tabelę o dowolną liczbę kolumn.





1. DANE TAKTYCZNO-TECHNICZNE STACJI ROZPOZNANIA SYSTEMÓW  
RADIOLOKACYJNYCH

Tablica 1

| $T_{SRRL}$ | $\Delta \alpha_{RZ}$ | $\Delta f_{RZ}$ | $P_{min}$ | $\Delta Q_z$ | $D_{RZ}/H_i/$ |       |     |     |       |     |     |       |
|------------|----------------------|-----------------|-----------|--------------|---------------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|
|            |                      |                 |           |              | $H_1$         | $H_2$ | ... | ... | $H_i$ | ... | ... | $H_I$ |
|            |                      |                 |           |              |               |       |     |     |       |     |     |       |

Tablica 2

| $KT_{ARE}$ | $\Delta f_{OR}$ | $P_{min}$ | $R_{PE}$ | U W A G I |
|------------|-----------------|-----------|----------|-----------|
|            |                 |           |          |           |



UGRUPOWANIE WOJSK RADIOTECHNICZNYCH

|            | $N_{RLP}$ | x | y | H | $T_{RLP}$ | $t_{op}$ | $L_{URL}$ |
|------------|-----------|---|---|---|-----------|----------|-----------|
| $K_{URL}$  |           |   |   |   |           |          |           |
| $R_{ZASW}$ |           |   |   |   |           |          |           |
| $H_a$      |           |   |   |   |           |          |           |





UGRUPOWANIE WOJSK RAKIETOWYCH I ARTYLERII PRZECIWLOTNICZEJ

Tablica 1

| $N_d$ | $KT_{PZR}$ | x | y | H | $S_{gd}$ | $L_W^R$ | $L_{STZ}^R$ | $K_{URL}$ | UWAGI |
|-------|------------|---|---|---|----------|---------|-------------|-----------|-------|
|       |            |   |   |   |          |         |             |           |       |

Tablica 2

| $N_b$ | $KT_{plot}$ | x | y | H | $S_{gb}$ | $L_{jo}$ | UWAGI |
|-------|-------------|---|---|---|----------|----------|-------|
|       |             |   |   |   |          |          |       |

UGRUPOWANIE LOTNICTWA MYSLIWSKIEGO

Tablica 1

dla  $i=1,2,\dots,I$

|       |         |         |         |          |         |          |   |     |     |            |     |     |         |     |             |     |             |
|-------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---|-----|-----|------------|-----|-----|---------|-----|-------------|-----|-------------|
| $N_p$ | $N_i^L$ | $K_i^L$ | $Y_i^L$ | $KTSM_i$ | $L_i^S$ | $S_{gi}$ | 1 | ... | $j$ | $KTU_{ij}$ | ... | $J$ | $N_1^S$ | ... | $N_{L_1}^S$ | ... | $N_{L_1}^S$ |
|       |         |         |         |          |         |          |   |     |     |            |     |     |         |     |             |     |             |
|       |         |         |         |          |         |          |   |     |     |            |     |     |         |     |             |     |             |
|       |         |         |         |          |         |          |   |     |     |            |     |     |         |     |             |     |             |
|       |         |         |         |          |         |          |   |     |     |            |     |     |         |     |             |     |             |

Tablica 2

|       |         |       |       |       |       |      |       |
|-------|---------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| $N^S$ | $N_K^L$ | $X^S$ | $Y^S$ | $H^d$ | $V^d$ | $TP$ | $L^S$ |
|       |         |       |       |       |       |      |       |
|       |         |       |       |       |       |      |       |
|       |         |       |       |       |       |      |       |
|       |         |       |       |       |       |      |       |

## UGRUPOWANIE JEDNOSTEK WALKI RADIOELEKTRONICZNEJ

Tablica 1

| $N^{ZRL}$ | $X^{ZRL}$ | $Y^{ZRL}$ | $S_1^{ZRL}$ | $L_1$ | ... | $S_{j_1}^{ZRL}$ | $L_{j_1}$ | ... | $S_{I_1}^{ZRL}$ | $L_{J_1}$ |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------|-----|-----------------|-----------|-----|-----------------|-----------|
|           |           |           |             |       |     |                 |           |     |                 |           |

Tablica 2

| $N^{ZR}$ | $X^{ZR}$ | $Y^{ZR}$ | ... | $S_{j_2}^{ZR}$ | $L_{j_2}$ | ... | ... | $S_{j_3}^{OR}$ | $L_{j_3}$ | ... |
|----------|----------|----------|-----|----------------|-----------|-----|-----|----------------|-----------|-----|
|          |          |          |     |                |           |     |     |                |           |     |

gdzie:  $j_2=1,2,\dots,J_2$  $j_3=1,2,\dots,J_3$

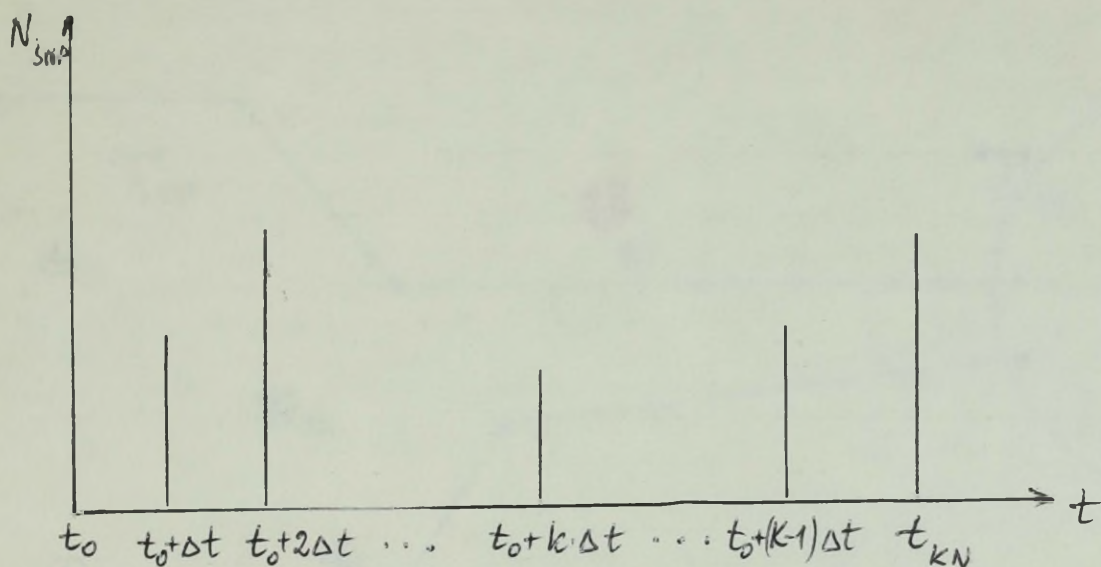
OBIEKTY OBRONY

| $N^{\text{TO}}$ | $X^{\circ}$ | $Y^{\circ}$ | $R^{\circ}$ | $W^{\circ}$ | $T^{\circ}$ |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                 |             |             |             |             |             |

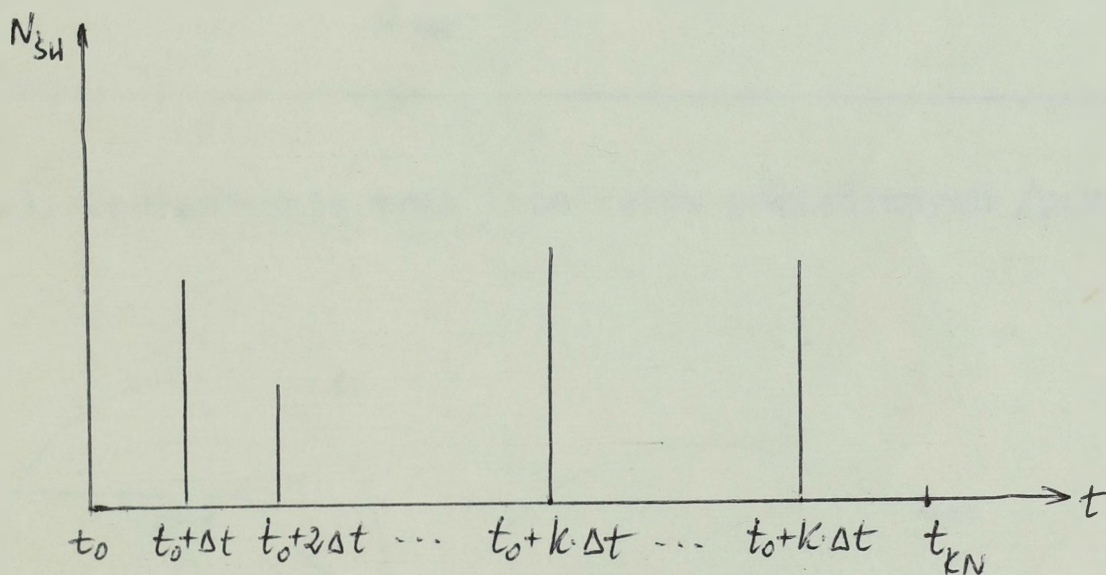


## Wynikowa tablica rezultatów działań bojowych

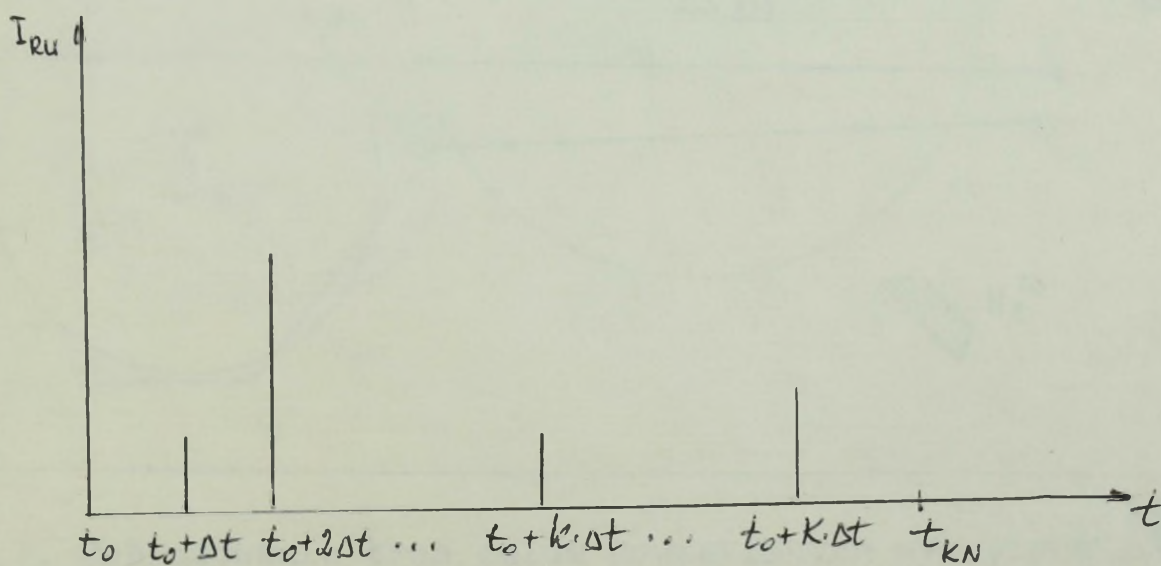
|   |                    |                       |     |                       |     |                       |                                    |
|---|--------------------|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|------------------------------------|
|   |                    | $N_1^C$               | ... | $N_j^C$               | ... | $N_J^C$               | $\sum_{j=1}^J L_j^S$               |
|   |                    | $M_1$                 | ... | $M_j$                 | ... | $M_J$                 | $\sum_{j=1}^J M_j$                 |
| 1 | $r_1$              | $x_{11}$              | ... | $x_{1j}$              | ... | $x_{1J}$              | $\sum_{j=1}^J x_{1j}$              |
|   |                    | ...                   | ... | ...                   | ... | ...                   | ...                                |
| i | $r_i$              | $x_{i1}$              | ... | $x_{ij}$              | ... | $x_{iJ}$              | $\sum_{j=1}^J x_{ij}$              |
|   |                    | ...                   | ... | ...                   | ... | ...                   | ...                                |
| I | $r_I$              | $x_{I1}$              | ... | $x_{Ij}$              | ... | $x_{IJ}$              | $\sum_{j=1}^J x_{Ij}$              |
|   |                    | ...                   | ... | ...                   | ... | ...                   | ...                                |
|   | $\sum_{i=1}^I r_i$ | $\sum_{i=1}^I x_{i1}$ | ... | $\sum_{i=1}^I x_{ij}$ | ... | $\sum_{i=1}^I x_{iJ}$ | $\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}$ |

Przykładowe formy wykresów danych wynikowych

Rys.1. Natężenie działań bojowych ŚNP nieprzyjaciela

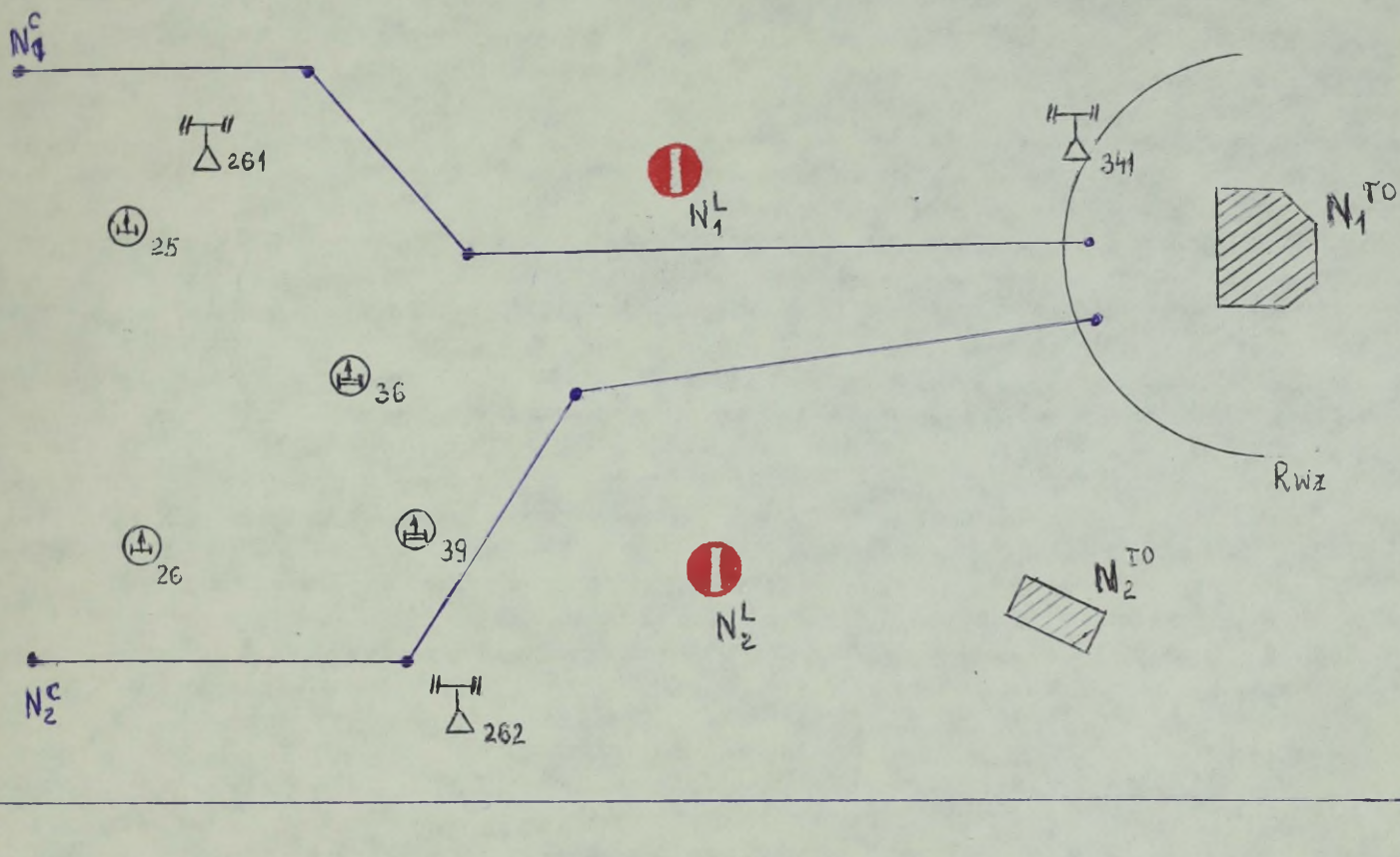


Rys.2. Natężenie oddziaływania środków walki

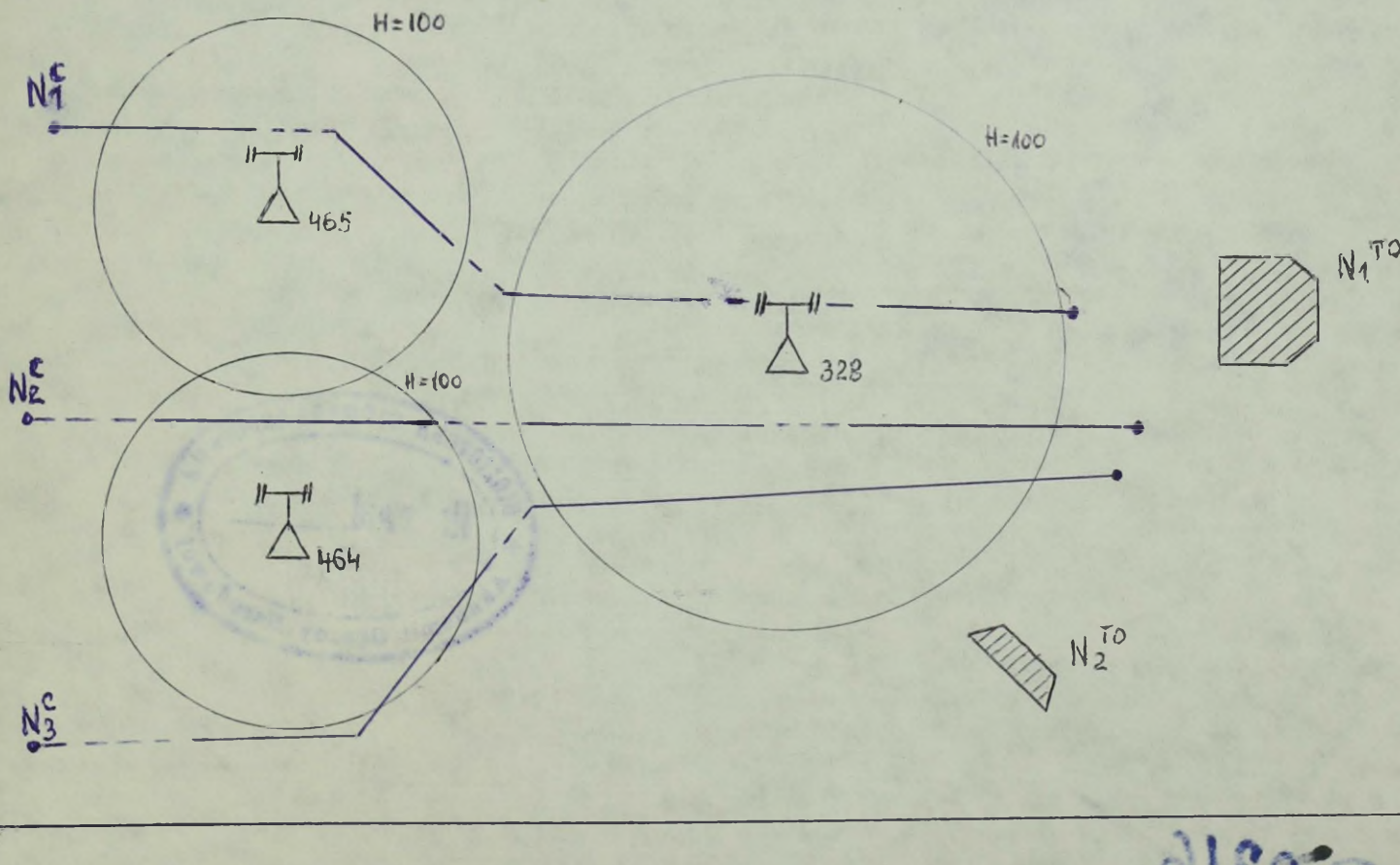


Rys.3. Intensywność wprowadzenia do walki rodzajów wojsk

Przykłady zobrazowania graficznego wyników obliczeń

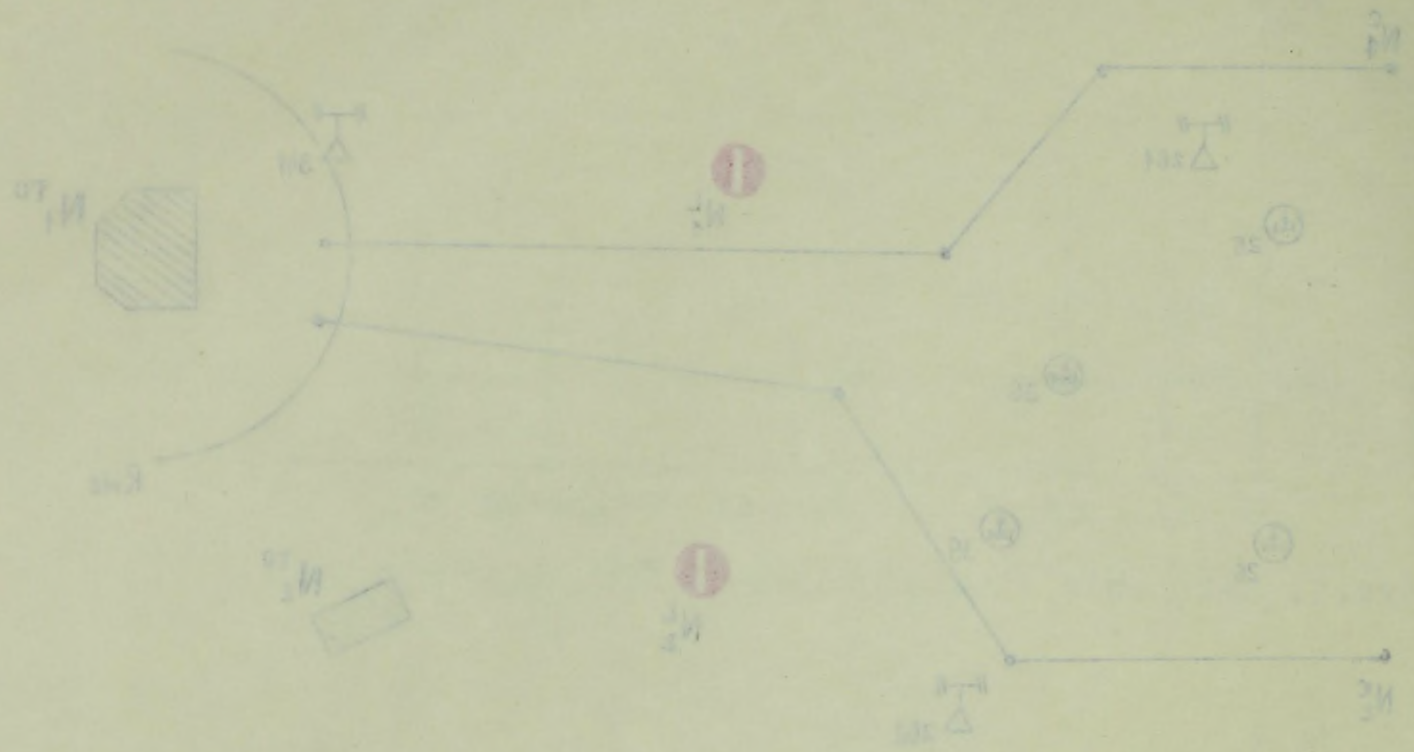


Rys.1. Zobrazowanie tras lotu celów powietrznych /przykład/

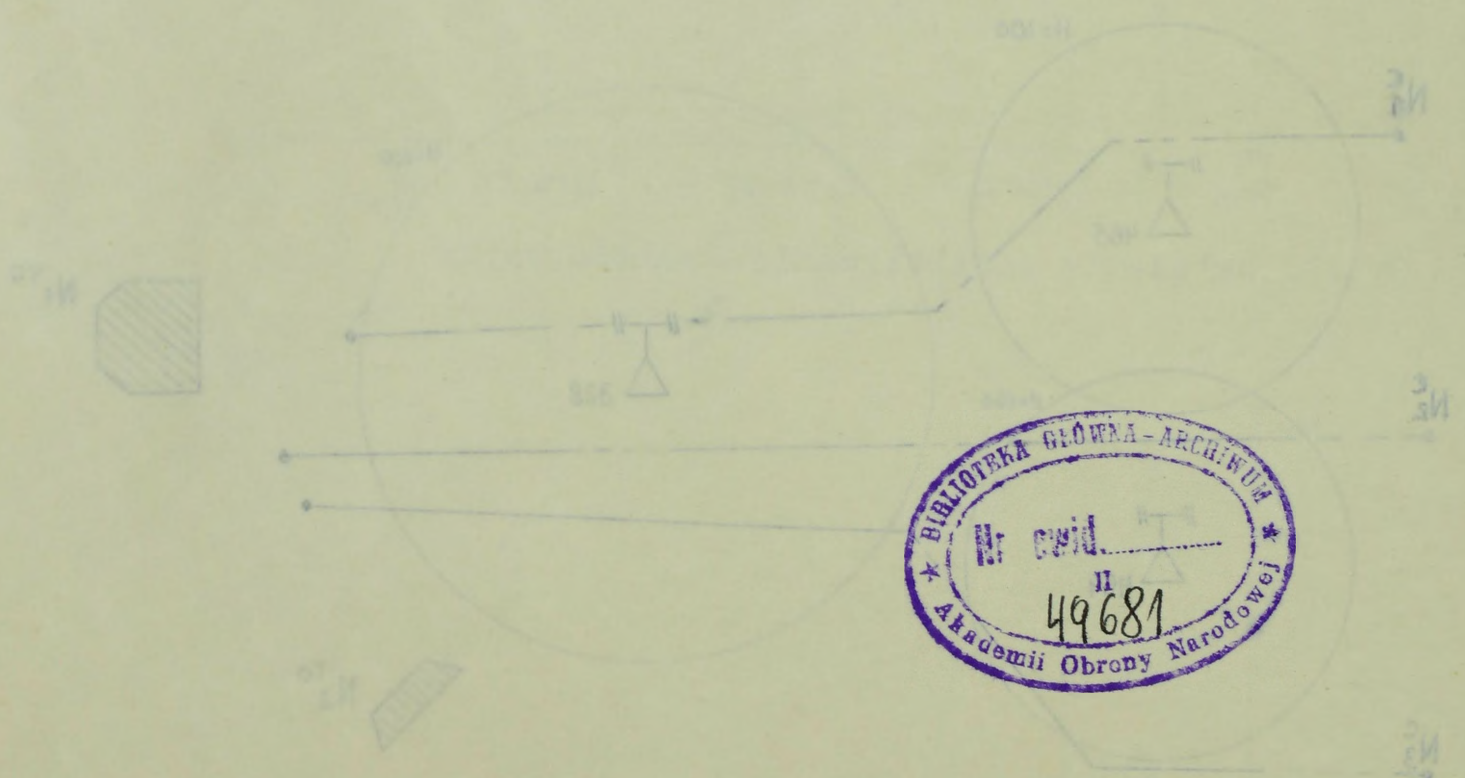


Rys.2. Zobrazowanie tras celów powietrznych wykrytych i śledzonych przez WRT /przykład/

Przykłady rozporządzenia trybemami wylotów oblotów



Rys. 1. Rozporządzenie tras lotu ciał powietrznych (przykład)



BIBLIOTEKA GŁÓWNA-ARCHIWUM  
 Nr ewid. \_\_\_\_\_  
 II  
 49681  
 Akademia Obrony Narodowej

~~42216~~

Rys. 2. Rozporządzenie tras lotu ciał powietrznych (przykład)