R G B WH GR BL Grey Scale #13 C M Y K DANES-PICTA.COM
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

10a 59

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

Do użytku służbowego
POUFNE
Egz. Nr 1

Ppłk dypl. pil. Eugeniusz ZABŁOCKI
Mjr dypl. Antoni ADAMCZYK

Metoda oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu obrony powietrznej kraju

Rozprawa doktorska

625
Akademii Obrony Narodowej
11773

WARSZAWA WRZESIEŃ 1978

Colour Chart #13
Inches Centimetres
Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black
DANES-PICTA.COM

10a 59

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

Do użytku służbowego
POUFNE
Egz. Nr 1

625

Ppłk dypl. pil. Eugeniusz ZABŁOCKI
Mjr dypl. Antoni ADAMCZYK

Metoda oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu obrony powietrznej kraju

Rozprawa doktorska

Akademii Obrony Narodowej

11773

WARSZAWA WRZESIEŃ 1978

A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O W P
im.gen.broni K. Świerczewskiego

Do użytku
służbowego
POUFNE
Egz.nr... 1

Prokl. Prod. 320/21.03.95

ppłk dypl.pil. Eugeniusz ZABŁOCKI
mjr dypl. Antoni ADAMCZYK

625

METODA OCENY EFEKTYWNOŚCI WYKORZYSTANIA LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO KORPUSU OBRONY POWIETRZNEJ KRAJU

Rozprawa doktorska

Akademii Obrony Narodowej
1773

Promotor

płk doc.dr Eugeniusz GRYSIEWICZ

WARSZAWA WRZESIEŃ 1978

S P I S T R E Ś C I

	Strona
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	9
W S T Ę P	13
1. PROBLEM OCENY EFEKTYWNOŚCI WYKORZYSTANIA LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO KORPUSU OPK	17
1.1. Kryteria oceny efektywności wykorzystania sił i środków w systemie OPK	19
1.2. Kryteria oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK	32
1.3. Sformułowanie problemu	44
2. OPIS ALGORYTMIZOWANYCH CZYNNOŚCI ZWIĄZANYCH Z ANALIZĄ MOŻLIWOŚCI BRYGADY RADIOTECHNICZNEJ...	53
2.1. Stopnie gotowości bojowej posterunków radiolokacyjnych brygady radiotechnicznej OPK	53
2.2. Strefa wykrywania brygady radiotechnicznej ...	53
2.3. Sektor wykrywania pododdziału brygady radiotechnicznej	55
2.4. Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza	55
2.5. Strefa wykrywania wysokościomierza radiolokacyjnego	69
2.6. Opóźnienie ogólnej informacji radiolokacyjnej na stanowisku dowodzenia korpusu OPK	71

2.7. Wyspółrzędne prostokątne celu powietrznego 82

2.8. Kierunek lotu celu powietrznego 91

2.9. Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej 93

2.10. Prędkość lotu celu powietrznego 94

2.11. Wpływ zakłóceń radiolokacyjnych na efektywność zabezpieczenia działań lotnictwa myśliwskiego ... 95

2.12. Czas lotu celów powietrznych w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej, w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania lotnictwa myśliwskiego 102

2.13. Ilość jednoczesnych naprowadzeń samolotów myśliwskich 107

2.14. Ważność celów powietrznych 109

3. OPIS ALGORYTMIZOWANYCH CZYNNOŚCI ZWIĄZANYCH Z ANALIZĄ MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO KORPUSU OPK 119

3.1. Sposoby działań bojowych oraz stopnie gotowości bojowej lotnictwa myśliwskiego OPK 119

3.2. Przestrzeń i czas oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny ze względu na taktyczny promień działania 121

3.3. Pojęcie i sposób określania czasu jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na cel powietrzny... 136

3.4. Pojęcie i sposób określania czasu bezpośredniego naprowadzania samolotów myśliwskich na cel powietrzny 150

3.5. Przestrzeń i czas oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej 156

3.6. Przestrzeń i czas oddziaływania samolotów myśliwskich ze stref dyżurowania w powietrzu ... 164

3.7. Czas osiągania gotowości samolotów myśliwskich do kolejnego lotu bojowego 173

3.8. Początkowa ilość jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego na lotniskach i w strefach dyżurowania 174

3.9. Potrzebna ilość oddziaływań na dany cel powietrzny 180

4. PRZYDZIAŁ ŚRODKÓW OBRONY DO ZWALCZANIA CELÓW POWIETRZNYCH 183

4.1. Pierwszy zakres przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych 184

4.2. Drugi zakres przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych 193

4.3. Trzeci zakres przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych 196

4.3.1. Pierwszy wariant trzeciego zakresu przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych 198

4.3.2. Drugi wariant trzeciego zakresu przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych 207

5. ALGORYTM OCENY EFEKTYWNOŚCI WYKORZYSTANIA LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO KORPUSU OPK 209

5.1. Podalgorytm zbierania i opracowywania danych wejściowych o ugrupowaniu, wyposażeniu i możliwościach środków rozpoznania radiolokacyjnego oraz lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK 211

5.2. Podalgorytm zbierania danych o nalocie SNP nieprzyjaciela 226

5.3. Podalgorytm analizy możliwości brygady radiotechnicznej w zakresie wykrywania i określania charakterystyk celów powietrznych 228

5.4. Podalgorytm analizy możliwości punktów naprowadzania 237

5.5. Podalgorytm analizy możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK na cele powietrzne 242

5.6. Podalgorytm przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych oraz opis sposobu zobrazowania wyników obliczeń 252

6. WNIOSKI 270

7. BIBLIOGRAFIA 274

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

b_j - numer celu powietrznego / j = 1,2,3,.....J/ ;

D - odległość bezpośrednia od stacji radiolokacyjnej do celu powietrznego ;

$\bar{D}$ - odległość pozioma od stacji radiolokacyjnej do celu powietrznego ;

d - odległość od środka lotniska do środka strefy dyżurowania ;

ΔF_i - podzakres pracy stacji radiolokacyjnej / i = 1,2,3,...6/ ;

Δf_i - podzakres generowanych zakłóceń aktywnych / i = 1,2,3,...6/ ;

f_{10} - zakres zaporowych-radiolokacyjnych zakłóceń aktywnych ;

G - stopień gotowości bojowej /G = 1/ ;

H - wysokość bezwzględna ;

h - wysokość względna ;

I - ilość nawigatorów - operatorów naprowadzania foniczno-ręcznego ;

I' - współczynnik charakteryzujący wyszkolenie nawigatorów-operatorów ;

I_1 - ilość jednoczesnych naprowadzeń /kanałów/ ;

I_2 - ilość kanałów aparatury przyrządowego naprowadzania;

I'_3- ilość jednostek kalkulacyjnych samolotów myśliwskich;

K_1- rodzaj zakłóceń radiolokacyjnych ;

k_a- numer punktu naprowadzania /a = 1,2,3...A/ ;

L_i- numer lotniska lub strefy dyżurowania
/ i = 1,2,3,...I/ ;

P_i- numer posterunku radiolokacyjnego /i = 1,2,3,...I/ ;

R- taktyczny promień działania samolotu myśliwskiego ;

S_j- typ samolotu myśliwskiego /j = 1,2,3/ ;

B_j- typ stacji radiolokacyjnej /j = 1,2,3,...J/ ;

T- okres czasu ;

t- moment czasowy ;

T_o- czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK ;

T_{3o}- czas realizacji I-etapu bezpośredniego naprowadzania ;

T_4- czas jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na cel powietrzny ;

t_o- czas wykrycia celu powietrznego ;

t_w- bieżący czas sytuacji powietrznej ;

t'_1- czas wlotu celu powietrznego w przestrzeń oddziaływania samolotów myśliwskich ze względu na taktyczny promień działania ;

t'_2- czas wylotu celu powietrznego z przestrzeni oddziaływania samolotów myśliwskich ze względu na taktycz-

ny promień działania ;

t'_3 - czas wlotu celu powietrznego w przestrzeń oddziaływania samolotów myśliwskich ze względu na taktyczny promień działania i rubież ogólnej informacji ;

t'_{10} - czas wlotu celu powietrznego w strefę wykrywania stacji radiolokacyjnej, w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania ;

t'_{30} - czas wylotu celu powietrznego ze strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej, w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania ;

U_i - wariant uzbrojenia samolotów myśliwskich ;

W_i^{10} - średnia gęstość mocy zakłóceń radiolokacyjnych /i = 1,2,3/ ;

z - odległość od stacji radiolokacyjnej do wewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji ;

Z_I - odległość od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji w przedziale małych wysokości ;

Z_{II} - odległość od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji w przedziale średnich i dużych wysokości ;

α - kąt zakrycia ;

β - azymut topograficzny ;

$\bar{\beta}$ - kierunek lotu celu powietrznego ;

η - ważność obiektu osłony ;

N_4 - skład celu powietrznego ;

η^{I} - ważność celu powietrznego ;

η^{II} - ważność oddziaływania samolotów myśliwskich z lotniska lub strefy dyżurowania ;

η^{III} - ważność punktu naprowadzania samolotów myśliwskich ;

η_{10} - sumaryczna ważność celu powietrznego z uwzględnieniem ważności oddziaływania samolotów myśliwskich ze względu na taktyczny promień działania ;

η_{20} - sumaryczna ważność celu powietrznego z uwzględnieniem ważności oddziaływania samolotów myśliwskich ze względu na taktyczny promień działania i rubież ogólnej informacji radiolokacyjnej ;

η_{30} - sumaryczna ważność celu powietrznego z uwzględnieniem ważności punktu naprowadzania samolotów myśliwskich ;

q - potrzebna ilość oddziaływań samolotów myśliwskich na cel powietrzny.

W S T E P

W dobie obecnej obserwujemy dynamiczny rozwój SNP nieprzyjaciela oraz metod i sposobów ich zastosowania na współczesnym polu walki. Jednocześnie rośnie nasycenie współczesnych systemów OPK aktywnymi środkami obrony oraz środkami zabezpieczenia ich działań bojowych. Z tego też względu należy oczekiwać, że współczesne działania bojowe wojsk OPK będą się charakteryzowały dużym rozmachem, złożonością i dynamicznością, co w istotny sposób komplikuje proces dowodzenia. Cechami szczególnymi tego procesu są : wzrost ilości, ważności i różnorodności informacji, konieczność szybkiego reagowania na zmieniającą się sytuację oraz zwiększenie zakresu i dokładności obliczeń operacyjno-taktycznych w celu przygotowania niezbędnych danych do planowania działań bojowych.

Różnorodność środków walki powoduje konieczność rozpatrywania wielu różnych wariantów ich użycia /planów walki/ w zależności od przewidywanych wariantów nalotu SNP nieprzyjaciela.

Celowym wydaje się więc wypracowanie metod pozwalających przed powzięciem decyzji sprawdzić słuszność przyjętych rozwiązań, określić oczekiwane efekty działań, porównać alternatywne warianty rozwiązań, aby na tej podstawie wybrać najkorzystniejszy wariant użycia wojsk korpusu OPK na polu walki.

Podczas planowania obrony powietrznej najczęściej dysponujemy określoną ilością sił i środków o znanych możliwościach technicznych, którymi należy zapewnić osłonę wyznaczonych

obiektów przed środkami napadu powietrznego nieprzyjaciela. Potrzeby osłony z reguły przewyższają realne możliwości. Z tego też względu niezmiernie ważne staje się optymalne wykorzystanie możliwości bojowych środków obrony na polu walki.

Problem kryteriów i metod oceny efektywności działań bojowych sił i środków korpusu OPK należy do dziedziny badań operacyjnych i zajmuje w niej dość ważne miejsce. Problem ten zalicza się jednak do dziedziny zagadnień o ograniczonym stopniu poznania i opracowania. Dotyczy to w szczególności metod kompleksowych, ujmujących wszystkie elementy systemu z uwzględnieniem zależności między nimi, a szczególnie właściwości i możliwości bojowych różnorodnych środków walki. Wydaje się jednak, że w pierwszej kolejności należy rozwiązać problem kryteriów i metod oceny efektywności działań bojowych każdego z jednorodnych środków walki korpusu OPK.

Ze względu na złożoność tematyki, jak również skromne możliwości autorów, w pracy podejmuje się próbę jedynie częściowego rozwiązania problemu kryteriów i metod oceny efektywności w odniesieniu do jednego z aktywnych środków obrony powietrznej kraju, jakim jest lotnictwo myśliwskie.

Celem pracy jest opracowanie podstawowych założeń projektowych metody oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK,z uwzględnieniem możliwości zabezpieczenia radiolokacyjnego jego działań bojowych przez brygadę radiotechniczną,w odniesieniu do przewidywanych /założonych/ wariantów nalotu środków napadu powietrznego nieprzyjaciela.

Proponowana metoda obejmuje więc tylko te sposoby działań bojowych lotnictwa myśliwskiego, które związane są ściśle

z działalnością wojsk radiotechnicznych.

Przez pojęcie metody rozumie się całokształt ogólnych założeń badawczych, wytycznych w postępowaniu naukowym lub sposób ujmowania badanych faktów. W znaczeniu ogólnym jest to sposób postępowania, świadomy i powtarzalny wybór działania.[1]

Praca, w zamiarze autorów, jest zaledwie krokiem na drodze do opracowania metod pełnej oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego, a w przyszłości kompleksowej oceny efektywności działań bojowych sił i środków korpusu OPK.

Praca składa się z pięciu rozdziałów.

W rozdziale pierwszym przedstawiono podstawowe założenia oraz istotę proponowanej metody oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK, a w tym :

- wybór i uzasadnienie kryterium oceny oraz zasadniczego wskaźnika efektywności ;
- sformułowanie problemu oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK ;
- istotę proponowanej metody rozwiązania problemu w postaci ogólnej budowy algorytmu oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK.

Treścią rozdziału drugiego i trzeciego jest opis logiczno-matematyczny algorytmizowanych czynności w zakresie analizy możliwości brygady radiotechnicznej i lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK.

---

1 Encyklopedia Powszechna - PWN - 1973 r.

Rozdział czwarty zawiera opis przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych w oparciu o dane o nalocie SNP oraz możliwości lotnictwa myśliwskiego i brygady radiotechnicznej.

W rozdziale piątym przedstawiony jest/w formie opisowej/ algorytm oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK oraz opis sposobu zobrazowania wyników obliczeń.

Rozdział drugi opracował mjr Antoni ADAMCZYK.

Rozdział trzeci opracował ppłk Eugeniusz ZABŁOCKI.

Pozostałe rozdziały opracowane zostały wspólnie przez obydwu autorów.

Autorzy pragną serdecznie podziękować Kierownictwu Wydziału Wojsk Lotniczych i OPK za stworzenie dogodnych warunków do realizacji pracy, promotorowi Obywatelowi Pułkownikowi Eugeniuszowi GRYSIEWICZOWI za naukowe kierownictwo i życzliwy stosunek do autorów, Przełożonym i Kolegom z Katedry, Instytutu Dowodzenia i Wojsk OPK za życzliwe uwagi.

1. PROBLEM OCENY EFEKTYWNOŚCI WYKORZYSTANIA LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO KORPUSU OPK.

Lotnictwo myśliwskie jest jednym z podstawowych rodzajów wojsk OPK. Charakteryzuje się, w porównaniu z naziemnymi środkami obrony powietrznej, dużym promieniem działania oraz wysokimi walorami manewrowymi w powietrzu. Pełne wykorzystanie powyższych właściwości powinno zapewnić : skuteczne zwalczanie środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na dalekich podejściach do bronionych obiektów, ciągłość oddziaływania na środki napadu powietrznego na wszystkich trasach przelotu oraz przez cały czas ich przebywania w rejonie działań bojowych korpusu OPK.

Problem wykorzystania możliwości lotnictwa myśliwskiego pod względem promienia działania nabiera szczególnego znaczenia w świetle wzrostu zasięgu i skuteczności działania środków rażenia potencjalnego nieprzyjaciela, a w szczególności pocisków powietrze-ziemia.

Jednym z zasadniczych czynników determinujących użycie lotnictwa myśliwskiego, zgodnie z jego przeznaczeniem i właściwościami bojowymi, jest uzyskiwanie informacji o celach powietrznych z odpowiednich rubieży, w celu zapewnienia niezbędnego czasu na wprowadzenie samolotów myśliwskich do walki na dalekich podejściach do bronionych obiektów.

Lotnictwo myśliwskie OPK nie posiada etatowych środków rozpoznania. Proces podejmowania decyzji dotyczących zwalczania SNP nieprzyjaciela oraz naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne realizowany jest głównie w oparciu

o informację radiolokacyjną. Zasięg i dokładność informacji radiolokacyjnej mają zasadniczy wpływ na stopień wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego, głównie pod względem przestrzeni i czasu oddziaływania na cele powietrzne. Efektywność wykorzystania lotnictwa myśliwskiego jest więc ściśle uzależniona od możliwości zabezpieczenia radiolokacyjnego jego działań bojowych przez wojska radiotechniczne.

Ocena efektywności działań bojowych lotnictwa myśliwskiego powinna umożliwiać :

1. Poszukiwanie najbardziej uzasadnionej koncepcji użycia lotnictwa myśliwskiego w odniesieniu do aktualnych możliwości wojsk radiotechnicznych.

2. Poszukiwanie sposobów zwiększania efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego w aspekcie pełniejszego wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego.

Lotnictwo myśliwskie i wojska radiotechniczne, ze względu na wspólne cele działania i wykonywane zadania oraz wzajemne uwarunkowanie i zależności, stanowią elementy jednolitego podsystemu w ogólnym systemie obrony powietrznej kraju.

Ze względu na dużą spójność /koherentność[1]/ podsystemu przyjęte kryteria /wskaźniki/ powinny umożliwiać ocenę efektywności całego podsystemu oraz odzwierciedlać jego cele i zadania.

---

1 System jest spójny /koherentny/, jeżeli zmiana w jednym jego elemencie wywołuje zmianę w innych elementach.

Kryterium oceny powinno być również "czułe" na zmianę tych danych wejściowych i parametrów charakteryzujących lotnictwo myśliwskie i wojska radiotechniczne, które determinują efektywność działania całego podsystemu.

1.1. Kryteria oceny efektywności wykorzystania sił i środków w systemie OPK[1/]

Teoria efektywności bojowej stanowi całokształt metodologicznych podstaw do określania wskaźników /parametrów/ liczbowych, charakteryzujących efektywność działań bojowych sił i środków użytych w walce. Wskaźniki te służą do ułatwienia powzięcia właściwej decyzji i racjonalnego prowadzenia działań bojowych.

Wyniki obliczeń mogą być wykorzystane do rozwiązywania szeregu problemów, np. :

- wybór najlepszego wariantu /sposobu/ użycia środków walki o znanym składzie i parametrach taktyczno-technicznych ;
- wybór środków walki do wykonania zadania, w celu polepszenia rezultatów działań ;
- określenie wymagań taktyczno-technicznych dla nowych środków walki i wypracowanie metod ich zastosowania.

Najczęściej wyniki obliczeń pozwalają uzyskać odpowiedź na jedno z dwóch zasadniczych pytań :

1/ Ogólne zasady teoretyczne kryteriów oceny efektywności systemu obrony powietrznej przyjęto w oparciu o pracę doktorską mjr Czesława FLANKA - "Metodologia oceny efektywności wykorzystania sił i środków w systemie OPL wojsk operacyjnych"

1. Jakie rezultaty można osiągnąć w określonej sytuacji bojowej, przy posiadanych siłach i środkach ?

2. Jakie siły i środki należy posiadać, aby osiągnąć wymagane /założone/ rezultaty działań ?

Siły i środki walki działają zwykle w określonych systemach. Dobór metod i kryteriów oceny efektywności jest uzależniony od celów i zadań, jakie realizuje dany system oraz od stopnia złożoności systemu.

W zależności od celu i stopnia złożoności systemu mogą być stosowane kryteria częściowe /uwzględniające jeden punkt widzenia/ lub złożone /uwzględniające kilka punktów widzenia/.

Podobnego podziału stosowanych kryteriów oceny efektywności możemy dokonać równiez w odniesieniu do systemu obrony powietrznej kraju.

Przez system obrony powietrznej kraju /OPPRL/ rozumie się wydzielone, odpowiednio przygotowane i urzutowane różnorodne siły i środki OP i ogniwa dowodzenia nimi, działające w myśl jednolitego planu, pod jednolitym dowództwem[1/].

Kryteriami częściowymi oceny efektywności, w odniesieniu do systemu OPK, mogą być :

- prawdopodobieństwo zniszczenia środka napadu powietrznego ;

1/ Biuletyn informacyjny Nr 2 /122/ - Wyd. MON 1976 r. nr bibl. ASG 017322.

- oczekiwana wartość liczby zniszczonych środków napadu powietrznego ;
- liczba zwalczanych celów powietrznych ;
- liczba oddziaływań na cele powietrzne.

Bardziej złożonymi kryteriami oceny efektywności systemu OPK mogą być :

- prawdopodobieństwo wykonania zadania bojowego ;
- oczekiwana wartość sił i środków OP /średni wydatek sił i środków/ dla osiągnięcia stopnia pewności wykonania zadania ;
- stosunek ilościowy lub jakościowy strat zadanych przeciwnikowi do wydatku sił i środków OP ;
- średni wydatek sił i środków na jednostkę strat przeciwnika.

Zasadniczym celem obrony powietrznej kraju jest niedopuszczenie do prowadzenia rozpoznania i wykonywania przez nieprzyjaciela uderzeń z powietrza na obiekty i wojska znajdujące się na terytorium PRL oraz przelotu SNP w obszar sąsiednich państw sojuszniczych[2/].

Realizację celu działania systemu zapewnia się głównie przez niszczenie SNP nieprzyjaciela w powietrzu na podejściach do bronionych obiektów.

- -

2/ Biuletyn informacyjny Nr 2 /122/ - Wyd. MON 1976 r.

Możemy przyjąć, że cel obrony zostanie osiągnięty, jeżeli zadamy przeciwnikowi powietrznemu takie straty, które uniemożliwią mu wykonanie zadania. Należy jednak pamiętać, że istotny jest również koszt osiągnięcia celu działania, rozumiany jako straty własne.

Z tego punktu widzenia najogólniejszym kryterium oceny efektywności działania systemu OPK może być różnica strat przeciwnika powietrznego i własnych /obiektów oraz sił i środków OP/.

Efektywność systemu OPK możemy więc zapisać w postaci następującej funkcji :[1/]

$$F = F_A - F_O \qquad 1.1$$

gdzie : F_A - straty przeciwnika powietrznego, proporcjonalne do ilości zniszczonych SNP ;

F_O - straty własne, proporcjonalne do ilości lub wartości zniszczonych obiektów i środków OP.

Straty własne możemy określić z zależności :

$$F_O = F_{OB} + F_{OS} \qquad 1.2$$

gdzie : F_{OB} - straty bronionych obiektów ;

F_{OS} - straty środków OP.

1/ Henryk BURIAGA, Stanisław PIASECKI, Andrzej STANEK : Model systemu obrony - WAT - 1970 r.

Składowe funkcji mają postać :

$$F_A = \sum_{n=1}^{N} C_n P_n$$

$$F_{OB} = \sum_{k=1}^{K} C_k P_k \qquad 1.3$$

$$F_{OS} = \sum_{m=1}^{M} C_m P_m$$

gdzie : P_n, P_k, P_m - prawdopodobieństwo zniszczenia środka napadu powietrznego, osłanianego obiektu, środka OP ;

C_n, C_k, C_m - wartość środka napadu powietrznego, osłanianego obiektu, środka OP ;

$n = 1,2,3 \ldots N$ - numer środka napadu powietrznego ;

$k = 1,2,3 \ldots K$ - numer osłanianego obiektu ;

$m = 1,2,3 \ldots M$ - numer środka OP.

Funkcja F ma więc postać :

$$F = \sum_{n=1}^{N} C_n P_n - \sum_{k=1}^{K} C_k P_k - \sum_{m=1}^{M} C_m P_m \qquad 1.4$$

Wartości C_n i C_k i C_m mogą wyrażać różne cele i zadania systemu OPK.

Jeżeli przyjmiemy $C_n = 0$ dla wszystkich n, to oznacza, że zadaniem systemu jest obrona obiektów z zachowaniem systemu.

Jeżeli $C_n = C_k = 0$ dla wszystkich n i k, to oznacza, że należy zachować system bez względu na wielkość strat obiektów.

Jeżeli $C_m = 0$ dla wszystkich m, to oznacza, że zadaniem systemu jest obrona obiektów bez względu na wielkość strat własnych.

Efektywność systemu jest więc tym większa, im większa jest różnica strat zadanych środkom napadu powietrznego i strat /kosztów/ własnych. Możemy przyjąć, że wzrost strat zadanych przeciwnikowi /F_A/ powoduje zmniejszenie strat w osłanianych obiektach /F_{OB}/. Należy jednak uwzględnić, że z reguły pociąga to za sobą zwiększenie strat systemu obrony /kosztów/.

Dążenie do maksymalizacji skuteczności systemu /utożsamianej z maksymalizacją strat zadanych środkom napadu powietrznego/, przy założonym poziomie kosztów własnych, jest jednym z zasadniczych problemów rozwiązywanych w praktycznej działalności sztabów związków operacyjno-taktycznych wojsk OPK.

Maksymalizację strat przeciwnika powietrznego osiąga się, między innymi, przez :

- zwiększenie niezawodności działania systemu OPK ;
- zwiększenie szybkości działania systemu OPK /skracanie czasu reakcji na zmianę sytuacji bojowej/ ;
- skracanie czasu wprowadzania sił i środków do walki ;
- skracanie czasu obiegu informacji ;
- zwiększenie dokładności informacji ;
- wprowadzenie do wyposażenia wojsk OPK środków walki o coraz wyższym prawdopodobieństwie niszczenia celu.

Korpus obrony powietrznej kraju, stanowiący związek operacyjno-taktyczny, jest przeznaczony do obrony /osłony/ ważniejszych kierunków powietrznych i obiektów, położonych na określonym obszarze kraju, przed rozpoznaniem i uderzeniami z powietrza, przez niszczenie lotnictwa i niektórych bezpilotowych środków napadu powietrznego nieprzyjaciela zarówno na dalekich podejściach, jak i w rejonie osłanianych obiektów /kierunków/[1/].

Z przeznaczenia korpusu OPK /utożsamianego często z celem działania/ wynika treść jego zadań bojowych.

Najczęściej treścią zadań korpusu jest :

- osłona kierunków powietrznych wyprowadzających na szczególnie ważne ośrodki i obiekty polityczne, gospodarcze, wojskowe i komunikacyjne znajdujące się na obszarze PRL lub sąsiednich państw sojuszniczych ;
- osłona określonych obiektów politycznych, gospodarczych i komunikacyjnych znajdujących się w granicach wyznaczonego rejonu obrony korpusu OPK ;
- osłona morskich baz wojennych, portów oraz okrętów w bazach i miejscach rozśrodkowanego bazowania ;
- osłona wojsk operacyjnych przegrupowujących się przez rejon obrony korpusu OPK.

- -

1/ płk dr A.PRZENICZNY - "Korpus Obrony Powietrznej Kraju" - ASG - 1968 r.

Możemy więc przyjąć, że korpus OPK realizuje zasadniczy cel obrony powietrznej kraju /obrona obiektów i wojsk na terytorium PRL/ w odniesieniu do obiektów położonych w wyznaczonym rejonie obrony oraz częściowo w interesie obiektów położonych poza granicami rejonu obrony.

Realizacja zadań bojowych wymaga od korpusu dużej samodzielności w organizowaniu i prowadzeniu walki z nieprzyjacielem powietrznym, w interesie osłanianych obiektów. Z tego też względu w jego skład wchodzą siły i środki stanowiące podstawowe elementy również w odniesieniu do całego systemu OPK.

Do podstawowych elementów systemu OPK /występujących również w korpusie OPK/ możemy zaliczyć :

- lotniska z bazującymi na nich samolotami myśliwskimi ;
- pododdziały przeciwlotniczych rakiet kierowanych ;
- pododdziały armat przeciwlotniczych;
- pododdziały zakłóceń i rozpoznania radioelektronicznego ;
- radiolokacyjne posterunki wykrywania, w tym naprowadzania ;
- stanowiska dowodzenia ;
- pododdziały środków OP innych rodzajów wojsk, okresowo włączane do systemu OPK.

Współczesne środki obrony powietrznej, z jednej strony posiadają coraz lepsze parametry taktyczno-techniczne zapewniające wysoką skuteczność niszczenia środków napadu powietrznego, z drugiej zaś strony są coraz bardziej skomplikowane i drogie.

Optymalne wykorzystanie ich możliwości bojowych na polu walki staje się więc koniecznością.

W praktycznej działalności sztabów korpusu OPK, w odniesieniu do planowania walki, oznacza to dążenie do osiągnięcia maksymalnej skuteczności systemu /strat zadanych SNP nieprzyjaciela/ przy posiadanych siłach i środkach, zapewniającej realizację zasadniczego celu działania, jakim jest obrona obiektów. Wraz z wprowadzeniem nowoczesnych i drogich środków obrony coraz większego znaczenia nabiera minimalizacja kosztów /strat/ własnych, niezbędnych do osiągnięcia wymaganego poziomu skuteczności działania.

Wydaje się więc, że do oceny efektywności wykorzystania sił i środków korpusu OPK celowe jest stosowanie kryteriów złożonych, uwzględniających kilka punktów widzenia. Kryteria te powinny umożliwiać ocenę przystosowania systemu do wykonywania stojących przed nim zadań, przy założeniu złożonego celu działania :

- obronić obiekty, zachować system.

W korpusie OPK możemy wyróżnić podsystem dowodzenia / w tym rozpoznania radiolokacyjnego/ oraz podsystem bojowy, w skład którego wchodzą głównie siły i środki lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych.

O skuteczności działania systemu /wielkości strat zadanych środkom napadu powietrznego/ decyduje w głównej mierze stopień wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych podstawowych aktywnych środków walki - lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych.

Do zasadniczych parametrów taktyczno-technicznych charakteryzujących potencjalne możliwości bojowe lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych można zaliczyć :

- przestrzeń i czas bojowego oddziaływania samolotów myśliwskich /taktyczny promień działania, zakresy wysokości lotu, długotrwałość lotu, czas wykonania ataku/ ;
- zasięg ognia przeciwlotniczych zestawów rakietowych ;
- czas cyklu strzelania ;
- możliwość prowadzenia ognia w różnych warunkach atmosferycznych ;
- możliwości wykrywania celów powietrznych ;
- niezawodność działania.

Lotnictwo myśliwskie i wojska rakietowe /szczególnie lotnictwo myśliwskie/ mają ograniczone możliwości pod względem samodzielnego wykrywania celów powietrznych.

Jest to główna przyczyna uzależnienia przestrzeni i czasu bojowego oddziaływania tych środków walki od możliwości podsystemu dowodzenia.

Wymiernymi wskaźnikami charakteryzującymi możliwości podsystemu dowodzenia /w tym rozpoznania radiolokacyjnego/ mogą być :

- zasięg i dokładność informacji radiolokacyjnej o celach powietrznych ;
- czas opóźnienia w przetwarzaniu i przesyłaniu informacji ;
- czas podejmowania decyzji dotyczącej zniszczenia celu

powietrznego ;

- czas cyklu naprowadzania samolotów myśliwskich na cel powietrzny ;
- przepustowość informacyjna podsystemu ;
- czas trwania pełnego cyklu dowodzenia 1/.

Cykl dowodzenia możemy podzielić na dwa etapy :

1. Etap podejmowania decyzji i stawiania zadań bojowych /lotnictwu myśliwskiemu i wojskom rakietowym/, dotyczących niszczenia SNP nieprzyjaciela.
2. Etap realizacji postawionych zadań bojowych /wypracowanie danych do strzelania przeciwlotniczymi pociskami kierowanymi, naprowadzanie samolotów myśliwskich na cele powietrzne/.

Etap pierwszy, w odniesieniu do lotnictwa myśliwskiego, obejmuje wszystkie czynności od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu startu samolotów myśliwskich dyżurujących na lotnisku lub rozpoczęcia naprowadzania samolotów dyżurujących w powietrzu.

Etap drugi obejmuje wszystkie czynności od momentu startu /rozpoczęcia naprowadzania/ do momentu wprowadzenia samolotów myśliwskich do walki.

- -

1/ Obejmuje proces podejmowania i realizacji decyzji dotyczących niszczenia celów powietrznych w trakcie odpierania nalotów SNP nieprzyjaciela.

Jeżeli moment wykrycia celu powietrznego /t_o/ przyjmiemy jako początek cyklu dowodzenia, to aktywne środki obrony mogą być wprowadzone do walki w momencie t_k, który możemy określić z zależności :

$$t_k = t_o + T_c \qquad 1.5$$

gdzie : T_c - czas trwania pełnego cyklu dowodzenia.

Czas trwania pełnego cyklu dowodzenia jest równy :

$$T_c = T_d + T_r \qquad 1.6$$

gdzie : T_d - czas podejmowania decyzji i stawiania zadań bojowych ;

T_r - czas realizacji postawionych zadań bojowych.

Wobec tego :

$$t_k = t_o + T_d + T_r \qquad 1.7$$

Im wcześniej nastąpi wykrycie celu powietrznego oraz im krótszy jest czas cyklu dowodzenia, tym większym czasem dysponują aktywne środki obrony na prowadzenie walki.

Czas na prowadzenie walki /T_w/ powinien zapewnić użycie takiej ilości aktywnych środków obrony, która zapewnia niszczenie celów powietrznych z wymaganym prawdopodobieństwem.

Istotne jest również, aby aktywne środki obrony zakończyły walkę /zniszczyły cel/ przed wykonaniem zadania przez nieprzyjaciela powietrznego tzn. przed zaatakowaniem obiektu.

Jeżeli wyznaczymy wartość czasu T_w, to możemy określić moment zakończenia walki /t_z/ przez aktywne środki obrony z następującej zależności :

$$t_z = t_o + T_c + T_w \qquad 1.8$$

Zasięg wykrywania celów powietrznych oraz czas cyklu dowodzenia są zasadniczymi wskaźnikami charakteryzującymi możliwości podsystemu dowodzenia i mają decydujący wpływ na stopień wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych pod względem przestrzeni i czasu działania.

Lotnictwo myśliwskie i wojska rakietowe charakteryzują się odmiennymi właściwościami bojowymi. Ich możliwości bojowe zmieniają się w zależności od warunków działań /warunki atmosferyczne, wysokość, zakłócenia, pora doby itp./. Nie zawsze możemy wykorzystać obydwa środki obrony do zwalczania celów powietrznych w tym samym miejscu i czasie. Często konieczne jest dokonywanie wyboru jednego z nich. Jest to jeden z czynników, który ogranicza pełne wykorzystanie potencjalnych możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych.

Właściwy podział zadań aktywnych środków obrony, w zależności od warunków działań, z takim wyliczeniem, aby w maksymalnym stopniu wykorzystać potencjalne możliwości bojowe każdego z nich, jest jednym z podstawowych problemów rozwiązywanych przez sztab korpusu OPK podczas planowania obrony.

Metody oceny efektywności wykorzystania sił i środków korpusu powinny być metodami kompleksowymi, opartymi na podejściu systemowym, które zapewnia uwzględnienie wszystkich elementów i czynników mających wpływ na efektywność bojową

całego systemu.

Wskaźniki efektywności, z punktu widzenia maksymalizacji skuteczności systemu przy posiadanych siłach i środkach, powinny umożliwiać /ułatwiać/ sztabom korpusów OPK rozwiązywanie głównych problemów występujących podczas planowania działań bojowych.

Do głównych problemów planowania działań bojowych w korpusie OPK można zaliczyć :

- poszukiwanie sposobów zwiększenia efektywności podsystemu dowodzenia w aspekcie pełniejszego wykorzystania potencjalnych możliwości aktywnych środków obrony ;
- wybór najbardziej uzasadnionych wariantów użycia aktywnych środków obrony w odniesieniu do aktualnych możliwości podsystemu dowodzenia ;
- wybór wariantów współdziałania aktywnych środków obrony w aspekcie maksymalnego wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych każdego z tych środków.

Proponowana w pracy metoda obejmuje zespół wskaźników, charakteryzujących czasowo-przestrzenne możliwości zwalczania środków napadu powietrznego przez lotnictwo myśliwskie korpusu OPK,z uwzględnieniem możliwości zabezpieczenia jego działań bojowych przez siły i środki podsystemu dowodzenia, a w szczególności przez wojska radiotechniczne.

1.2. Kryteria oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK.

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem charakteryzującym

skuteczność bojową lotnictwa myśliwskiego jest oczekiwana wartość liczby zniszczonych środków napadu powietrznego, którą można określić z następującej zależności :

$$M = \sum_{j=1}^{J} M_{Ej} \cdot P_{Ej} \qquad 1.9$$

gdzie : J - możliwa ilość oddziaływań samolotów myśliwskich;

M_E - oczekiwana ilość zniszczonych SNP w jednym oddziaływaniu ;

P_E - prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia, jakim jest oddziaływanie na cel powietrzny.

Przez jedno oddziaływanie należy rozumieć rozegranie walki powietrznej /wykonanie zbliżenia i ataku/ przez grupę samolotów myśliwskich /pojedynczy samolot/ wydzieloną do zniszczenia celu powietrznego.

Oczekiwaną ilość SNP zniszczonych w jednym oddziaływaniu możemy określić z zależności :

$$M_E = n_s \cdot P_s \qquad 1.10$$

gdzie : n_s - ilość samolotów myśliwskich typu s, wydzielona do zniszczenia celu powietrznego /wykonujących jedno oddziaływanie/ ;

P_s - średnie prawdopodobieństwo zniszczenie środka napadu powietrznego przez samolot myśliwski typu s w jednym oddziaływaniu.

Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia, jakim jest oddziaływanie na cel powietrzny /zaatakowanie celu/ zależy od

wielu czynników. Do najważniejszych z nich możemy zaliczyć prawdopodobieństwo wykrycia celu powietrznego /P_w/ oraz prawdopodobieństwo naprowadzenia /P_n/ samolotów myśliwskich na cel powietrzny /nie rozpatruje się samodzielnego poszukiwania i zwalczania celów powietrznych przez pilotów samolotów myśliwskich/.

$$P_E = P_w \cdot P_n \qquad 1.11$$

Jeżeli założymy oczekiwaną wartość liczby zniszczonych środków napadu powietrznego w jednym oddziaływaniu /M_E/ oraz prawdopodobieństwa oddziaływania /P_E/, to rezultat działań bojowych będzie zależny od ilości oddziaływań samolotów myśliwskich.

Do zasadniczych czynników mających wpływ na możliwą ilość oddziaływań samolotów myśliwskich na cele powietrzne możemy zaliczyć :

- warunki lotu i rubieże wykonania zadania przez środki napadu powietrznego nieprzyjaciela /zasięg środków rażenia/ ;
- położenie obiektów obrony ;
- położenie lotnisk /stref dyżurowania/ względem obiektów obrony ;
- czas realizacji cyklu dowodzenia ;
- czasowo-przestrzenne możliwości samolotów myśliwskich ;
- położenie radiolokacyjnych posterunków wykrywania i naprowadzania ;
- zasięg wykrywania oraz dokładność określania położenia

i charakterystyk celów powietrznych ;

- dokładność naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne.

Zależność ilości oddziaływań samolotów myśliwskich od powyższych czynników możemy rozpatrzyć na prostym przykładzie, w którym uwzględniono jeden cel powietrzny, jeden obiekt obrony, jedno lotnisko, jeden radiolokacyjny posterunek /RLP/ oraz jeden punkt naprowadzania /rys. 1.1/.

Cel powietrzny /b_1/ wykonuje lot z określoną prędkością i wysokością /V_1, H_1/, z zamiarem zniszczenia obiektu /O_1/. Ze względu na stosowane środki rażenia obiekt może być zaatakowany w momencie dolotu celu powietrznego do rubieży wykonania zadania /RWZ_1/ w punkcie P.

Możemy więc przyjąć, że samoloty myśliwskie muszą zakończyć oddziaływanie /zniszczyć cel/ przed dolotem celu powietrznego do punktu P.

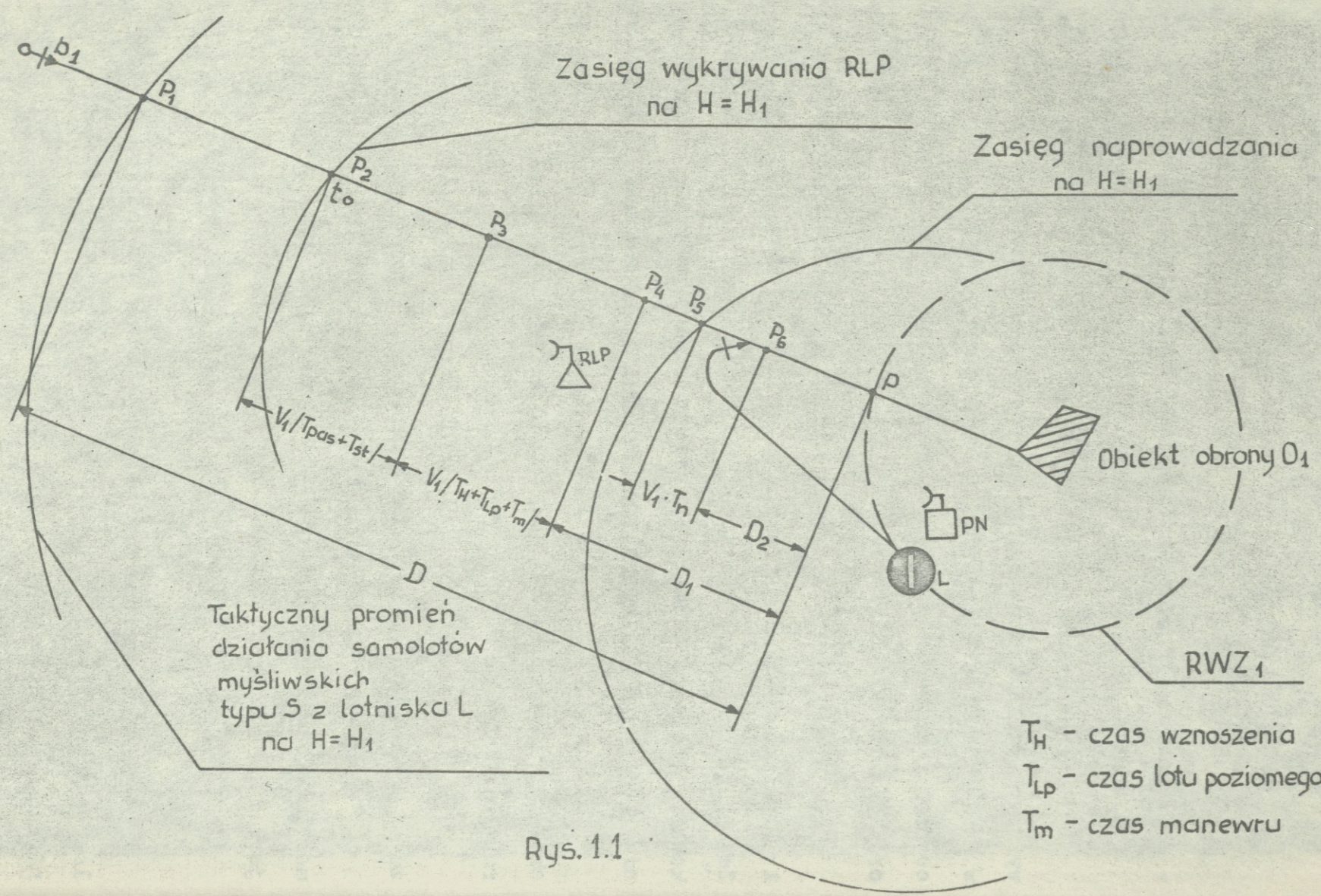
Na lotnisku L bazuje n samolotów myśliwskich typu s, dyżurujących w gotowości bojowej nr 1.

Ze względu na potencjalne możliwości samolotów myśliwskich mogą one oddziaływać na cel powietrzny b_1 na odcinku trasy jego lotu /D/ ograniczonym punktami P_1 i P, w czasie T_1 :

$$T_1 = \frac{D}{V_1} \qquad 1.12$$

Warunkiem rozpoczęcia oddziaływania /wprowadzenia samolotów do walki/ jest wykrycie celu przez wojska radiotechniczne oraz zrealizowanie cyklu dowodzenia.

Cel powietrzny /b_1/ może być wykryty przez RLP najwcześniej


a
b1
P1
P2
to
P3
P4
P5
P6
P
RLP
X
Zasięg wykrywania RLP
na H = H1
Zasięg naprowadzania
na H = H1
V1/Tpas+Tst/
V1/TH+TLp+Tm/
V1·Tn
D2
D1
D
PN
L
Obiekt obrony O1
RWZ1
Taktyczny promień
działania samolotów
myśliwskich
typu S z lotniska L
na H = H1
TH - czas wznoszenia
TLp - czas lotu poziomego
Tm - czas manewru

Rys. 1.1

w momencie t_o, w punkcie P_2.

Samoloty myśliwskie z lotniska L mogą wystartować na przechwycenie celu po czasie T_I :

$$T_I = T_{pas} + T_{st} \qquad 1.13$$

gdzie : T_{pas} - czas od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu startu samolotów myśliwskich na przechwycenie ;

T_{st} - czas wykonania startu samolotów myśliwskich z odpowiedniego stopnia gotowości bojowej /licząc od momentu wydania komendy startu/.

Czas pasywny /T_{pas}/ możemy określić z zależności :

$$T_{pas} = T_o + T_d \qquad 1.14$$

gdzie : T_o - czas opracowania i przekazania informacji o celu b_1 od RLP do stanowiska dowodzenia lotnictwem myśliwskim ;

T_d - czas podjęcia i przekazania decyzji dotyczącej zniszczenia celu powietrznego /włącznie z wydaniem komendy startu samolotów myśliwskich/.

W momencie startu samolotów myśliwskich cel znajdzie się w punkcie P_3.

Znając możliwości samolotów myśliwskich /prędkość wznoszenia, prędkość lotu poziomego, czas wykonania manewru/ możemy określić najwcześniejszy moment rozpoczęcia oddziaływania /punkt P_4/.

Ze względu na moment wykrycia /t_o/ oraz czas T_I samoloty myśliwskie z lotniska L mogą oddziaływać na cel powietrzny b_1 na odcinku trasy jego lotu /D_1/ ograniczonym punktami P_4 i P, w czasie /T_2/ :

$$T_2 = \frac{D_1}{V_1} \qquad 1.15$$

Łatwo jednak zauważyć, że w założonej sytuacji nie ma możliwości zrealizowania naprowadzania samolotów myśliwskich do momentu dolotu celu powietrznego b_1 do punktu P_4.

Nawigator może bowiem rozpocząć naprowadzanie najwcześniej w momencie dolotu celu powietrznego do punktu P_5. Naprowadzenie może być zrealizowane najwcześniej po czasie /T_n/ zapewniającym wykonanie następujących czynności przez nawigatora-operatora i pilota /pilotów/:

- wykrycie i zidentyfikowanie celu i myśliwców przez nawigatora-operatora ;
- określenie /obliczenie/ warunków manewru samolotu myśliwskiego w celu wyprowadzenia go w dogodne położenie do rozpoczęcia zbliżania /oddziaływania/ ;
- wykonanie manewru przez pilota.

Ze względu na zasięg oraz niezbędny czas realizacji naprowadzania /T_n/ samoloty myśliwskie z lotniska L mogą oddziaływać na cel powietrzny b_1 na odcinku trasy jego lotu /D_2/ ograniczonym punktami P_6 i P, w czasie T_3 :

$$T_3 = \frac{D_2}{V_1} \qquad 1.16$$

Znając czas, jakim dysponują samoloty myśliwskie na prowadzenie walki /T_3/ możemy określić możliwą ilość oddziaływań /E/ na dany cel powietrzny z następującej zależności :

$$E = \frac{T_3}{T_4} \qquad 1.17$$

gdzie : T_3 - możliwy czas oddziaływania ;

T_4 - czas jednego oddziaływania.

Przyjęto, że cel powietrzny jest to grupa środków napadu powietrznego /pojedynczy SNP/ nieprzyjaciela, która ze względu na zdolności rozdzielcze stacji radiolokacyjnych jest obserwowana jako oddzielny obiekt powietrzny.

Biorąc pod uwagę sposoby i możliwości wykonywania ataków w grupowej walce powietrznej założono, że na jeden cel powietrzny, w tym samym czasie, może oddziaływać tylko jedna grupa samolotów myśliwskich.

Wielkość czasu jednego oddziaływania możemy określić dla dwóch zasadniczych przypadków.

1. Bez uwzględnienia dokładności naprowadzania /czas T_4/.

2. Z uwzględnieniem dokładności naprowadzania /czas T_4'/.

W pierwszym przypadku jest to minimalny czas, zapewniający rozegranie walki powietrznej /wykonanie zbliżania i ataku/, ze względu na właściwości uzbrojenia samolotu myśliwskiego.

W drugim przypadku uwzględnia się głównie wpływ dokładności określania położenia celu powietrznego na wskaźnikach stacji radiolokacyjnych na dokładność naprowadzania, a tym samym na czas jednego oddziaływania.

Podobnie jak w odniesieniu do czasów oddziaływania /T_1, T_2, T_3/ możliwą ilość oddziaływań określamy do trzech przypadków :

1. $E_1 = \frac{T_1}{T_4}$
2. $E_2 = \frac{T_2}{T_4}$ 1.18
3. $E_3 = \frac{T_3}{T_4}$

Ilość oddziaływań względem danego celu powietrznego, przy stałym położeniu obiektu, jest zależna od wielu czynników, które możemy podzielić na trzy grupy :

- ugrupowanie i możliwości samolotów myśliwskich /czas startu, wznoszenia, prędkość lotu, czas manewru/ ;
- ugrupowanie i możliwości posterunków wykrywania i naprowadzania /moment wykrycia celu i zasięg oraz dokładność naprowadzania/ ;
- czas realizacji poszczególnych czynności cyklu dowodzenia.

Załóżmy, że czas realizacji poszczególnych czynności cyklu dowodzenia, w danych warunkach, jest stały. Wobec tego możemy przyjąć, że :

- wartość E_1 jest wskaźnikiem charakteryzującym potencjalne możliwości oddziaływania samolotów myśliwskich na cel b_1 ;
- wartość E_2 jest wskaźnikiem charakteryzującym możliwości oddziaływania samolotów myśliwskich na cel powietrzny z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej /zasięg wykrywania/ ;

- wartość E_3 jest wskaźnikiem charakteryzującym możliwości oddziaływania samolotów myśliwskich na cel b_1 z uwzględnieniem ogólnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej /zasięg i dokładność naprowadzania/.

Znając skuteczność bojową samolotów myśliwskich /prawdopodobieństwo zniszczenia SNP/ możemy określić potrzebną ilość oddziaływań /q/, zapewniającą zniszczenie celu powietrznego z wymaganym /założonym/ prawdopodobieństwem.

Przyjęto, że lotnictwo myśliwskie wykona w pełni zadanie, jeżeli możliwa ilość oddziaływań /E/ jest równa potrzebnej /q/.

Na tej podstawie możemy przyjąć, że podstawowymi wskaźnikami charakteryzującymi stopień wykonania zadania, w zależności od możliwości lotnictwa myśliwskiego i wojsk radiotechnicznych, są :

1. Stosunek /e_1/ początkowej ilości grup samolotów myśliwskich /I/ do potrzebnej ilości oddziaływań /q/.

$$e_1 = \frac{I}{q} \qquad I = \frac{n_s}{n} \qquad 1.19$$

gdzie : n_s - ilość samolotów myśliwskich wydzielonych do wykonania zadania ;

n - ilość samolotów myśliwskich wykonujących jedno oddziaływanie.

Wskaźnik e_1 charakteryzuje możliwość wykonania zadania ze względu na ilość samolotów myśliwskich.

2. Stosunek /e_3/ możliwej ilości oddziaływań /E/ do ilości grup samolotów myśliwskich /I/ wydzielonych do wykonania zadania.

$$e_3 = \frac{E}{I} \qquad 1.20$$

Wskaźnik e_3 charakteryzuje stopień wykorzystania samolotów myśliwskich wydzielonych do wykonania zadania.

3. Stosunek możliwej /E/ do potrzebnej /q/ ilości oddziaływań samolotów myśliwskich.

a. $e_2^I = \frac{E_1}{q}$, gdzie: $E_1 \leqslant q$ 1.21

Wskaźnik e_2^I charakteryzuje możliwy do osiągnięcia stopień wykonania zadania ze względu na potencjalne możliwości samolotów myśliwskich.

b. $e_2^{II} = \frac{E_2}{q}$, gdzie: $E_2 \leqslant q$ 1.22

Wskaźnik e_2^{II} charakteryzuje możliwy do osiągnięcia stopień wykonania zadania z uwzględnieniem wpływu ogólnej informacji radiolokacyjnej na czasowo-przestrzenne możliwości lotnictwa myśliwskiego.

c. $e_2^{III} = \frac{E_3}{q}$, gdzie: $E_3 \leqslant q$ 1.23

Wskaźnik e_2^{III} charakteryzuje możliwy do osiągnięcia stopień wykonania zadania z uwzględnieniem wpływu ogólnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej na czasowo-przestrzenne możliwości lotnictwa myśliwskiego.

Przyjęto, że zadaniem wojsk radiotechnicznych jest zapewnienie pełnego wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego.

Zabezpieczenie radiolokacyjne jest więc pełne wówczas, kiedy możliwa ilość oddziaływań z uwzględnieniem informacji radiolokacyjnej /E_2, E_3/ jest równa możliwej ilości oddziaływań ze względu na potencjalne możliwości samolotów myśliwskich /E_1/.

Na tej podstawie możemy przyjąć, że podstawowymi wskaźnikami charakteryzującymi efektywność zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych lotnictwa myśliwskiego są :

1. Stosunek /X_1/ możliwej ilości oddziaływań z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej /E_2/ do możliwej ilości oddziaływań ze względu na potencjalne możliwości samolotów myśliwskich /E_1/

$$X_1 = \frac{E_2}{E_1}, \quad \text{gdzie: } E_1 \leqslant q, \quad E_2 \leqslant q \qquad 1.24$$

Wartość X_1 przyjmujemy jako wskaźnik efektywności wykorzystania /stopień wykorzystania/ potencjalnych możliwości lotnictwa myśliwskiego, który jest jednocześnie wskaźnikiem efektywności zabezpieczenia jego działań bojowych pod względem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

2. Stosunek /X_2/ możliwej ilości oddziaływań z uwzględnieniem ogólnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej /E_3/ do możliwej ilości oddziaływań ze względu na potencjalne możliwości samolotów myśliwskich /E_1/.

$$X_2 = \frac{E_3}{E_1}, \quad \text{gdzie: } E_1 \leqslant q \quad E_3 \leqslant q \qquad 1.25$$

Wartość X_2 przyjmujemy jako wskaźnik efektywności wykorzystania /stopień wykorzystania/ potencjalnych możliwości lotnictwa myśliwskiego, który jest jednocześnie wskaźnikiem efektywności zabezpieczenia jego działań bojowych pod względem ogólnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej.

1.3. Sformułowanie problemu.

Dany jest rejon, w którym rozmieszczone są siły i środki korpusu OPK o znanym składzie i możliwościach bojowych. Zadaniem sił i środków jest obrona obiektów przed rozpoznaniem i uderzeniami środków napadu powietrznego nieprzyjaciela. Jednostkami, które wchodzą w skład korpusu OPK są :

1. Oddziały lotnictwa myśliwskiego /L/.
2. Związki taktyczne /oddziały/ artylerii rakietowej.
3. Oddziały /pododdziały/ artylerii lufowej.
4. Broń strzelecka.
5. Oddziały /pododdziały/ przeciwdziałania radioelektronicznego.
6. Związek taktyczny wojsk radiotechnicznych /WRT/.

Przedmiotem rozważań niniejszej pracy są jednostki wymienione w punktach 1 i 6.

Jako podstawową jednostkę taktyczną LM w korpusie OPK przyjmuje się dwueskadrowy pułk lotnictwa myśliwskiego /plm/, prowadzący działania bojowe z dwóch lotnisk.

Pułk lotnictwa myśliwskiego /L/ w czasie odpierania

nalotu na możliwość oddziaływania na SNP nieprzyjaciela w określonej przestrzeni /V_L/, w zależności od sposobu działań bojowych :

1. V_L - jeżeli zwalczanie SNP odbywa się z dyżurowania na lotniskach.

2. V_L' - jeżeli zwalczanie SNP odbywa się z dyżurowania w powietrzu w wyznaczonych /wybranych/ strefach.

Wielkość przestrzeni oddziaływania bojowego LM korpusu OPK jest zależna od ugrupowania i sposobów działań tego lotnictwa, możliwości bojowych samolotów myśliwskich, ugrupowania i możliwości środków zabezpieczających dowodzenie samolotami myśliwskimi oraz od parametrów taktyczno-technicznych nalotu SNP nieprzyjaciela.

Głównym źródłem informacji zapewniającej podejmowanie decyzji o zwalczaniu celów powietrznych oraz kierowanie samolotami myśliwskimi w powietrzu są wojska radiotechniczne.

W pracy zakłada się, że decyzje o zwalczaniu celów powietrznych podejmowane są na SD korpusu OPK, a kierowanie samolotami myśliwskimi w powietrzu podczas przechwytywania celów powietrznych odbywa się z punktów naprowadzania /k/.

Wojska radiotechniczne są więc rozpatrywane pod względem możliwości zabezpieczenia SD korpusu w ogólną informację radiolokacyjną i punktów naprowadzania w dokładną informację radiolokacyjną.

Jednostką wojsk radiotechnicznych, która zabezpiecza działania bojowe aktywnych środków obrony korpusu OPK jest

brygada radiotechniczna.

W skład brygady wchodzą pododdziały radiotechniczne /bataliony i kompanie/, które posiadanymi siłami i środkami organizują posterunki radiolokacyjne /RLP/. Zadaniem posterunków radiolokacyjnych jest wykrywanie, śledzenie i określanie charakterystyk obiektów powietrznych.

Informacja o obiektach powietrznych wykrytych przez RLP jest przetwarzana i przesyłana do SD korpusu OPK, jako ogólna informacja radiolokacyjna i stanowi podstawę do podejmowania decyzji dotyczącej użycia samolotów myśliwskich do zwalczania SNP nieprzyjaciela.

Część RLP przekazuje informację o obiektach powietrznych do punktów naprowadzania jako dokładną informację radiolokacyjną.

Na obiekty położone w rejonie obrony korpusu OPK mogą oddziaływać cele powietrzne o różnym składzie i możliwościach bojowych, stosujące różną taktykę działania.

Z reguły spotykamy się z sytuacją polegającą na tym, że ilość i możliwości środków obrony nie zapewniają zniszczenia wszystkich środków napadu powietrznego. Należy więc tak zaplanować działania bojowe, aby zapewnić zniszczenie tych SNP nieprzyjaciela, które stanowią największe zagrożenie dla bronionych obiektów i w stosunku do których IM ma największe możliwości.

Przyjmujemy, że SNP nieprzyjaciela są na bieżąco charakteryzowane przez chwilowe zbiory danych w oparciu o wcześniej opracowany lub założony przez sztab korpusu OPK model nalotu.

Przyjmujemy również, że możliwości bojowe LM i brygady radiotechnicznej są na bieżąco charakteryzowane przez chwilowe zbiory danych, które obejmują :

- dane o ugrupowaniu, wyposażeniu i możliwościach sił i środków LM i brygady radiotechnicznej opracowane przed nalotem ;
- dane o możliwościach wszystkich posterunków radiolokacyjnych względem każdego celu powietrznego ;
- dane o możliwościach wszystkich punktów naprowadzania względem każdego celu powietrznego ;
- dane o możliwościach oddziaływania z wszystkich lotnisk /stref dyżurowania/ względem każdego celu powietrznego.

Zadanie polega na dokonaniu takiego przydziału samolotów myśliwskich z poszczególnych lotnisk /stref dyżurowania/ do zwalczania SNP nieprzyjaciela, aby zapewnić zniszczenie jak największej liczby najważniejszych celów powietrznych.

Tak sformułowany problem można zapisać w postaci funkcji :

$$\max F = \sum_{i=1}^{I} \sum_{a=1}^{A} \sum_{j=1}^{J} X_{i,a,j} \cdot \sigma_{i,a,j} \qquad 1.26$$

gdzie : I, A, J - ilość lotnisk, punktów naprowadzania, celów powietrznych ;

i, a, j - numer lotniska, punktu naprowadzania, celu powietrznego ;

$X_{i,a,j}$ - wartość przydziału ;

$\sigma_{i,a,j}$ - współczynnik efektywności, który uwzględnia ważność celu oraz ważność oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska.

Wartość przydziału, w oparciu o przyjęte kryterium oceny /ilość oddziaływań/, charakteryzuje możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK względem założonego wariantu nalotu SNP nieprzyjaciela.

Problem można rozwiązać przez algorytmizację następujących czynności :

1. Zbieranie danych o możliwościach LM i BRT /przed nalotem/.
2. Zbieranie danych o SNP nieprzyjaciela.
3. Bieżąca analiza możliwości BRT w zakresie wykrywania i prowadzenia celów powietrznych.
4. Bieżąca analiza możliwości punktów naprowadzania.
5. Bieżąca analiza możliwości bojowego oddziaływania LM na SNP nieprzyjaciela.
6. Przydział samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych oraz zobrazowanie wyników obliczeń .

Algorytmizacja czynności związanych ze zbiorem informacji o możliwościach LM i BRT /przed nalotem/ obejmuje :

- zbiór danych o ugrupowaniu, wyposażeniu i stopniach gotowości bojowej RLP ;
- zbiór danych o możliwościach stacji radiolokacyjnych ;
- zbiór danych o możliwościach punktów naprowadzania ;
- zbiór danych o ugrupowaniu, wyposażeniu i gotowości bojowej LM ;
- zbiór danych o możliwościach samolotów myśliwskich.

Algorytmizacja czynności związanych ze zbieraniem danych

o SNP nieprzyjaciela obejmuje :

- określanie położenia, kierunku, prędkości i wysokości lotu oraz składu celów powietrznych ;
- określenie rodzaju i zakresu stosowanych zakłóceń ;
- określenie ważności celów powietrznych w zależności od składu, kierunku lotu do obiektu i ważności obiektu.

Algorytmizacja czynności związanych z bieżącą analizą możliwości BRT obejmuje :

- określanie odległości i czasu wykrywania celów powietrznych przez stacje radiolokacyjne ;
- określanie charakterystyk celów powietrznych ;
- określanie czasu opóźnienia informacji radiolokacyjnej.

Możliwości BRT określa się dla przypadku, gdy przeciwnik nie stosuje zakłóceń oraz w warunkach stosowania zakłóceń.

Algorytmizacja czynności związanych z bieżącą analizą możliwości punktów naprowadzania obejmuje :

- określanie czasu przebywania celu powietrznego w zasięgu punktu naprowadzania ;
- określenie możliwości punktu naprowadzania w zakresie ilości jednoczesnych naprowadzeń ;
- określanie ważności punktu naprowadzania względem danego celu powietrznego.

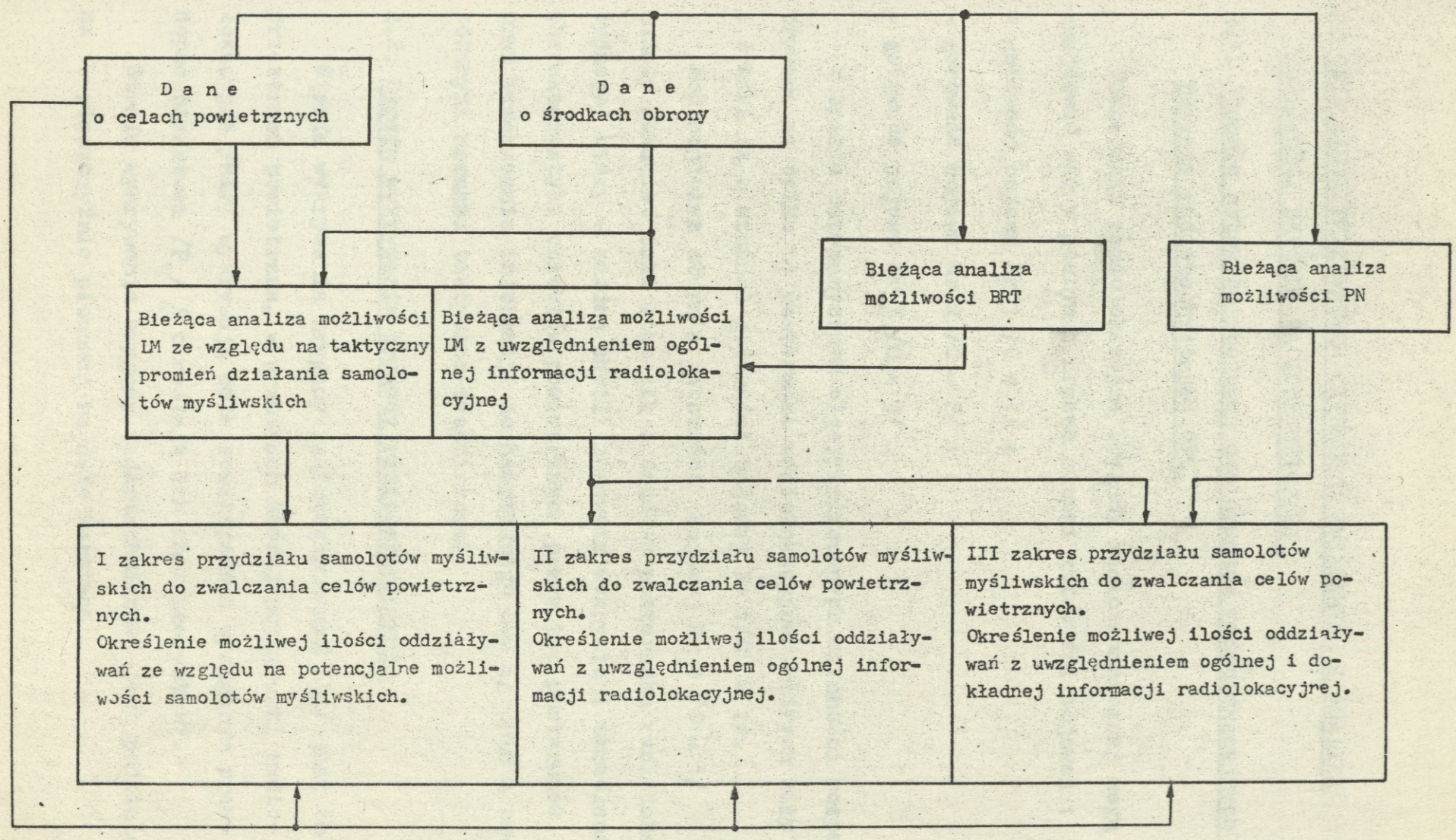
Algorytmizacja czynności związanych z bieżącą analizą możliwości IM korpusu OPK obejmuje :

- określanie czasu i przestrzeni bojowego oddziaływania ze względu na taktyczny promień działania ;

- określanie czasu i przestrzeni bojowego oddziaływania ze względu na możliwości środków wykrywania i dowodzenia ;
- określanie zdolności samolotów myśliwskich do wykonania zadania w zależności od warunków lotu celu powietrznego ;
- określanie czasu jednego oddziaływania w zależności od dokładności naprowadzania ;
- określanie potrzebnej ilości oddziaływań w zależności od możliwości samolotów myśliwskich i składu celu ;
- określanie ważności oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska /strefy dyżurowania/ na dany cel powietrzny.

Rozwiązanie zadania przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych oparto o metodę transportową z zastosowaniem algorytmu Forda-Fulkersona.

Ogólną budowę algorytmu oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK przedstawia rys. 1.2.


Dane
o celach powietrznych
Dane
o środkach obrony
Bieżąca analiza możliwości BRT
Bieżąca analiza możliwości PN
Bieżąca analiza możliwości LM ze względu na taktyczny promień działania samolotów myśliwskich
Bieżąca analiza możliwości LM z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej
I zakres przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych.
Określenie możliwej ilości oddziaływań ze względu na potencjalne możliwości samolotów myśliwskich.
II zakres przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych.
Określenie możliwej ilości oddziaływań z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.
III zakres przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych.
Określenie możliwej ilości oddziaływań z uwzględnieniem ogólnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej.

Rys. 1.2

2. OPIS ALGORYTMIZOWANYCH CZYNNOŚCI ZWIAZANYCH Z ANALIZĄ MOŻLIWOŚCI BRYGADY RADIOTECHNICZNEJ.

2.1. Stopnie gotowości bojowej posterunków radiolokacyjnych brygady radiotechnicznej OPK.

Posterunki radiolokacyjne brygady radiotechnicznej 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 algorytmizowanych czynności rozpatrywane są tylko te posterunki radiolokacyjne, których siły i środki są w stopniu gotowości bojowej Nr 1/G = 1/.

Pod pojęciem stopnia gotowości bojowej Nr 1 /G = 1/ należy rozumieć taki stan sił i środków posterunku radiolokacyjnego, który w każdej chwili zapewnia wykrycie i określenie charakterystyki obiektów powietrznych przez ten posterunek oraz przekazanie informacji do nadrzędnego SD, zgodnie z założonymi normami taktyczno-technicznymi.

2.2. Strefa wykrywania brygady radiotechnicznej.

Strefa wykrywania brygady radiotechnicznej /V_2/ jest to przestrzeń powietrzna, w granicach której posterunki radiolokacyjne /RLP/ wykrywają cele powietrzne z wymaganym prawdopodobieństwem /P_w/ i określają ich charakterystykę.

Strefa wykrywania brygady radiotechnicznej jest podzielona w płaszczyźnie pionowej na dwie warstwy.

Podział ten został podyktowany różnymi możliwościami wykrywania celów powietrznych przez stacje radiolokacyjne na wysokościach małych i dużych oraz dążeniem do zmniejszenia ilości informacji równoległej, napływającej do stanowiska dowodzenia brygady /pododdziałów/ radiotechnicznej.

Informacja równoległa obciąża dodatkowo kanały meldowania i osoby funkcyjne stanowiska dowodzenia, tym samym powoduje zwiększenie czasu analizy sytuacji powietrznej, co w rezultacie prowadzi do zwiększenia czasu opóźnienia informacji.

Pierwsza warstwa strefy wykrywania brygady radiotechnicznej jest to dolna część tej strefy, która od góry jest ograniczona wartością H_I. Natomiast od dołu jest ograniczona granicą strefy wykrywania brygady na małych wysokościach.

Druga warstwa strefy wykrywania brygady radiotechnicznej jest to górna część tej strefy, która od dołu jest ograniczona wartością H_{II}. Natomiast od góry jest ograniczona granicą strefy wykrywania brygady na dużych wysokościach.

Zgodnie z podziałem strefy wykrywania brygady na dwie warstwy, wyróżniamy dwa typy pododdziałów radiotechnicznych /kompanie radiolokacji i radiotechniczne/, które wykonują różne zadania w zakresie wysokości wykrywania celów powietrznych.

Kompanie radiolokacji prowadzą wykrywanie i określają pełną charakterystykę wykrytych celów powietrznych w I i II warstwie strefy wykrywania brygady.

Kompanie radiotechniczne prowadzą wykrywanie i określają pełną charakterystykę wykrytych celów powietrznych w I warstwie strefy wykrywania brygady.

Kompanie radiotechniczne uzupełniają więc informację przekazywaną przez kompanie radiolokacji danymi o sytuacji powietrznej na małych wysokościach.

2.3. Sektor wykrywania pododdziału brygady radiotechnicznej.

A. Kompanii radiolokacji.

Sektor wykrywania kompanii radiolokacji jest to wycinek I i II warstwy strefy wykrywania brygady, w granicach której RLP, organizowany siłami i środkami tej kompanii, wykrywa obiekty powietrzne z wymaganym prawdopodobieństwem i określa ich charakterystykę.

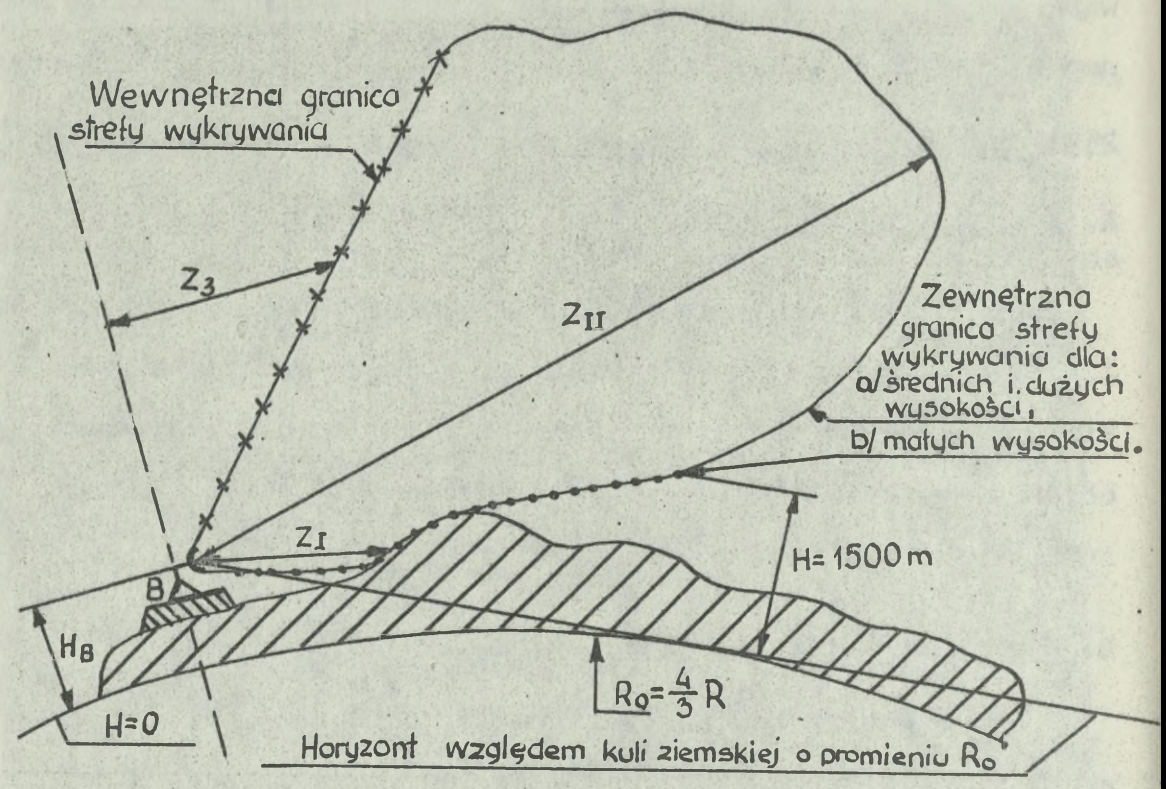
B. Kompanii radiotechnicznej.

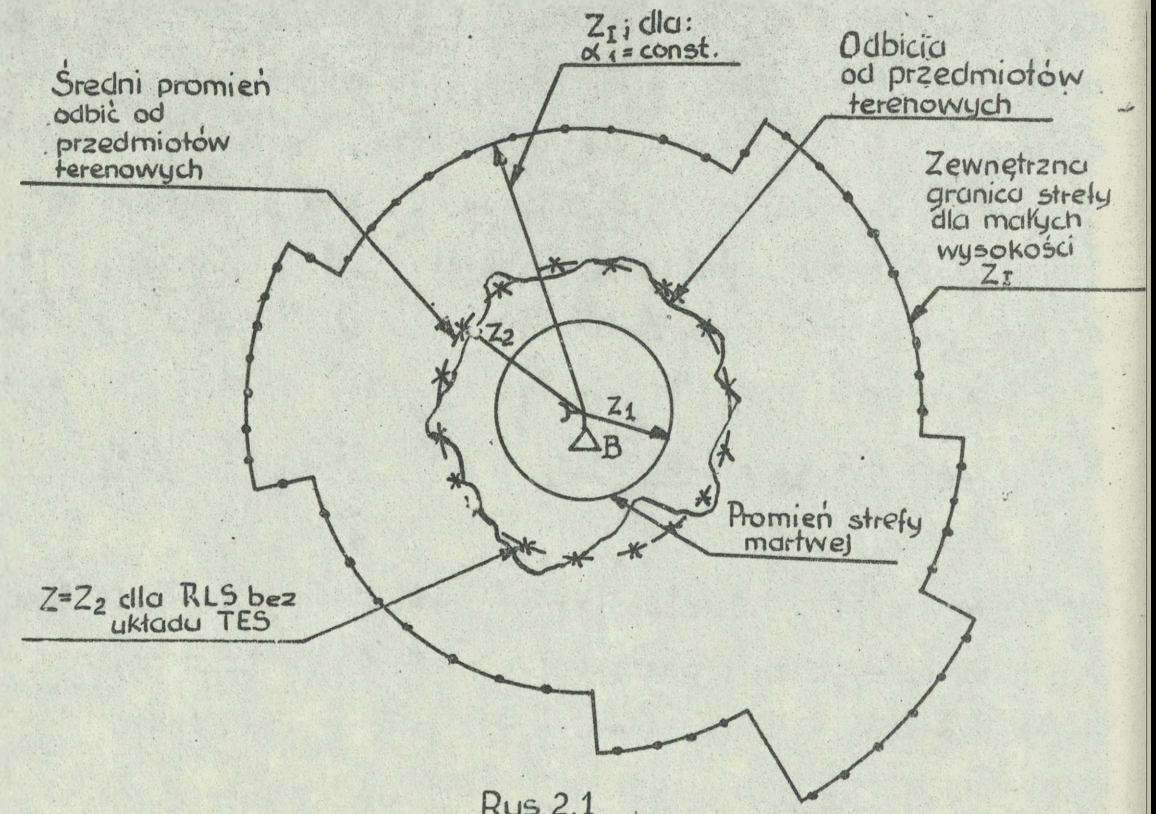
Sektor wykrywania kompanii radiotechnicznej jest to wycinek I warstwy strefy wykrywania brygady, w granicach której RLP, organizowany siłami i środkami tej kompanii, wykrywa obiekty powietrzne do odległości równej D_I z wymaganym prawdopodobieństwem i określa ich charakterystykę.

Sektor wykrywania RLP, organizowanego przez kompanię radiolokacji lub radiotechniczną, powstaje ze stref wykrywania stacji radiolokacyjnych /odległościomierzy i wysokościomierzy/, które są w wyposażeniu tego pododdziału.

2.4. Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza.

Strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza jest to wycinek przestrzeni powietrznej, w granicach którego za pomocą tej stacji można wykryć cel powietrzny


Wewnętrzna granica strefy wykrywania
Z_3
Z_{II}
Zewnętrzna granica strefy wykrywania dla:
a/ średnich i dużych wysokości,
b/ małych wysokości.
Z_I
H= 1500 m
B
H_B
H=0
$R_o=\frac{4}{3}R$
Horyzont względem kuli ziemskiej o promieniu R_o


Z_I i dla:
α_1 = const.
Odbicia od przedmiotów terenowych
Średni promień odbić od przedmiotów terenowych
Zewnętrzna granica strefy dla małych wysokości Z_I
Z_2
Z_1
B
Promień strefy martwej
$Z=Z_2$ dla RLS bez układu TES

Rys. 2.1

z wymaganym prawdopodobieństwem oraz określić jego przynależność i trzy współrzędne /azymut, odległość i wysokość/ — rys. 2.1.

Strefa ta powstaje przez obrót charakterystyk promieniowania stacji radiolokacyjnej i urządzenia rozpoznawczego[1/] wokół osi pionowej, w przedziale od 0^{o} do 360^{o}.

Objętość strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej jest zależna od parametrów jej charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie pionowej.

Charakterystyka promieniowania stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie pionowej jest określona zewnętrzną i wewnętrzną granicą strefy wykrywania.

2.4.1. Zewnętrzna granica strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza.

Zewnętrzna granica strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza jest to zbiór punktów w przestrzeni, oddalonych od tej stacji na odległość Z, gdzie prawdopodobieństwo /P_w/ wykrycia obiektu powietrznego powinno być równe lub większe od 0,5, czyli $P_w \geqslant 0{,}5$.

Odległość od stacji radiolokacyjnej /RLS/ do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji zależy od :

1. Parametrów technicznych stacji.
2. Warunków fizycznych atmosfery.

- -

1/ Wymiary strefy rozpoznania w płaszczyźnie pionowej i poziomej są większe lub równe strefie wykrywania RLS, dla obiektów powietrznych o powierzchni skutecznej $\sigma \leqslant 1 m^2$. W związku z tym, w dalszej części pracy będzie uwzględniana tylko strefa wykrywania RLS.

3. Charakterystyki promieniowania anteny stacji radiolokacyjnej w swobodnej przestrzeni.
4. Rzeźby terenu i kątów zakrycia oraz właściwości elektrycznych pozycji, na której jest rozwinięta stacja radiolokacyjna.
5. Wysokości zawieszenia elementu promieniującego stacji radiolokacyjnej.
6. Wysokości lotu celu powietrznego.
7. Skutecznej powierzchni odbicia celu powietrznego.
8. Założonego prawdopodobieństwa prawidłowego wykrycia celu powietrznego i prawdopodobieństwa fałszywego alarmu.

Wpływ powyższych czynników na wartość odległości od RLS do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji przedstawia następująca zależność :

$$Z = Z' \cdot F(\Theta) \cdot \phi(\Theta) \qquad 2.1$$

gdzie :

$F(\Theta)$ - jest to funkcja określająca charakterystykę kierunkową promieniowania anteny w płaszczyźnie pionowej dla swobodnej przestrzeni ;

$\phi(\Theta)$ - jest to funkcja interferencyjnego mnożnika Ziemi, uwzględniająca :

a/ rzeźbę terenu i kąty zakrycia pozycji, na której rozwinięta jest stacja radiolokacyjna ;

b/ wysokość zawieszenia elementu promieniującego RLS i wysokość lotu celu powietrznego, dla

której określamy wartość funkcji.

Z' - jest to maksymalna odległość od RLS do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji i zależy od :

a/ parametrów technicznych RLS ;

b/ skutecznej powierzchni odbicia celu powietrznego;

c/ założonego prawdopodobieństwa prawidłowego wykrycia i fałszywego alarmu.

Wielkość Z'określamy następującą zależnością :

$$Z' = \sqrt[4]{\frac{W \cdot g \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{16 \cdot \pi \cdot W^1}} \qquad 2.2$$

gdzie : W - moc w impulsie generowanych fal elektromagnetycznych ;

g - zysk kierunkowy anteny RLS ;

λ - długość generowanych fal elektromagnetycznych ;

σ - skuteczna powierzchnia odbicia celu powietrznego ;

W^1 - minimalna moc na wejściu odbiornika RLS, która zapewnia prawidłowe zobrazowanie odbitego echa celu powietrznego na ekranie tej stacji .

Wartość funkcji $\phi/\Theta/$ zależy, między innymi, od wysokości lotu celu powietrznego i wysokości zawieszenia elementu promieniującego RLS. Spowodowane jest to różnymi prawami rozchodzenia się fal elektromagnetycznych bezpośrednio w pobliżu powierzchni ziemi i w wyższych warstwach atmosfery. Dlatego też, przy obliczeniach odległości od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania, należy uwzględniać

istnienie dwóch charakterystycznych stref rozchodzenia się fal elektromagnetycznych, a mianowicie: strefy dyfrakcyjnej w przedziale małych wysokości /od 0 do 1500 m/ i strefy interferencyjnej w przedziale średnich i dużych wysokości /powyżej 1500 m/.

A. Obliczanie odległości od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji w przedziale małych wysokości.

Odległość od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji, w przedziale małych wysokości, zależy od maksymalnej odległości do zewnętrznej granicy strefy wykrywania /Z`/ i współczynnika tłumienia dyfrakcyjnego. Współczynnik tłumienia dyfrakcyjnego uwzględnia wpływ ziemi na rozchodzenie się fal elektromagnetycznych i zależy od długości fali roboczej stacji radiolokacyjnej, polaryzacji promieniowanej fali elektromagnetycznej, elektrycznych właściwości pozycji i wysokości zawieszenia elementu promieniującego oraz wysokości, dla których dokonujemy obliczeń.

Obliczenie odległości od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji, w przedziale małych wysokości, z uwzględnieniem współczynnika tłumienia dyfrakcyjnego, jest skomplikowane i pracochłonne. Dla celów praktycznych wielkość tej odległości /Z_I/ można określić według następującej zależności :

$$Z_I = 4{,}12 \cdot K_2 \left/ \sqrt{1 + \frac{R_o}{2H_b} \cdot \sin^2\alpha} - \sin\alpha \sqrt{\frac{R_o}{2H_b}} \right/ \cdot \left/ \sqrt{H_B} + \sqrt{H_b} \right/ \quad (2.3)$$

W zależności powyższej współczynnik K_2 uwzględnia wykorzystanie horyzontu radiowego przez stacje radiolokacyjną. Średnie wartości współczynnika K_2 przedstawione są w tabeli 2.1.

Tabela 2.1.

Typ RLS	P-12	P-14	P-15	P-15N	JAWOR M	JAWOR 2M	P-35	PRW-11-N	PRW-9
K_2	0,34	0,47	0,46	0,55	0,51	0,63	0,47	0,58	0,41

W zależności 2.3 człon o wyrażeniu :

$$\sqrt{1+\frac{R_o}{2H_b}\sin^2\alpha} - \sin\alpha\sqrt{\frac{R_o}{2H_b}}$$

uwzględnia wpływ kątów zakrycia na wartość odległości Z_I.

Kąty zakrycia $/\alpha/$ spowodowane są nierównościami terenu /pozycji/ wokół miejsca rozwinięcia stacji radiolokacyjnej.

Pozycja pod rozwinięcie stacji radiolokacyjnej powinna być wybrana w takim terenie, gdzie wartości kątów zakrycia $/\alpha/$ są zbliżone do zera owych.

Jednak w praktyce wybranie takiej pozycji jest niemożliwe, ze względu na ukształtowanie terenu, roślinność i zabudowę. Dlatego też, przy określaniu odległości Z_I należy uwzględniać kąty zakrycia $/\alpha/$ pozycji, które można obliczyć na podstawie przekrojów poprzecznych terenu wokół pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej lub dokonać ich pomiaru za pomocą teodolitu.

Określenie odległości Z_I dla kątów zakrycia zmieniających się w sposób ciągły, w przedziale azymutów od 0^o do 360^o, jest skomplikowane i pracochłonne. Dlatego też, dla celów praktycznych, określa się średni kąt zakrycia $/\alpha_1/$ dla danego przedziału azymutów i dla tej wartości kąta oblicza się odległości Z_I.

Średnią wielkość kąta zakrycia $/\alpha_1/$ można określić według następującej zależności :

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_{\beta_1} + \alpha_{\beta_2} + \ldots . \alpha_{\beta_i}}{i} \qquad 2.4$$

i = 1,2,3...I - ilość pomiarów kąta zakrycia.

Różnica pomiędzy maksymalną i minimalną wartością kątów zakrycia, występujących w danym przedziale azymutów, powinna spełniać następującą nierówność :

$$| \alpha_{\beta_i} - \alpha_{\beta_{i+1}} | \leqslant 5' \qquad 2.5$$

Maksymalna wartość różnicy kątów zakrycia /5'/ uwarunkowana jest tym, że odległość Z_I przy zmianie kątów zakrycia o 5' zmienia się około 10%, co dla celów praktycznych stanowi błąd możliwy do przyjęcia.

W zależności 2.3 człon o wyrażeniu $/\sqrt{H_B} + \sqrt{H_b}/$ uwzględnia wpływ bezwzględnej wysokości lotu obiektu powietrznego i wysokości zawieszenia elementu promieniującego anteny stacji radiolokacyjnej na odległość Z_I.

Wielkość H_B można określić według następującej zależności :

$$H_B = H_P + h_2 + h_1 \qquad 2.6$$

gdzie : H_P - bezwzględna wysokość pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej ;

h_2 - względna wysokość nasypu pod RLS ;

h_1 - względna wysokość zawieszenia elementu promieniującego RLS.

Natomiast wartość H_b wprowadzona jest w danych wejściowych o nalocie celów powietrznych.

Po wprowadzeniu średniej wartości kąta zakrycia $/\alpha_1/$ wyrażenie 2.3 przyjmie postać :

$$Z_I = 4{,}12 \cdot K_2 \left/ \sqrt{1 + \frac{R_o}{2H_b} \cdot \sin^2\alpha_1} - \sin\alpha_1 \sqrt{\frac{R_o}{2H_b}} \right/ \cdot \left/ \sqrt{H_B} + \sqrt{H_b} \right/ \qquad 2.7$$

B. Obliczenie odległości od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji w przedziale średnich i dużych wysokości.

Odległość od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji, w przedziale wysokości średnich i dużych, zależy od wartości Z´ i wartości funkcji $F/\Theta/$ oraz od sumarycznego współczynnika tłumienia energii elektromagnetycznej w atmosferze.

Powyższe wielkości są uwzględniane przy określaniu strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej przez zakład produkujący. Fabrycznie określona strefa wykrywania stacji radiolokacyjnej,

dla wysokości średnich i dużych, mało różni się od realnej strefy wykrywania tej stacji rozwiniętej na pozycji, przy założeniu, że :.

a/ nierówności pozycji /na której rozwinięta jest ta stacja radiolokacyjna/, w promieniu równym $\frac{I}{2}$ strefy Fresnela, spełniają następującą zależność :

$$\Delta h' \leq \frac{\lambda}{16 \cdot \sin\theta} \qquad 2.8$$

gdzie : $\Delta h'$ - względna nierówność terenu w promieniu $\frac{I}{2}$ strefy Fresnela ;

θ - kąt padania i odbicia fal elektromagnetycznych.

Wielkość promienia $\frac{I}{2}$ strefy Fresnela /ρ/ określamy z zależności :

$$\rho = 12 \left/ \frac{h_1 + h_2}{\lambda} \right/ \qquad 2.9$$

gdzie : h_1 - względna wysokość zawieszenia elementu promieniującego RLS ;

h_2 - względna wysokość nasypu pod RLS.

W związku z tym, że wartość kąta /θ/ padania i odbicia fal elektromagnetycznych jest różna w przedziale odległości od 0 do ρ, to sprawdzenie nierówności 2.8 wymagałoby wielu obliczeń. Dla celów praktycznych sprawdzenie wystarczy dokonać dla odległości równej ρ. W związku z tym, zależność 2.8 przyjmie postać :

$$\Delta h' \ll \frac{\lambda}{16 \cdot \sin\left[\frac{\lambda}{12\sqrt{h_1 + h_2}^2}\right]} \qquad 2.10$$

Wielkość $\Delta h'$ można określić z zależności :

$$\Delta h' = \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \ldots \Delta h_i}{i} \qquad 2.11$$

gdzie : i = 1,2,3...I - kolejne pomiary.

Wielkości Δh_i określa się na pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej do odległości równej ρ za pomocą teodolitu lub na podstawie przekrojów terenu, wykonanych na kierunkach największych nierówności.

b/ Kąt nachylenia terenu, na którym rozwinięta jest stacja radiolokacyjna zakresu "m lub dcm", nie powinien przekraczać wartości, przy której spełniony jest warunek :

$$\alpha_2 \leqslant 3^\circ \qquad 2.12$$

Wartość kąta nachylenia terenu /α_2/ można określić na podstawie przekrojów terenu wykonanych dla pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej.

Na podstawie praktycznych doświadczeń wojsk radiotechnicznych OPK można przyjąć, że każda pozycja rozwinięcia stacji radiolokacyjnej odpowiada wymogom w zakresie kątów nachylenia i nierówności terenu.

W związku z tym można przyjąć, że wartości odległości /z_{II}/ od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy

wykrywania tej stacji, w przedziale średnich i dużych wysokości, są równe wielkościom fabrycznym.

Wyniki obliczeń fabrycznych odległości Z_{II} są zestawione w formularzu technicznym stacji radiolokacyjnej, w postaci funkcji :

$$Z_{ij} = f/h_b/, \text{ dla określonego } P_w \text{ i } \sigma \qquad 2.13$$

gdzie : h_b - względna wysokość lotu celu powietrznego w stosunku do elementu promieniującego RLS.

Z powyższych rozważań wynika, że zbiór punktów położony na odległościach Z_I i Z_{II} od stacji radiolokacyjnej, w całym przedziale wysokości i azymutów od 0^o do 360^o, tworzy zewnętrzną granicę strefy wykrywania tej stacji.

2.4.2. Wewnętrzna granica strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej - odległościomierza.

Wewnętrzna granica strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej-odległościomierza jest to zbiór punktów w przestrzeni, oddalonych od tej stacji na odległość z, gdzie wykrycie celu powietrznego powinno być realizowane z prawdopodobieństwem $P_w \geqslant 0{,}5$.

Położenie wewnętrznej granicy strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej uzależnione jest od :

1. Parametrów technicznych stacji radiolokacyjnej.
2. Kształtu charakterystyki promieniowania stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie pionowej.

3. Nierówności terenu i kątów zakrycia pozycji, na której rozwinięta jest stacja radiolokacyjna.

Wpływ wyżej wymienionych czynników na położenie wewnętrznej granicy strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej zmienia się wraz ze zmianą wysokości lotu celu.
W przedziale małych wysokości na wartość odległości z decydujący wpływ wywiera wielkość promienia strefy martwej lub odbić od przedmiotów terenowych /dla stacji radiolokacyjnych, które nie są wyposażone w układy tłumienia ech stałych/.
Wartość promienia $/z_1/$ strefy martwej stacji radiolokacyjnej można określić według następującej zależności :

$$Z_1 = \frac{c}{2} /\tau + \tau'/ + \delta_{1W} \qquad 2.14$$

gdzie : τ - czas trwania impulsu fal elektromagnetycznych ;
τ' - czas dejonizacji zwieraków stacji radiolokacyjnej ;
δ_{1W} - zdolność rozdzielcza urządzenia wskaźnikowego stacji radiolokacyjnej w odległości ;
c - prędkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych.

Wielkość δ_{1W} można określić z zależności :

$$\delta_{1W} = 1{,}3 \cdot \frac{L_1}{l_1} c_1 \qquad 2.15$$

gdzie : L_1 - skala wskaźnika stacji radiolokacyjnej ;
l_1 - długość podstawy czasu wskaźnika ;
c_1 - średnica plamki świetlnej na ekranie wskaźnika.

Wartość promienia odbić od przedmiotów terenowych /z_2/ określa się doświadczalnie. Wartość ta zależy od typu stacji radiolokacyjnej, rzeźby pozycji i kąta ustawienia anteny. Dla celów praktycznych określa się średnią wartość promienia z_2 dla przedziału azymutów od 0^o do 360^o.

W przedziale wysokości dużych odległość z zależy od wielkości promienia stożka martwego, który na tych wysokościach ma większą wartość niż promień strefy martwej lub promień odbić od przedmiotów terenowych. Promień stożka martwego /z_3/ można określić według następującej zależności :

$$z_3 = h_b \cdot \operatorname{ctg} \varepsilon_2 \qquad 2.16$$

gdzie : h_b - względna wysokość lotu celu powietrznego ;

ε_2 - maksymalny kąt podniesienia charakterystyki promieniowania RLS.

Maksymalna wartość odległości ze zbioru $\{z_1, z_2, z_3\}$, w przedziale azymutów od 0^o do 360^o, określa położenie wewnętrznej granicy strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej na określonej wysokości /z/.

$$z = \max \{z_1, z_2, z_3\} \qquad 2.17$$

Wypadkowy zbiór punktów w przestrzeni położonych w stosunku do stacji radiolokacyjnej na odległościach Z i Z_I lub Z i Z_{II}, w przedziale azymutów od 0^o do 360^o, wyznacza granicę strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej, wewnątrz której prawdopodobieństwo wykrycia obiektu powietrznego jest większe lub równe 0,5.

Stacje radiolokacyjne rozwinięte na pozycjach kompanii radiotechnicznych mają ograniczone strefy wykrywania w płaszczyźnie pionowej górną granicą pierwszej warstwy /H_I/ i w płaszczyźnie poziomej maksymalną odległością wykrywania /D_I/. Wobec tego, strefę wykrywania stacji radiolokacyjnej, rozwiniętej na pozycji krt, określają zależności :

$$\left.\begin{aligned} Z &= \max\{Z_1, Z_2, Z_3\} \\ Z_I &\leqslant D_I \\ H_b &\leqslant H_I \end{aligned}\right\} \qquad 2.17a$$

2.5. Strefa wykrywania wysokościomierza radiolokacyjnego.

Strefa wykrywania wysokościomierza radiolokacyjnego jest to wycinek przestrzeni powietrznej, w granicach którego za pomocą tego wysokościomierza można wykrywać cele powietrzne z prawdopodobieństwem $P_w \geqslant 0{,}5$ i określać ich wysokość względną /rys. 2.2/.

Strefa ta powstaje w wyniku wahania charakterystyki promieniowania wysokościomierza w płaszczyźnie pionowej od E_1 min. do E_2 max. i obrót jej wokół osi pionowej od 0^o do 360^o.

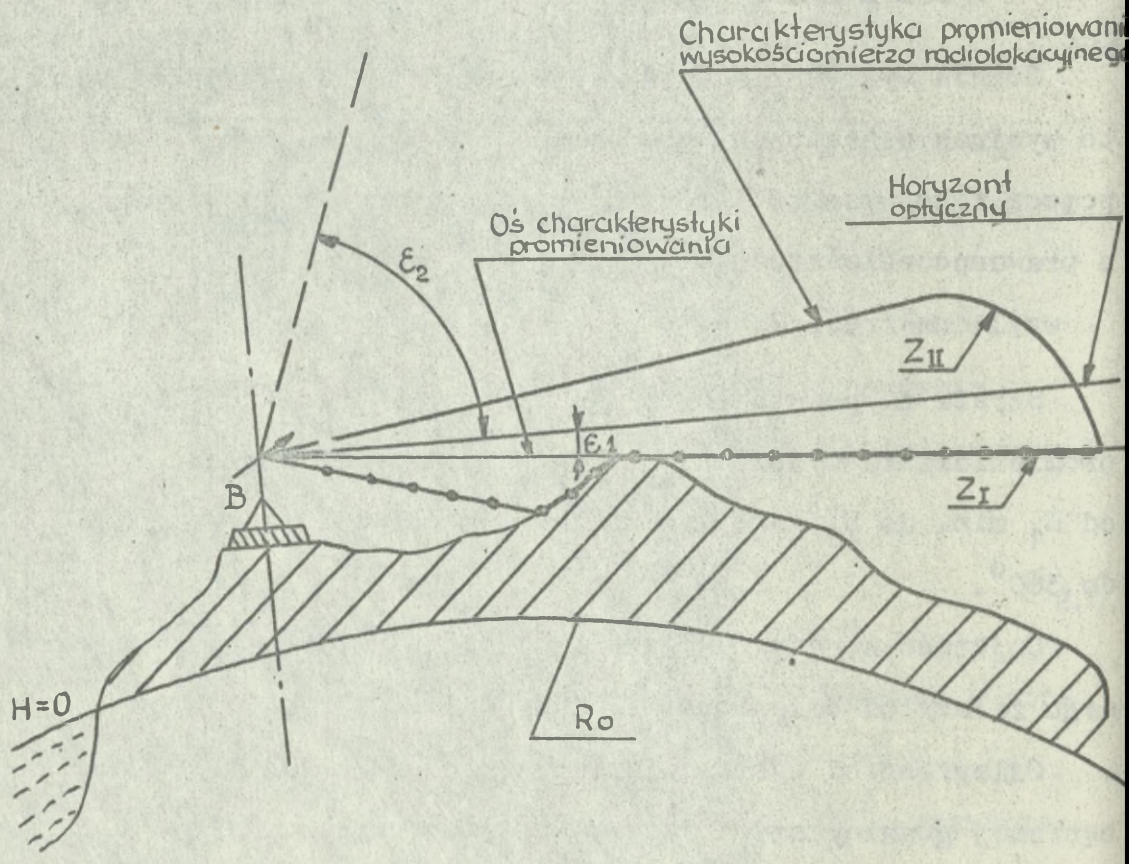
Objętość strefy wykrywania wysokościomierza radiolokacyjnego zależy od odległości Z_I i Z_{II}.

Odległość od wysokościomierza radiolokacyjnego do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tego wysokościomierza, w przedziale małych wysokości, można określić według zależności 2.7, to jest :

$$Z_I = 4{,}12\, K_2 \Big/ \sqrt{1 + \frac{R_o}{2H_b}\sin^2\alpha_1} - \sin\alpha_1 \sqrt{\frac{R_o}{2H_b}} \Big/ \cdot \Big/ \sqrt{H_B} + \sqrt{H_b} \Big/ \qquad 2.18$$

Natomiast odległość $/Z_{II}/$ od wysokościomierza do zewnętrznej granicy jego strefy wykrywania, w przedziale wysokości średnich i dużych, przyjmujemy równą obliczeniom fabrycznym. Wyniki obliczeń fabrycznych tej odległości $/Z_{II}/$ są zestawione w formularzu technicznym wysokościomierza według zależności :

$$Z_{II} = f/h_b/, \text{ dla określonego } P_w \text{ i } \delta \qquad 2.19$$



Rys. 2.2.

Zbiór punktów położonych w stosunku do wysokościomierza na odległościach Z_I i Z_{II}, w przedziale kątów podniesienia od E_1 min. do E_2 max. i w przedziale azymutów od 0^o do 360^o, wyznacza zewnętrzną granicę strefy wykrywania tego wysokościomierza.

Odległość /Z/ od wysokościomierza do wewnętrznej granicy jego strefy wykrywania można określić według zależności 2.17, to jest :

$$Z = \max\{Z_1, Z_2, Z_3\}, \quad \text{dla: } h_b = \text{constans} \qquad 2.20$$

2.6. Opóźnienie ogólnej informacji radiolokacyjnej na stanowisku dowodzenia korpusu OPK.

Czas opóźnienia ogólnej informacji radiolokacyjnej na stanowisku dowodzenia korpusu OPK jest to różnica między czasem zobrazowania informacji na planszetach stanowiska dowodzenia korpusu OPK, a czasem podania tej informacji przez operatora stacji radiolokacyjnej.

Wielkość czasu opóźnienia ogólnej informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK zależy od :

- rodzaju systemu zdejmowania, przekazywania i zobrazowania informacji radiolokacyjnej /I - foniczno-ręczny, II-zautomatyzowany, III-mieszany/ ;
- złożoności sytuacji powietrznej.

Stopień złożoności sytuacji powietrznej wywiera wpływ na czas analizy danych o celach powietrznych.

Czas ten zależy od wielu czynników, między innymi od : ilości celów powietrznych i ich kierunku, prędkości i wysokości lotu, rodzaju ugrupowania, typu i mocy stosowanych zakłóceń radiolokacyjnych.

2.6.1. Czas analizy sytuacji powietrznej.

Czas, w ciągu którego osoby funkcyjne SD pododdziału, oddziału i związku taktycznego wojsk radiotechnicznych określają pełną charakterystykę celu powietrznego nazywamy czasem analizy sytuacji powietrznej.

Wartość czasu analizy sytuacji powietrznej powinna spełniać następującą zależność :

$$T_1 \leqslant T_2 \qquad 2.21$$

Oznacza to, że czas analizy informacji radiolokacyjnej /T_1/ na określonym SD powinien być mniejszy lub równy okresowi powtarzania tej informacji przez to SD. Okres powtarzania /T_2/ informacji jest ustalony dla danego stanowiska dowodzenia przez jednostkę nadrzędną.

Jeżeli nierówność 2.21 nie jest spełniona, to dane stanowisko dowodzenia nieprawidłowo realizuje czynności związane z przetwarzaniem informacji.

Wówczas, jeżeli okres powtarzania informacji jest stały, należy zmienić czynniki rzutujące na czas analizy tak, aby zależność 2.21 była spełniona.

Można to zrealizować przez :

- zmniejszenie wymiarów obszaru podawania informacji /mniejsza ilość celów powietrznych/;
- grupowanie celów powietrznych ;
- zmianę ilości osób realizujących proces analizy informacji radiolokacyjnej ;
- automatyzację procesu analizy.

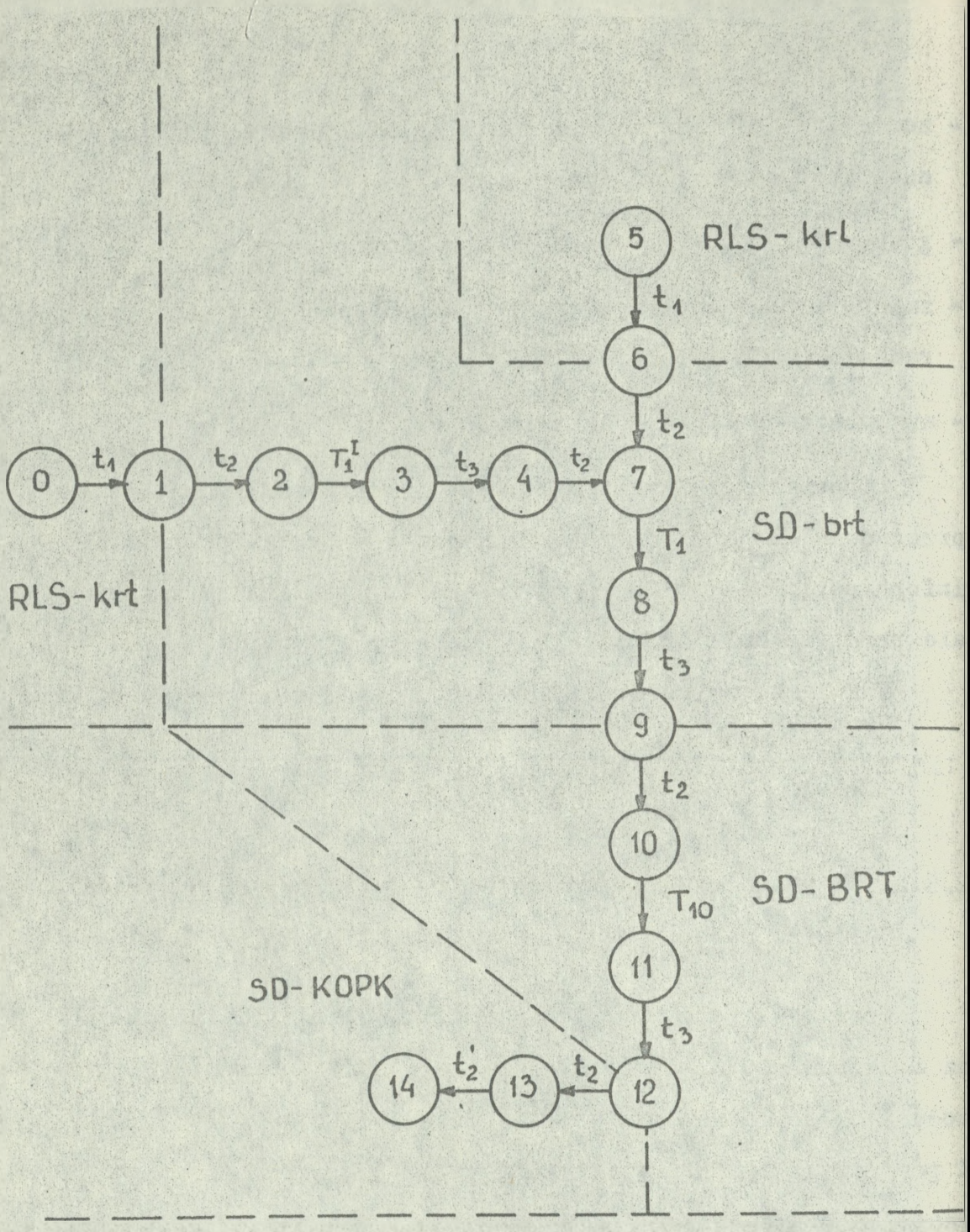
Z powyższego wynika, że czas analizy informacji /T_1/ przez dane SD jest równy lub mniejszy od okresu powtarzania informacji przez to SD, przy założeniu, że dane SD w zakresie przetwarzania informacji pracuje prawidłowo.

W związku z tym do dalszych rozważań możemy przyjąć, że :

$$T_1 = T_2 \qquad 2.22$$

2.6.2. Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej w systemie foniczno-ręcznym - I.

Wielkość czasu opóźnienia informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK - przesyłanej w systemie foniczno-ręcznym- możemy określić na podstawie rysunku 2.3.
Z powyższego rysunku wynika, że czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej zależy od :
- czasu analizy informacji radiolokacyjnej /T_1/ przez stanowiska dowodzenia ;
- czasu opóźnienia informacji przez ogniwa SD, które biorą udział w przetwarzaniu informacji ;
- czasu zobrazowania informacji przez ostatnie ogniwo systemu.


5
RLS - krl
t_1
6
t_2
0
t_1
1
t_2
2
T_1^I
3
t_3
4
t_2
7
SD - brt
T_1
RLS - krt
8
t_3
9
t_2
10
SD - BRT
T_{10}
11
SD - KOPK
t_3
14
t_2'
13
t_2
12

Rys. 2.3.

Wykaz składowych czasów opóźnienia informacji przedstawia tabela 2.2.

Tabela 2.2.

Lp.	Oznaczenie czasów	Nazwy czasów
1	2	3
1	t_1	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej operatora RLS.
2	t_2	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez planszecistę brt.
3	T_1^I	Czas opracowania informacji na planszecie I warstwy brt.
4	t_3 brt	Czas opóźnienia informacji przez spikera brt.
5	t_1	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez operatora RLS.
6	t_2	Czas opóźnienia informacji przez planszecistę brt.
7	T_1	Czas opracowania informacji na planszecie sytuacji ogólnej SD-brt.
8	t_3 brt	Czas opóźnienia informacji przez spikera brt.
9	t_2	Czas opóźnienia informacji przez planszecistę BRT.
10	T_{10}	Czas opracowania informacji na SD - BRT.
11	t_3 BRT	Czas opóźnienia informacji przez spikera BRT.
12	t_2	Czas opóźnienia informacji przez planszecistę KOPK.
13	t_2'	Czas zobrazowania informacji przez planszecistę KOPK.

Zgodnie z rysunkiem 2.3. czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK, której źródłem jest krt,

określamy z zależności :

$$T_I = t_1 + t_2 + T_1^I + t_3^{brt} + t_2 + T_1 + t_3^{brt} + t_2 + T_{10} + t_3^{BRT} + t_2 + t_2' \qquad 2.23$$

W tym przypadku wartość T_I oznacza maksymalny czas, jaki może osiągnąć opóźnienie informacji radiolokacyjnej przesyłanej z krt do SD korpusu OPK systemem foniczno-ręcznym.

Jeżeli źródłem informacji radiolokacyjnej jest krl, to czas opóźnienia informacji na SD korpusu OPK określamy z zależności :

$$T_I = t_1 + t_2 + T_1 + t_3^{brt} + t_2 + T_{10} + t_3^{BRT} + t_2 + t_2' \qquad 2.24$$

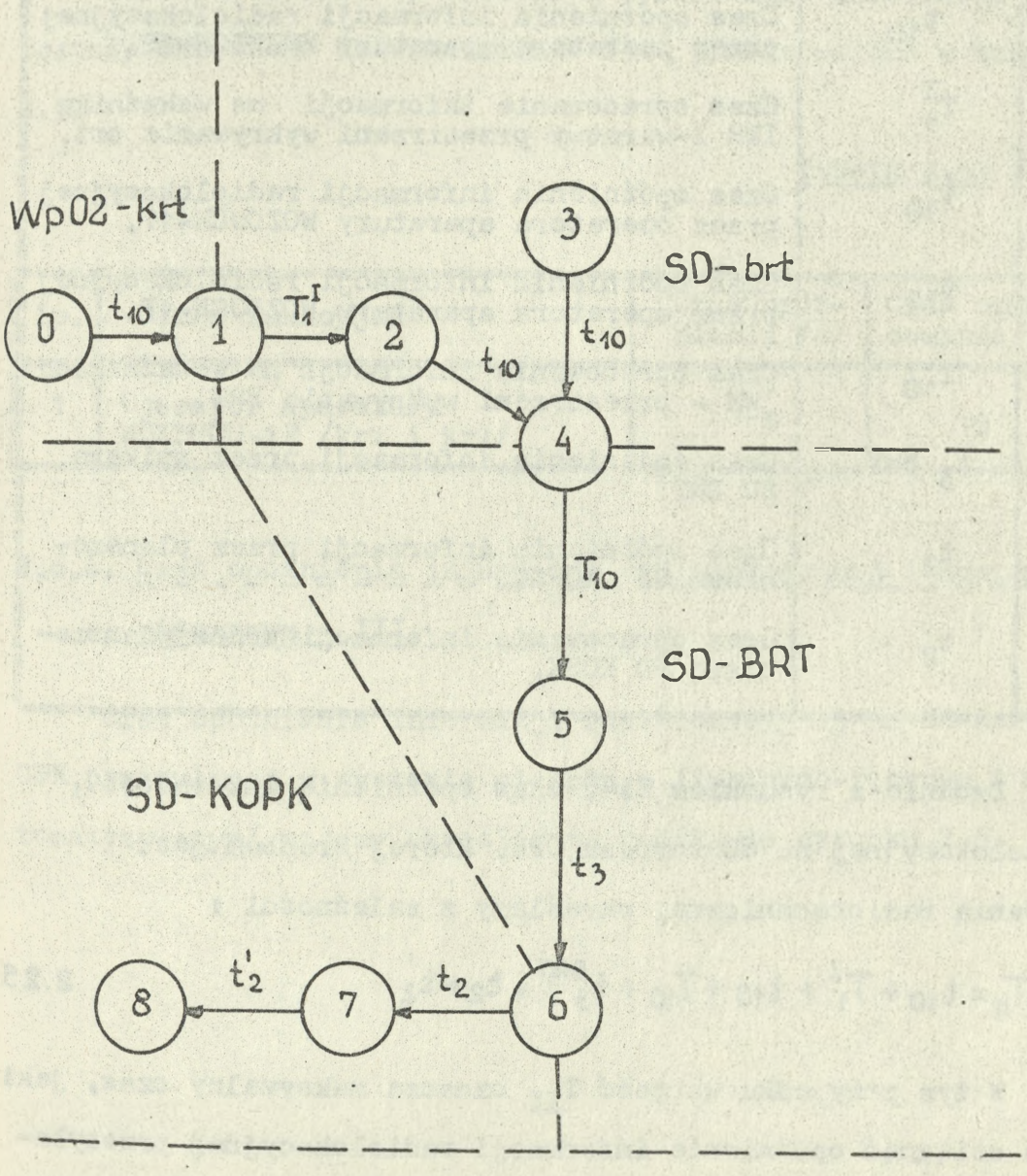
Wartości czasów opóźnienia i opracowania informacji /t_1, t_2, t_2' i t_3 dla krt, krl, brt, BRT i KOPK/ zostały określone doświadczalnie i są przedstawione w tabeli 2.3.

Tabela 2.3.

Lp.	Osoby funkcyjne	Czas opóźnienia /s/	Czas opracowania /s/
1	Operator RLS /krt, krl/	11	5
2	Planszecista /na wszystkich SD/	6	8
3	Spiker /krt/	18	8
4	Spiker /brt/	30	8
5	Spiker /BRT i KOPK/	40	8

2.6.3. Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej w systemie zautomatyzowanym - II.

Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK - przesyłanej w systemie zautomatyzowanym /WOZDUCH-1P/ - możemy określić na podstawie rysunku 2.4.



Rys. 2.4.

Wykaz składowych czasów opóźniania informacji przedstawia tabela 2.4.

Tabela 2.4.

Lp.	Oznaczenie czasów	Nazwy czasów
1	t_{10}	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez operatora aparatury WOZDUCH-1P.
2	T_1^I	Czas opracowania informacji na wskaźniku IWH I-warstwy przestrzeni wykrywania brt.
3	t_{10}	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez operatora aparatury WOZDUCH-1P.
4	t_{10}	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez operatora aparatury WOZDUCH-1P.
5	T_{10}	Czas opracowania informacji na wskaźnikach IWH - przestrzeni wykrywania BRT.
6	t_3 BRT	Czas opóźnienia informacji przez spikera SD BRT.
7	t_2	Czas opóźnienia informacji przez planszecistę SD KOPK.
8	t_2'	Czas opracowania informacji przez planszecistę SD KOPK.

Zgodnie z rysunkiem 2.4. czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK, której źródłem jest kompania radiotechniczna, określamy z zależności :

$$T_{II} = t_{10} + T_1^I + t_{10} + T_{10} + t_3^{BRT} + t_2 + t_2' \qquad 2.25$$

W tym przypadku wartość T_{II} oznacza maksymalny czas, jaki może osiągnąć opóźnienie informacji radiolokacyjnej przesyłanej z krt do SD korpusu OPK systemem zautomatyzowanym.

Jeżeli źródłem informacji radiolokacyjnej jest kompania

radiolokacji, to czas opóźnienia tej informacji na SD korpusu OPK określamy z zależności :

$$T_{II} = t_{10} + T_{10} + t_3^{BRT} + t_2 + t_2' \qquad 2.26$$

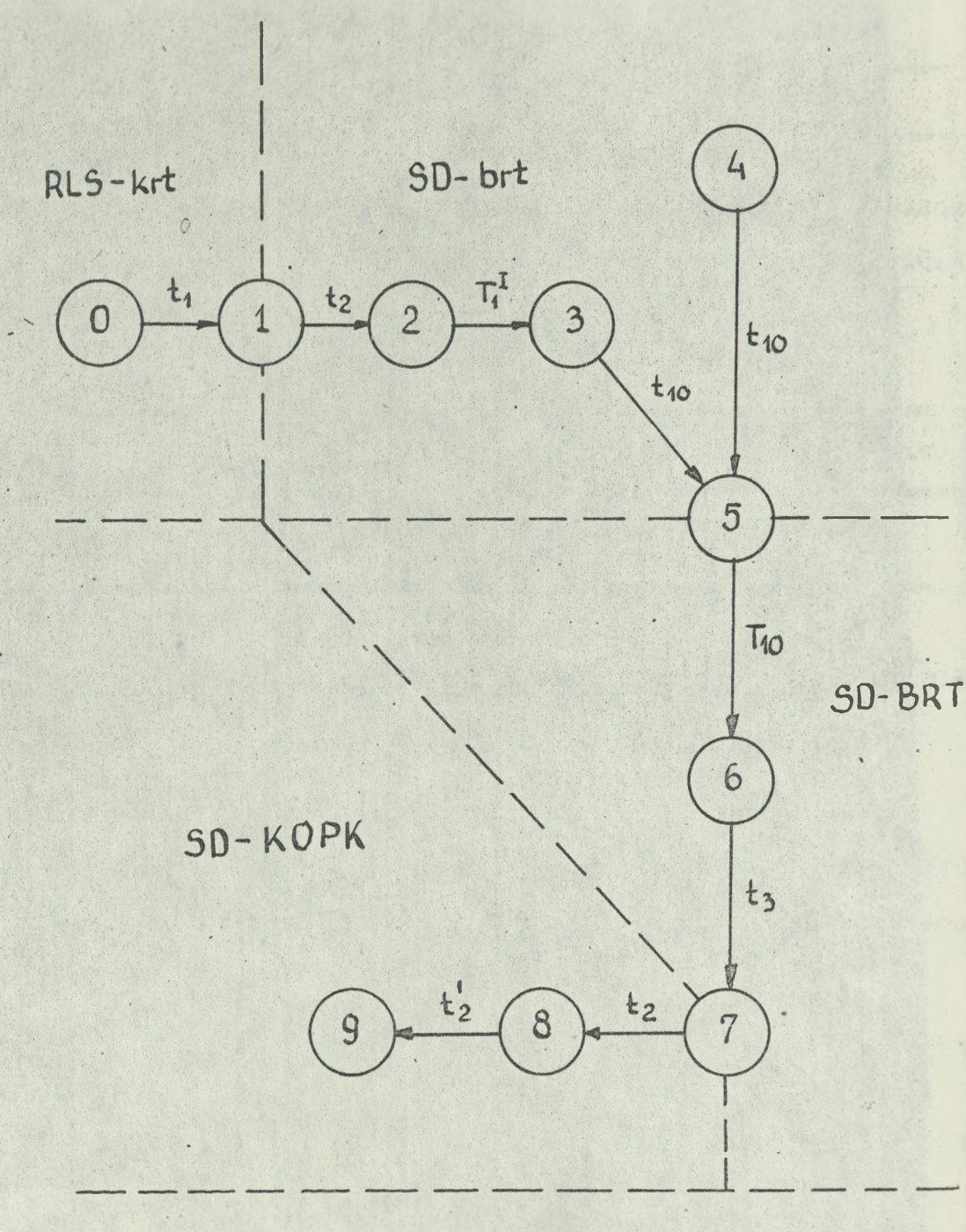
Wartości czasów opóźnienia i opracowania informacji /t_{10}/ zostały określone doświadczalnie i są przedstawione w tabeli 2.5.

Tabela 2.5.

Lp.	Osoba funkcyjna	Czas opóźnienia /s/	Czas opracowania /s/
1	Operator aparatury WOZDUCH-1P /krt i krl/	11	10

2.6.4. Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej w systemie mieszanym - III.

Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK, przesyłanej w systemie mieszanym /foniczno-ręcznym i zautomatyzowanym/, możemy określić na podstawie rysunku 2.5.


RLS - krt
SD - brt
4
0
1
2
3
t_1
t_2
T_1^I
t_{10}
t_{10}
5
T_{10}
SD - BRT
6
SD - KOPK
t_3
9
t_2'
8
t_2
7

Rys. 2.5.

Wykaz składowych czasów opóźnienia informacji przedstawia tabela 2.6.

Tabela 2.6.

Lp.	Oznaczenie czasów	Nazwy czasów
1	t_1	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez operatora RLS.
2	t_2	Czas opóźnienia informacji przez planszecistę brt.
3	T_1^I	Czas opracowania informacji na wskaźniku IWH, I-warstwy przestrzeni wykrywania brt.
4	t_{10}	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez operatora aparatury"WOZDUCH-1P".
5	t_{10}	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez operatora aparatury "WOZDUCH-1P".
6	T_{10}	Czas opracowania informacji na wskaźnikach IWH - przestrzeni wykrywania BRT.
7	t_3^{BRT}	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez spikera BRT.
8	t_2	Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przez planszecistę SD korpusu OPK.
9	t_2'	Czas opracowania informacji przez planszecistę SD korpusu OPK.

Wartości czasów t_1, t_2, t_2', t_3 i t_{10} dla krt, krl, brt, BRT i KOPK przedstawiono w tabelach 2.3 i 2.5.

Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej przesyłanej, do SD korpusu OPK systemem mieszanym, której źródłem jest krt, określamy z zależności :

$$T_{III} = t_1 + t_2 + T_1^I + t_{10} + T_{10} + t_3^{BRT} + t_2 + t_2' \qquad 2.27$$

Jeżeli źródłem informacji radiolokacyjnej jest krl, to czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK określamy z zależności :

$$T_{III} = t_{10} + T_{10} + t_3^{BRT} + t_2 + t_2' \qquad 2.28$$

Wartości T_I, T_{II} i T_{III} oznaczają maksymalne czasy, jakie może osiągnąć opóźnienie informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK.

Wartości te obejmują przedział czasu, w którym występuje około 99,3% wszystkich możliwych czasów opóźnienia informacji.

W niniejszej pracy uwzględnia się czas opóźnienia informacji dotyczący pierwszego meldunku o wykrytym celu powietrznym, który w praktyce jest przekazywany w pierwszej kolejności.

W związku z tym do obliczeń przyjmujemy prawdopodobny czas opóźnienia informacji, którego wartości obejmują tylko 50% wszystkich możliwych czasów opóźnienia na SD korpusu OPK. Wartość tego czasu /T_o/ obliczamy z następujących zależności :

$$T_{oI} = \frac{T_I}{4} \quad ; \quad T_{oII} = \frac{T_{II}}{4} \quad ; \quad T_{oIII} = \frac{T_{III}}{4} \qquad 2.28$$

Tak obliczone czasy opóźnienia informacji odpowiadają wielkościom występującym w praktyce.

2.7. Współrzędne prostokątne celu powietrznego.

Współrzędne prostokątne celu powietrznego są to wielkości określające położenie tego celu w trójwymiarowej przestrzeni.

Współrzędne prostokątne obliczamy na podstawie współrzędnych biegunowych i wysokości lotu celu powietrznego. Współrzędne biegunowe i wysokość lotu celu powietrznego określamy za pomocą stacji radiolokacyjnej. Określenie współrzędnych biegunowych i wysokości lotu celu powietrznego za pomocą RLS jest możliwe wtedy, gdy cel ten będzie znajdował się w strefie wykrywania RLS /odległościomierza i wysokościomierza/.

2.7.1. Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej /odległościomierza/.

Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania RLS należy wykonać w stosunku do każdej RLS, która jest w gotowości bojowej nr 1. Należy uwzględnić, że podstawowym źródłem informacji radiolokacyjnej są RLS rozwinięte na pozycjach krl oraz to, że informacja ta jest uzupełniona przez RLS rozwinięte na pozycjach krt.

W związku z tym sprawdzenie to należy wykonać w pierwszej kolejności dla RLS rozwiniętych na pozycjach kompanii radiolokacji, a następnie dla RLS rozwiniętych na pozycjach kompanii radiotechnicznych.

A. Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnych na pozycji kompanii radiolokacji.

Sprawdzanie to wykonujemy w stosunku do wszystkich RLS /B_j/ rozwiniętych na pozycjach krl /P_i/, które są w gotowości bojowej nr 1. Cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania RLS wtedy, gdy odległość bezpośrednia /D/ od celu powietrznego

do tej RLS spełnia nierówności :

$$z \leqslant D < Z_I \quad , \text{ dla } H_b \leqslant H_I$$
$$\text{lub} \qquad 2.29$$
$$z \leqslant D < Z_{II} \quad , \text{ dla } H_b > H_I$$

Wielkości z, Z_I, Z_{II} określane są zależnościami 2.17, 2.7 i 2.13, natomiast wielkość D możemy określić według następującej zależności /rys. 2.7./.

$$D^{1/} = \sqrt{/X_{bj} - X_{pi}/^2 + /y_{bj} - y_{pi}/^2 + /H_{bj} - H_{pi}/^2} \qquad 2.30$$

Jeżeli nierówności 2.29 są spełnione dla co najmniej jednej RLS, to znaczy, że możliwe jest wykrycie i określenie współrzędnych biegunowych /β i D/ tego celu. Natomiast, jeżeli nierówności 2.29 nie sprawdzają się dla żadnej RLS, to znaczy, że nie ma możliwości wykrycia danego celu przez krl.
W związku z tym należy sprawdzić, czy cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania RLS rozwiniętych na pozycjach krt.

B. Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnych rozwiniętych na pozycjach kompanii radiotechnicznych.

Czynność tą wykonujemy w stosunku do wszystkich RLS rozwiniętych na pozycjach /Pi/ krt, które są w gotowości bojowej nr 1.

- - - --- - -- -

1/ Współrzędne /x,y/ RLS rozwiniętych na pozycji Pi równają się współrzędnym tego posterunku /RLP/.

Cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania RLS rozwiniętej na pozycji krt wtedy, gdy odległość bezpośrednia /D/ od celu powietrznego do RLS spełnia następującą nierówność:

$$z \leqslant D \leqslant Z_I \quad , \text{ dla } H_b \leqslant H_I \qquad 2.31$$

Wielkości z i Z_I są określone zależnością 2.17a, a wielkość D - zależnością 2.30.

Jeżeli nierówność 2.31 jest spełniona dla co najmniej jednej RLS, to przyjmujemy, że jest możliwość wykrycia danego celu powietrznego i określenia jego współrzędnych biegunowych.

W wypadku, gdy nierówności 2.29 i 2.31 nie są spełnione dla żadnej RLS, to znaczy, że cel powietrzny znajduje się poza strefą wykrywania BRT.

Wartość Z_I, w nierównościach 2.29 i 2.31, jest zależna od wartości kąta zakrycia $/\alpha_1/$, który przyjmuje różne wartości w poszczególnych przedziałach azymutów /2.7/.

W związku z tym wartość Z_I określamy dla kątów zakrycia, które występują na azymucie, na którym znajduje się cel powietrzny w chwili wlotu w strefę wykrywania RLS.

Na podstawie danych z modelu nalotu możemy określić równanie trasy lotu celu powietrznego, to jest :

$$y - y_b = \frac{y'_b - y_b}{x'_b - x_b} /x - x_b/ \qquad 2.31a$$

Natomiast na podstawie wysokości lotu celu powietrznego możemy określać wartość Z_I, dla $\alpha_1 = 0^\circ$, z zależności 2.7.

Wartość Z_I jest promieniem strefy wykrywania RLS, którą w płaszczyźnie poziomej możemy przedstawić w postaci równania okręgu :

$$X_{Pi}^2 + y_{Pi}^2 = Z_I^2 \qquad 2.31b$$

Rozwiązując względem siebie równania 2.31a i 2.31b otrzymamy punkty przecięcia trasy lotu celu powietrznego z okręgiem przedstawiającym strefę wykrywania RLS.

Do dalszych obliczeń przyjmujemy tylko ten przypadek, kiedy występują dwa punkty przecięcia /X_1, Y_1 i X_2, Y_2/. Następnie obliczamy azymuty topograficzne /β_1, β_2/ punktów przecięcia i określamy kąty zakrycia /α_1/ występujące na tych azymutach.

2.7.2. Obliczanie azymutu topograficznego celu powietrznego.

Azymut topograficzny /β/ jest to kąt zawarty pomiędzy prostą pokrywającą się z kierunkiem północy topograficznej, a prostą łączącą RLS z celem powietrznym /rys. 2.6/. Wartość azymutu topograficznego /β/ możemy określić według następujących zależności :

$$\left.\begin{array}{ll} \text{I - ćwiartka: } \beta = 90^\circ - \gamma ; & \text{dla: } +\Delta x , +\Delta y ; \\ \text{II - ćwiartka: } \beta = 90^\circ + \gamma ; & \text{dla: } -\Delta x , +\Delta y ; \\ \text{III - ćwiartka: } \beta = 270^\circ - \gamma ; & \text{dla: } -\Delta x , -\Delta y ; \\ \text{IV - ćwiartka: } \beta = 270^\circ + \gamma ; & \text{dla: } +\Delta x , -\Delta y . \end{array}\right\} \qquad 2.32$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{Dla : } \Delta x = 0 \text{ i } \Delta y > 0 ; \ \beta = 90^\circ ; \\ \text{Dla : } \Delta x = 0 \text{ i } \Delta y < 0 ; \ \beta = 270^\circ ; \\ \text{Dla : } \Delta x > 0 \text{ i } \Delta y = 0 ; \ \beta = 0^\circ ; \\ \text{Dla : } \Delta x < 0 \text{ i } \Delta y = 0 ; \ \beta = 180^\circ . \end{array}\right\} \qquad 2.33$$

Wartości ΔX i Δy określamy z zależności :

$$\left.\begin{aligned} \pm \Delta X &= X_b - X_{pi} \\ \pm \Delta y &= y_b - y_{pi} \end{aligned}\right\} \qquad 2.34$$

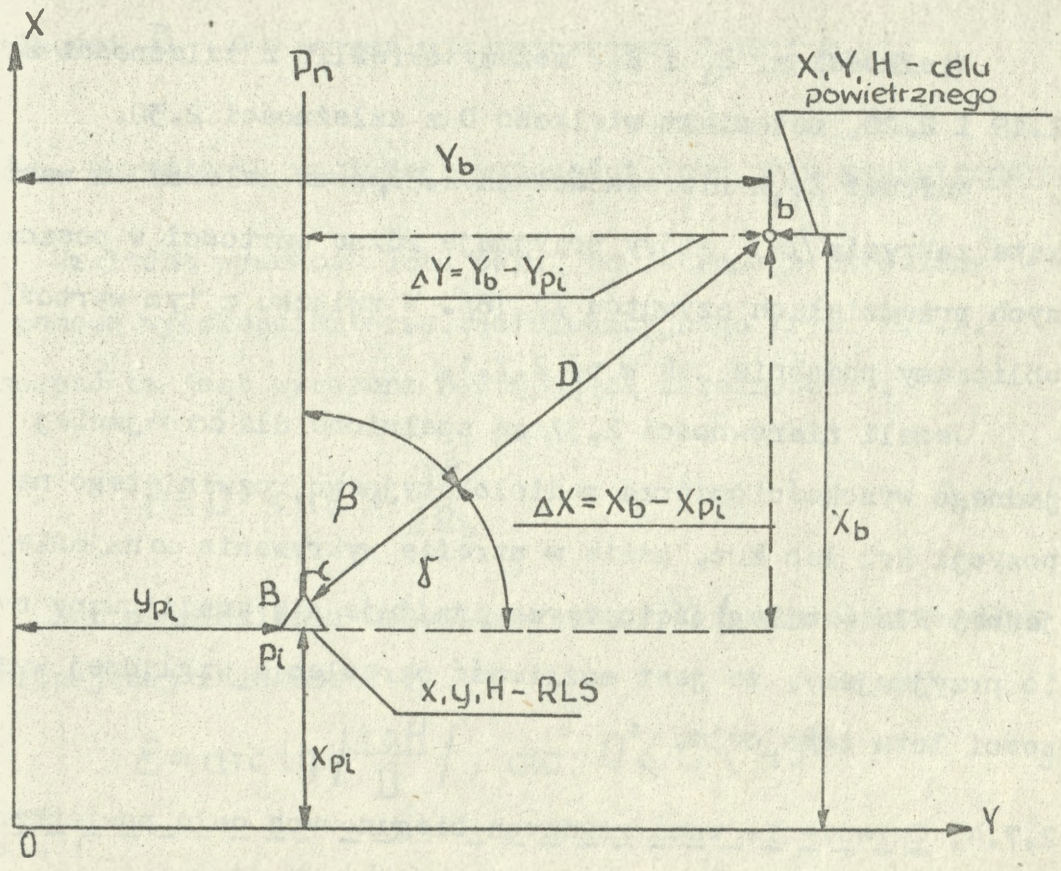
Czwartak /γ/ obliczamy z zależności :

$$\gamma = \operatorname{arc\,tg} \left| \frac{\pm \Delta X}{\pm \Delta y} \right| \qquad 2.35$$

przy założeniu, że :

$$H_{pi} - H_b = 0$$

Czwartak /γ/ jest to kąt zawarty pomiędzy osią Y /równoleżnikiem/ a prostą łączącą cel powietrzny z RLS.



Rys. 2.6.

2.7.3. Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania wysokościomierza radiolokacyjnego.

Cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania wysokościomierza radiolokacyjnego wtedy, gdy odległość bezpośrednia /D/ od celu powietrznego do wysokościomierza spełnia nierówności /rys. 2.7./.

$$z \leqslant D < Z_I \quad , \text{ dla: } H_b \leqslant H_I$$
$$\text{lub} \qquad 2.37$$
$$z \leqslant D < Z_{II} \quad , \text{ dla: } H_b > H_I$$

Wielkości z, Z_I i Z_{II} możemy określić z zależności 2.18, 2.19 i 2.20, natomiast wielkość D z zależności 2.30.

Wartość Z_I, w nierównościach 2.37, jest zależna od wartości kąta zakrycia /α/, który przyjmuje różne wartości w poszczególnych przedziałach azymutów /2.18/. W związku z tym wartość tą obliczamy podobnie jak w p. 2.7.1.

Jeżeli nierówności 2.37 są spełnione dla co najmniej jednego wysokościomierza radiolokacyjnego, rozwiniętego na pozycji krl lub krt, gdzie w strefie wykrywania co najmniej jednej RLS - odległościomierza znajduje się analizowany cel, to przyjmujemy, że jest możliwość określenia względnej wysokości lotu tego celu.

2.7.4. Określenie współrzędnych biegunowych celu powietrznego.

Współrzędne biegunowe celu powietrznego są to wielkości określające położenie tego celu w stosunku do RLS.
Do współrzędnych tych należą takie wartości jak : odległość

pochyła /D/ od RLS do celu powietrznego i azymut topograficzny $/\beta/$.

Odległość pochyłą /D/ obliczamy według zależności 2.30 a azymut topograficzny $/\beta/$ według paragrafu 2.7.2.

2.7.5. Określanie odległości poziomej od RLS do celu powietrznego.

Odległość poziomą /D/ możemy określić według następującej zależności /rys. 2.7/:

$$\bar{D} = \sqrt{D^2 - /\pm \Delta H/^2} \qquad 2.38$$

Wielkości D i ΔH określają zależności 2.30 i 2.41.

2.7.6. Określenie względnej wysokości lotu celu powietrznego.

Względną wysokość lotu celu powietrznego określamy za pomocą wysokościomierza radiolokacyjnego /rys. 2.8./. Wysokość ta jest wyrażona następującą zależnością :

$$h = D \cdot \sin \varepsilon + \frac{D^2}{2R_o} \qquad 2.39$$

Kąt podniesienia charakterystyki $/\varepsilon/$ określamy według następującej zależności :

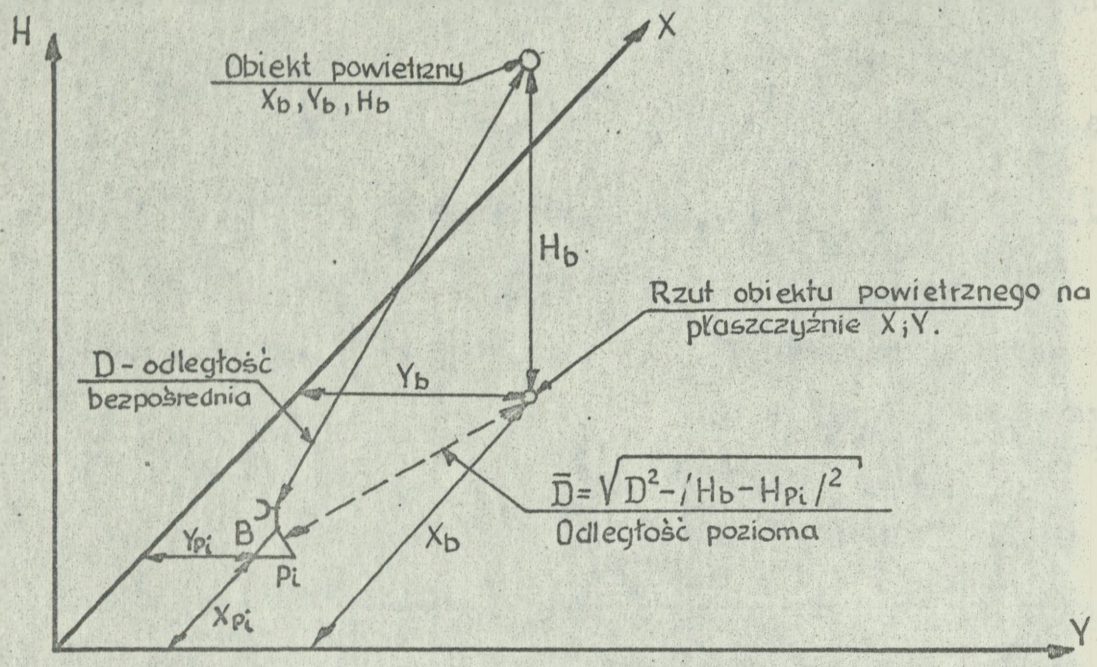
$$\varepsilon = \operatorname{arc\,tg} /\frac{\pm \Delta H}{\bar{D}}/, \quad \text{dla: } 0^\circ \leqslant \varepsilon < 45^\circ \qquad 2.40$$

gdzie :

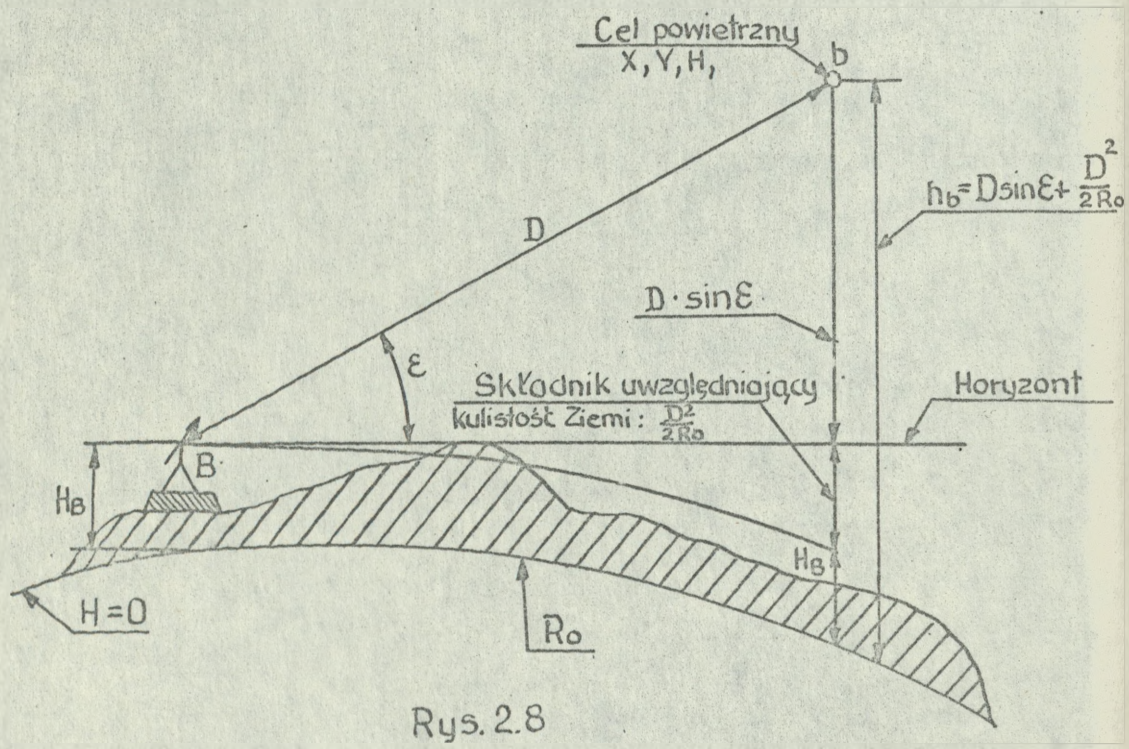
$$\pm \Delta H = H_b - H_{pi} \qquad 2.41$$

Natomiast wielkości H_b, H_{pi} i R_o są danymi wejściowymi i oznaczają : bezwzględną wysokość lotu celu powietrznego i

bezwzględną wysokość zawieszenia elementu promieniującego RIS oraz promień Ziemi dla normalnej refrakcji.



Rys. 2.7



Rys. 2.8

2.7.7. Określanie współrzędnych prostokątnych celu powietrznego.

Współrzędne prostokątne celu powietrznego określamy na podstawie współrzędnych biegunowych i wysokości jego lotu.

Na podstawie wartości $\bar{D}$ i β możemy określić współrzędne prostokątne celu powietrznego według następujących zależności :

$$\left.\begin{aligned} X_b &= X_{Pi} + \bar{D}\cos\beta \\ y_b &= y_{Pi} + \bar{D}\sin\beta \end{aligned}\right\} \qquad 2.42$$

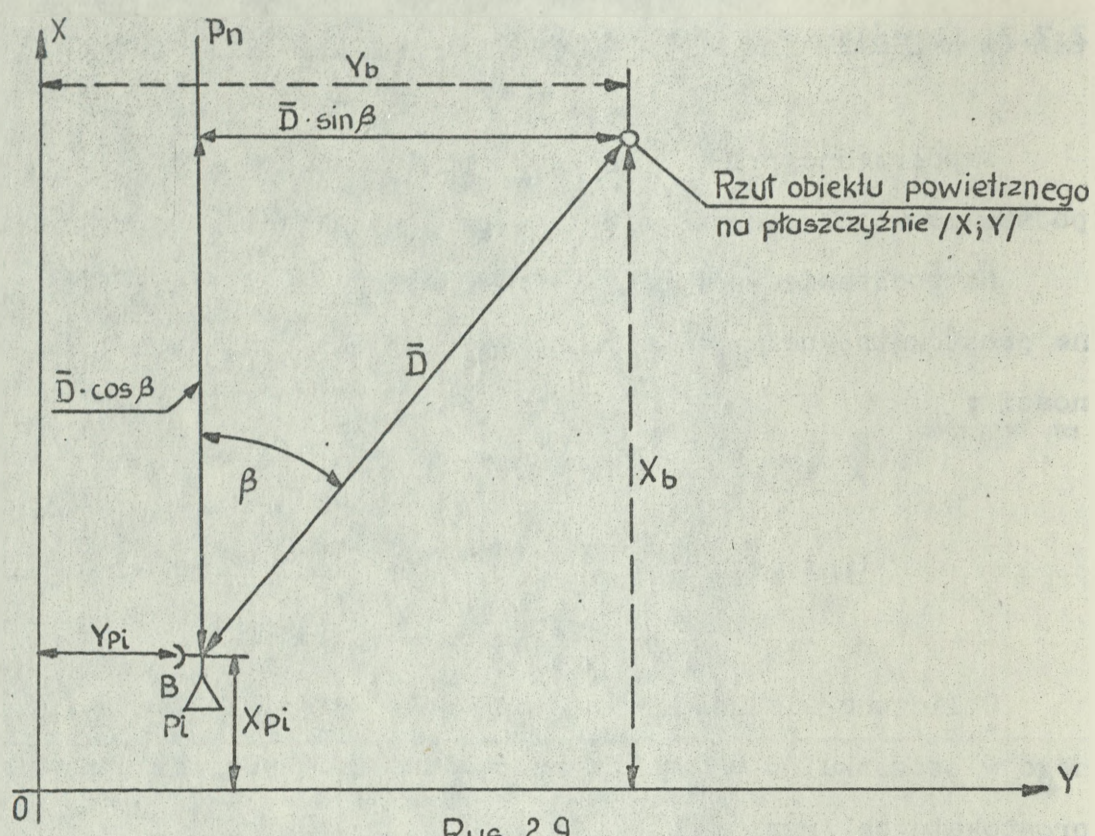
Obliczone wielkości określają położenie obiektu powietrznego w stosunku do początku przyjętego układu współrzędnych prostokątnych /rys. 2.9/, dla jednej strefy.

2.8. Kierunek lotu celu powietrznego.

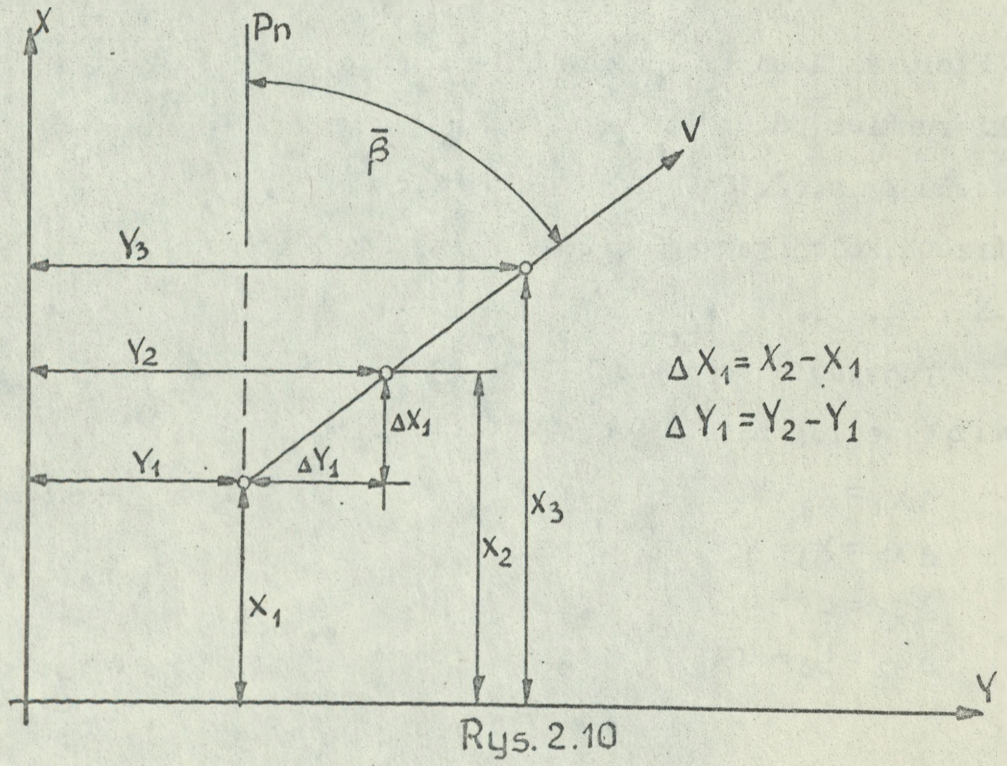
Kierunek lotu celu powietrznego jest to kąt zawarty między kierunkiem północy topograficznej a wektorem prędkości tego celu /rys. 2.10/. Kierunek ten możemy określić na podstawie trzech kolejnych pomiarów współrzędnych danego celu /X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2 i Y_3/.

Na podstawie powyższych pomiarów obliczamy przyrosty ΔX i ΔY według zależności :

$$\left.\begin{aligned} \Delta X_1 &= X_2 - X_1 \\ \Delta X_2 &= X_3 - X_2 \\ \Delta y_1 &= y_2 - y_1 \\ \Delta y_2 &= y_3 - y_2 \end{aligned}\right\} \qquad 2.43$$



Rys. 2.9



Rys. 2.10

Następnie, na podstawie obliczonych przyrostów ΔX i ΔY, określamy czwartak $/\gamma/$ z zależności :

$$\gamma = \operatorname{arc\,tg} \left| \frac{\frac{\pm \Delta X_1 \pm \Delta X_2}{2}}{\frac{\pm \Delta y_1 \pm \Delta y_2}{2}} \right| \qquad 2.44$$

Czwartak $/\gamma/$ pozwala na określenie kierunku lotu celu powietrznego $/\bar{\beta}/$ według następujących zależności :

$$\left.\begin{array}{ll} \text{I - ćwiartka} : & \bar{\beta} = 90^\circ - \gamma ; \text{ dla: } +\Delta x \text{ i } +\Delta y \\ \text{II - ćwiartka} : & \bar{\beta} = 90^\circ + \gamma ; \text{ dla: } -\Delta x \text{ i } +\Delta y \\ \text{III - ćwiartka} : & \bar{\beta} = 270^\circ - \gamma ; \text{ dla: } -\Delta x \text{ i } -\Delta y \\ \text{IV - ćwiartka} : & \bar{\beta} = 270^\circ + \gamma ; \text{ dla: } +\Delta x \text{ i } -\Delta y \end{array}\right\} \qquad 2.45$$

lub :

$$\left.\begin{array}{l} \bar{\beta} = 90^\circ \text{ dla: } \Delta x = 0 \text{ i } \Delta y > 0 \\ \bar{\beta} = 270^\circ \text{ dla: } \Delta x = 0 \text{ i } \Delta y < 0 \\ \bar{\beta} = 0^\circ \text{ dla: } \Delta x > 0 \text{ i } \Delta y = 0 \\ \bar{\beta} = 180^\circ \text{ dla: } \Delta x < 0 \text{ i } \Delta y = 0 \end{array}\right\} \qquad 2.46$$

2.9. Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej.

Przyjmujemy, że źródłem informacji radiolokacyjnej jest ten pododdział radiotechniczny, który pierwszy wykrył cel powietrzny. Numer tego pododdziału określamy według p. 2.7.1 /stwierdzenie obecności celu powietrznego w strefie wykrywania RLS - odległościomierza jest równoznaczne z wykryciem tego celu przez pododdział, w którym ta RLS jest rozwinięta/.

Na podstawie numeru pododdziału określamy rodzaj systemu przekazywania informacji i czas opóźnienia tej informacji na SD korpusu OPK.

Rodzaj systemu określamy na podstawie danych wejściowych, a opóźnienie informacji według opisu podanego w p. 2.6.

Jeżeli wynik obliczeń, przeprowadzonych według p. 2.7.1, wskazuje na to, że dany cel powietrzny jest jednocześnie wykryty przez dwa i więcej pododdziałów, to do określenia czasu opóźnienia informacji przyjmujemy ten pododdział, z którego opóźnienie jest najmniejsze, to jest :

$$T_o = \min\{T_{o1}, T_{o2}, \ldots T_{oi}\} \qquad 2.47$$

gdzie : i = 1, 2, 3...I - numer pododdziału radiotechnicznego.

2.10. Prędkość lotu celu powietrznego.

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

$$\left.\begin{array}{ll} \text{a/ } X, Y & \text{, dla : } t_1 \\ \text{b/ } X_1, Y_1 & \text{, dla : } t_2 \\ \text{c/ } X_2, Y_2 & \text{, dla : } t_3 \end{array}\right\} \qquad 2.48$$

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

$$\left.\begin{array}{l} \Delta D_1 = \sqrt{/x_1 - x/^2 + /y_1 - y/^2} \\ \Delta D_2 = \sqrt{/x_2 - x_1/^2 + /y_2 - y_1/^2} \end{array}\right\} \qquad 2.49$$

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

$$V = \frac{\frac{\Delta D_1}{t_2 - t_1} + \frac{\Delta D_2}{t_3 - t_2}}{2} \qquad 2.50$$

2.11. Wpływ zakłóceń radiolokacyjnych na efektywność zabezpieczenia działań lotnictwa myśliwskiego.

Wpływ radiolokacyjnych zakłóceń aktywnych na zabezpieczenie działań IM uwzględniany jest w zakresie :

1. Strat informacji o celach powietrznych.
2. Zwiększenia czasu jednego oddziaływania samolotów myśliwskich.

Wpływ radiolokacyjnych zakłóceń aktywnych na straty informacji o celach powietrznych uwzględniany jest wtedy, gdy pasmo zakłóceń pokrywa wszystkie podzakresy pracy stacji radiolokacyjnych, które są w wyposażeniu brygady radiotechnicznej. Natomiast jeżeli pasmo radiolokacyjnych zakłóceń aktywnych pokrywa tylko podzakres pracy stacji radiolokacyjnych, z których realizuje się proces naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne, to uwzględnia się wpływ zakłóceń na czas jednego oddziaływania samolotów myśliwskich.

Sposób określania czasu jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na cele powietrzne w zakłóceniach opisany jest w rozdziale III.

Oddziaływanie radiolokacyjnych zakłóceń pasywnych uwzględniane jest przy określaniu odległości do zewnętrznej granicy strefy wykrywania RLS /2.11.6/.

2.11.1. Współczynnik strat informacji radiolokacyjnej.

Współczynnik strat informacji /μ/ może mieć wartości od 0 do 1.

Przyjmuje się, że zależy on głównie od gęstości mocy radiolokacyjnych zakłóceń aktywnych.

Ponadto zakłada się, że zakłócenia aktywne, ze względu na średnią gęstość mocy, dzielą się na trzy stopnie :

I - gęstość mocy : W_1^{IO} ;

II - gęstość mocy : W_2^{IO} ; $\quad W_1^{IO} > W_2^{IO} > W_3^{IO} \geqslant 0$

III - gęstość mocy : W_3^{IO} .

Wobec powyższego współczynnik strat informacji będzie różny dla poszczególnych stopni gęstości mocy, to jest :

I. $\mu_1 = f/W_1^{IO}/$

II. $\mu_2 = f/W_2^{IO}/$

III. $\mu_3 = f/W_3^{IO}/$

Wartość współczynnika strat informacji powinna spełniać następującą zależność :

$$0 < \mu_1 < \mu_2 < \mu_3 \leqslant 1$$

2.11.2. Określanie zakresu aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych.

Zakres aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych, stosowanych

przez cel powietrzny, zależy od ilości pokrytych[1/] zakłóceniami podzakresów pracy RLS.

W pracy wyróżniamy trzy zakresy aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych :

1. Zaporowe zakłócenia aktywne - f_{10} .
2. Szerokopasmowe zakłócenia aktywne - f_{20} .
3. Wąskopasmowe zakłócenia aktywne - f_{30} .

Zaporowe zakłócenia aktywne obejmują wszystkie podzakresy pracy RLS, jakie są w wyposażeniu brygady radiotechnicznej.

Szerokopasmowe zakłócenia aktywne obejmują od dwóch do czterech podzakresów pracy RLS.

Wąskopasmowe zakłócenia aktywne obejmują jeden podzakres pracy RLS.

W celu określenia zakresu zakłóceń aktywnych dzielimy cały zakres częstotliwości pracy RLS i stosowanych zakłóceń na sześć następujących podzakresów :

1. Podzakres metrowy – ΔF_I ; dla : $100 \leqslant F < 250$ MHz.
2. Podzakres decymetrowy – ΔF_{II} ; dla : $600 \leqslant F < 800$ MHz.
3. Podzakres decymetrowy – ΔF_{III} ; dla : $1200 \leqslant F < 1500$ MHz.
4. Podzakres centymetrowy – ΔF_{IV} ; dla : $1800 \leqslant F < 2300$ MHz.

1/ Podzakres pracy RLS jest pokryty aktywnymi zakłóceniami wtedy, gdy częstotliwość i pasmo stosowanych zakłóceń i pracy RLS spełniają następujące nierówności : $f_{min} \leqslant F_{min}$; $f_{max} \geqslant F_{max}$; $\Delta f \geqslant \Delta F$.

5. Podzakres centymetrowy - ΔF_V; dla: $2600 \leqslant F < 3200$ MHz.
6. Podzakres centymetrowy - ΔF_{VI}; dla: $6400 \leqslant F < 6800$ MHz.

Ponadto zakładamy, że generowanie zakłóceń aktywnych przez co najmniej jeden nadajnik zapewnia pokrycie tymi zakłóceniami danego podzakresu pracy RLS.
Jeżeli cel powietrzny posiada kilka nadajników zakłóceń o różnych podzakresach pracy, to każdy nadajnik należy traktować jako oddzielne źródło zakłóceń.

2.11.3. Określanie średniej gęstości zaporowych zakłóceń radiolokacyjnych.

Średnią gęstość mocy/W^{IO}/zaporowych zakłóceń radiolokacyjnych określamy według następującej zależności :

$$W^{IO} = \frac{\sum_{c=1}^{C} W_c^I}{C} \qquad 2.51$$

gdzie : W_c^I - generowana moc zakłóceń nadajnika, podana w danych o nalocie SNP nieprzyjaciela ;
C - ilość źródeł /nadajników/ zakłóceń, określona na podstawie danych o nalocie SNP nieprzyjaciela.

2.11.4. Określanie strat informacji radiolokacyjnej.

Straty informacji określamy wtedy, gdy występują zaporowe zakłócenia radiolokacyjne /p.2.11.2/.

Straty te określamy w następujący sposób :

1. Na podstawie modelu nalotu SNP nieprzyjaciela określamy ilość celów powietrznych /J/.
2. Na podstawie średniej gęstości mocy zakłóceń/W^{IO}/ określamy

wartość współczynnika strat informacji /p.2.11.1/.

3. Określamy straty informacji radiolokacyjnej z zależności :

$$J_1 = \mu \cdot J \qquad 2.52$$

4. Następnie z ciągu cyfr liczby "π" wybieramy kolejno tyle dwucyfrowych liczb, ile wynoszą straty informacji /J_1/. Liczby te są numerami celów powietrznych, które przez środki radiolokacji brygady radiotechnicznej nie zostaną wykryte ze względu na zaporowe zakłócenia radiolokacyjne.

2.11.5. Określanie czasu zakłócenia punktu naprowadzania lotnictwa myśliwskiego.

Zakładamy, że punkt naprowadzania lotnictwa myśliwskiego jest zakłócony wtedy, gdy źródło zakłóceń znajduje się w strefach wykrywania stacji radiolokacyjnych - odległościomierzy, w oparciu o które zorganizowany jest ten punkt, a pasmo generowanych zakłóceń pokrywa podzakresy pracy tych RLS.

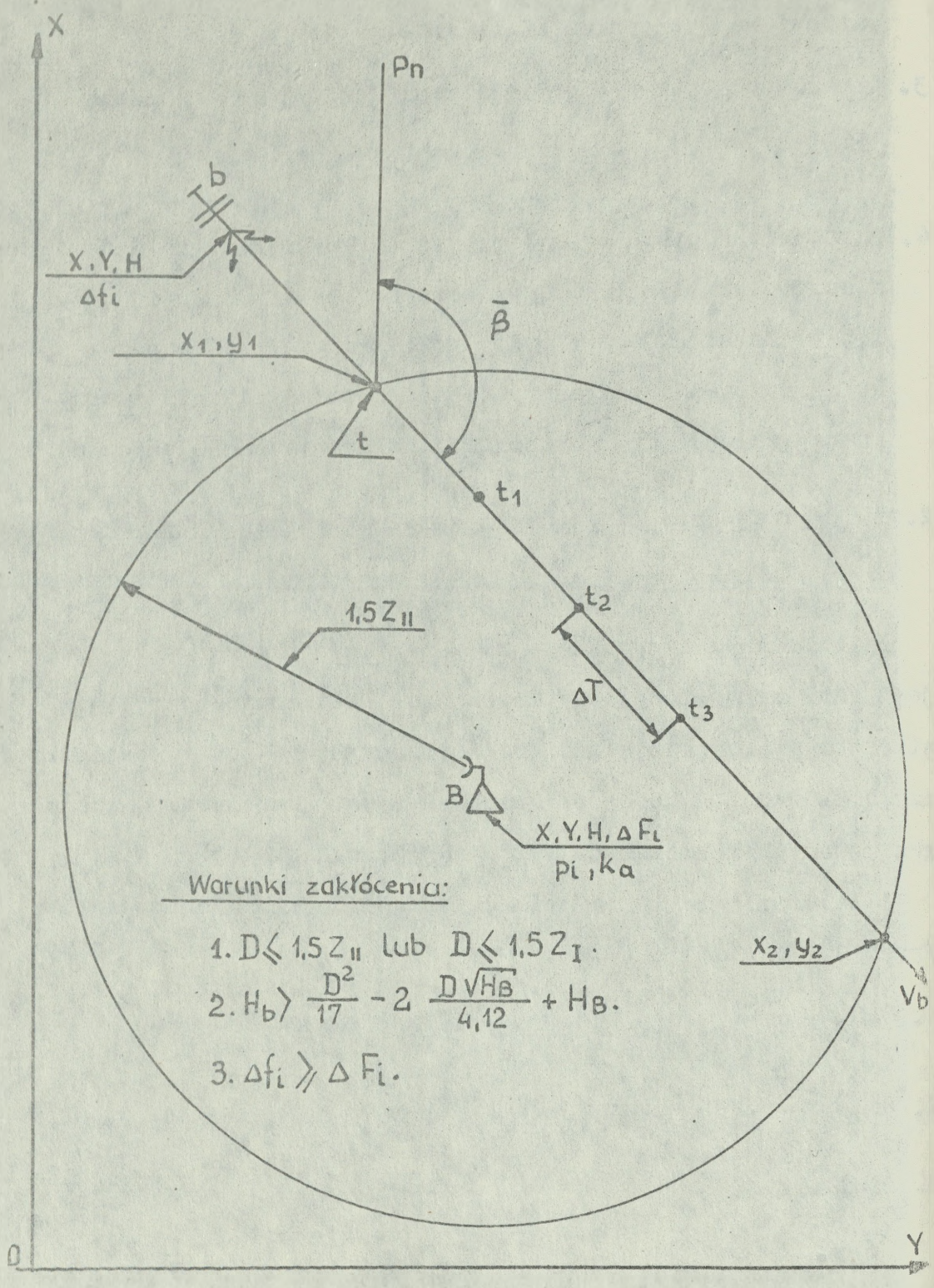
Założenie to można opisać następującymi zależnościami /rys. 2.11/ :

1. $D \leqslant 1{,}5 Z_I$ lub $D \leqslant 1{,}5 Z_{II}$; 2.53

2. $H_b \rangle \frac{D^2}{17} - 2\,\frac{D\sqrt{H_B}}{4{,}12} + H_B$; 2.54

3. $\Delta f_i \rangle\!/\!/ \Delta F_i$. 2.55

Zależności 2.53 i 2.54 określają warunek położenia celu powietrznego /źródła zakłóceń/ w stosunku do RLS punktu naprowadzania.


X
Pn
b
X, Y, H
Δfi
X1, y1
β
t
t1
t2
1,5 Z II
ΔT
t3
B
X, Y, H, ΔFi
Pi, ka
Warunki zakłócenia:
1. D ≤ 1,5 Z II lub D ≤ 1,5 Z I.
2. Hb ≥ D²/17 - 2 D√HB/4,12 + HB.
3. Δfi ≫ ΔFi.
x2, y2
Vb
0
Y

Rys. 2.11.

Jeżeli zależności te są spełnione, to znaczy, że cel powietrzny /źródło zakłóceń/ znajduje się w strefie wykrywania RLS, zwiększonej o 50% i powyżej horyzontu optycznego.

Natomiast zależność 2.55 określa zgodność zakresu generowanych zakłóceń z podzakresem pracy RLS - odległościomierza.

W powyższych zależnościach wartości Δf_i, ΔF_i, H_b i H_B są danymi wejściowymi. Natomiast D obliczamy z zależności 2.30, a Z_I i Z_{II} według opisu podanego w p. 2.4.1A lub B.

Analizę zależności 2.53, 2.54 i 2.55 prowadzimy okresowo przez cały czas trwania nalotu o kroku czasowym ΔT.

Moment czasu, w którym powyższe zależności spełniają się jest początkiem zakłócenia danego punktu naprowadzania. Natomiast moment czasu, w którym powyższe zależności nie spełniają się oznacza koniec zakłócania tego punktu.

2.11.6. Określanie odległości do zewnętrznej granicy strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej z włączonym układem tłumienia ech stałych.

Pod wpływem zakłóceń pasywnych /celowych i niecelowych[1]/ w strefie wykrywania RLS powstaje przestrzeń maskowana, w granicach której wykrywanie i określanie współrzędnych celów powietrznych jest bardzo utrudnione. Zmusza to obsługę RLS do włączenia układów TES.

- -

1/ Niecelowe - to odbicia od przedmiotów terenowych i chmur burzowych.

Włączenie układu TES powoduje wzrost szumów własnych układu odbiorczego, a przez to zmniejszenie odległości do zewnętrznej granicy strefy wykrywania RLS, przy zachowaniu tej samej wielkości prawdopodobieństwa wykrycia.

Zmniejszenie odległości do zewnętrznej granicy strefy wykrywania RLS zależy od wielu zmieniających się czynników. Na podstawie analizy literatury tego problemu możemy przyjąć do dalszych obliczeń, że odległość ta zmniejsza się o 20%. W dalszych obliczeniach zakłada się, że wszystkie RLS występujące w wyposażeniu BRT posiadają włączone układy TES.

2.12. Czas lotu celów powietrznych w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej, w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania lotnictwa myśliwskiego.

Strefa wykrywania RLS, w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania IM, określona jest zależnościami 2.7, 2.13 i 2.17.

Zakładamy, że zewnętrzna granica strefy wykrywania RLS, dla danej wysokości, ma kształt koła o promieniu równym Z_I lub Z_{II}. Natomiast wewnętrzna granica strefy wykrywania ma również kształt koła o promieniu równym Z. Wobec tego strefę wykrywania RLS, dla danej wysokości, możemy określić zależnościami :

1. Dla przedziału wysokości średnich i dużych :

$$\left.\begin{aligned}(x-x_B)^2 + (y-y_B)^2 &= Z_{II}^2 \\ (x-x_B)^2 + (y-y_B)^2 &= z^2\end{aligned}\right\} \qquad 2.56$$

2. Dla przedziału wysokości małych :

$$\left.\begin{aligned}(x-x_B)^2 + (y-y_B)^2 &= Z_I^2 \\ (x-x_B)^2 + (y-y_B)^2 &= z^2\end{aligned}\right\} \qquad 2.57$$

W praktyce średnie wartości kątów zakrycia α_1 powodują zmianę odległości Z_I o wartość $\Delta Z_I \leqslant \pm 15$ km. Zmiana wielkości Z_I o 15km powoduje, że czas przebywania celu powietrznego[1/] w strefie wykrywania RLS zmieni się o $\Delta T \leqslant \pm 1$ minutę. Biorąc pod uwagę to, że sumaryczny czas naprowadzania i oddziaływania samolotów myśliwskich na cele powietrzne jest rzędu kilkunastu minut /rozdział III/, możemy przyjąć, że zmiana odległości Z_I o 15 km /$\Delta T \leqslant \pm 1$ minuta/ wpływa w małym stopniu na ilość naprowadzeń i oddziaływań samolotów myśliwskich.

Wobec powyższego niedokładność określania zewnętrznej granicy strefy wykrywania RLS jest możliwa do przyjęcia.

Przyjmujemy, że trasa lotu celu powietrznego jest odcinkiem prostej. Odcinek ten wyrażamy za pomocą równania prostej :

$$(x-x_b) = \operatorname{tg}\bar{\beta}\,(y-y_b) \qquad 2.58$$

W zależności tej wielkości X_b i Y_b określamy z równań 2.42, natomiast wielkość $\bar{\beta}$ zgodnie z paragrafem 2.8.

1/ Zakładamy, że cel powietrzny na małych wysokościach wykonuje lot z prędkością poddźwiękową około 900 km/h.

Rozwiązując względem siebie równania 2.56 i 2.58 lub 2.57 i 2.58 otrzymamy współrzędne punktów przecięcia się trasy lotu celu powietrznego ze strefą wykrywania RLS /rys. 2.12/:

$$\left.\begin{aligned}(x-x_B)^2+(y-y_B)^2 &= Z_{II}^2\\ (x-x_B)^2+(y-y_B)^2 &= z^2\\ (x-x_b) &= \operatorname{tg}\bar{\beta}\,(y-y_b)\end{aligned}\right\} \qquad 2.59$$

$$\left.\begin{aligned}(x-x_B)^2+(y-y_B)^2 &= Z_I^2\\ (x-x_B)^2+(y-y_B)^2 &= z^2\\ (x-x_b) &= \operatorname{tg}\bar{\beta}\,(y-y_b)\end{aligned}\right\} \qquad 2.60$$

Z rozwiązania powyższych równań możemy otrzymać następujące przypadki :

1. Cztery punkty - $X_1, Y_1 ; X_2, Y_2 ; X_3, Y_3 ; X_4, Y_4$.
2. Trzy punkty - $X_1, Y_1 ; X_2, Y_2 ; X_3, Y_3$.
3. Dwa punkty - $X_1, Y_1 ; X_2, Y_2$.
4. Jeden punkt - X_1, Y_1.
5. Brak wspólnego punktu.

W dalszych obliczeniach uwzględniamy tylko te przypadki, kiedy występują cztery, trzy lub dwa punkty przecięcia.

Znając punkty przecięcia się trasy lotu celu powietrznego ze strefą wykrywania RLS i początkowe położenie celu powietrznego możemy obliczyć czas wlotu i wylotu tego celu ze strefy wykrywania tej RLS /rys. 2.12/.

1. W przypadku czterech punktów przecięcia czas wlotu /t'_{10}/ i wylotu /t'_{30}/ celu powietrznego możemy określić z zależności :

$$t'_{10} = t_o + \frac{\sqrt{(x_b - x_1)^2 + (y_b - y_1)^2}}{V_b} \qquad 2.61$$

$$t'_{30} = t_o + \frac{\sqrt{(x_b - x_2)^2 + (y_b - y_2)^2}}{V_b} \qquad 2.62$$

$$t'_{10} = t_o + \frac{\sqrt{(x_b - x_3)^2 + (y_b - y_3)^2}}{V_b} \qquad 2.63$$

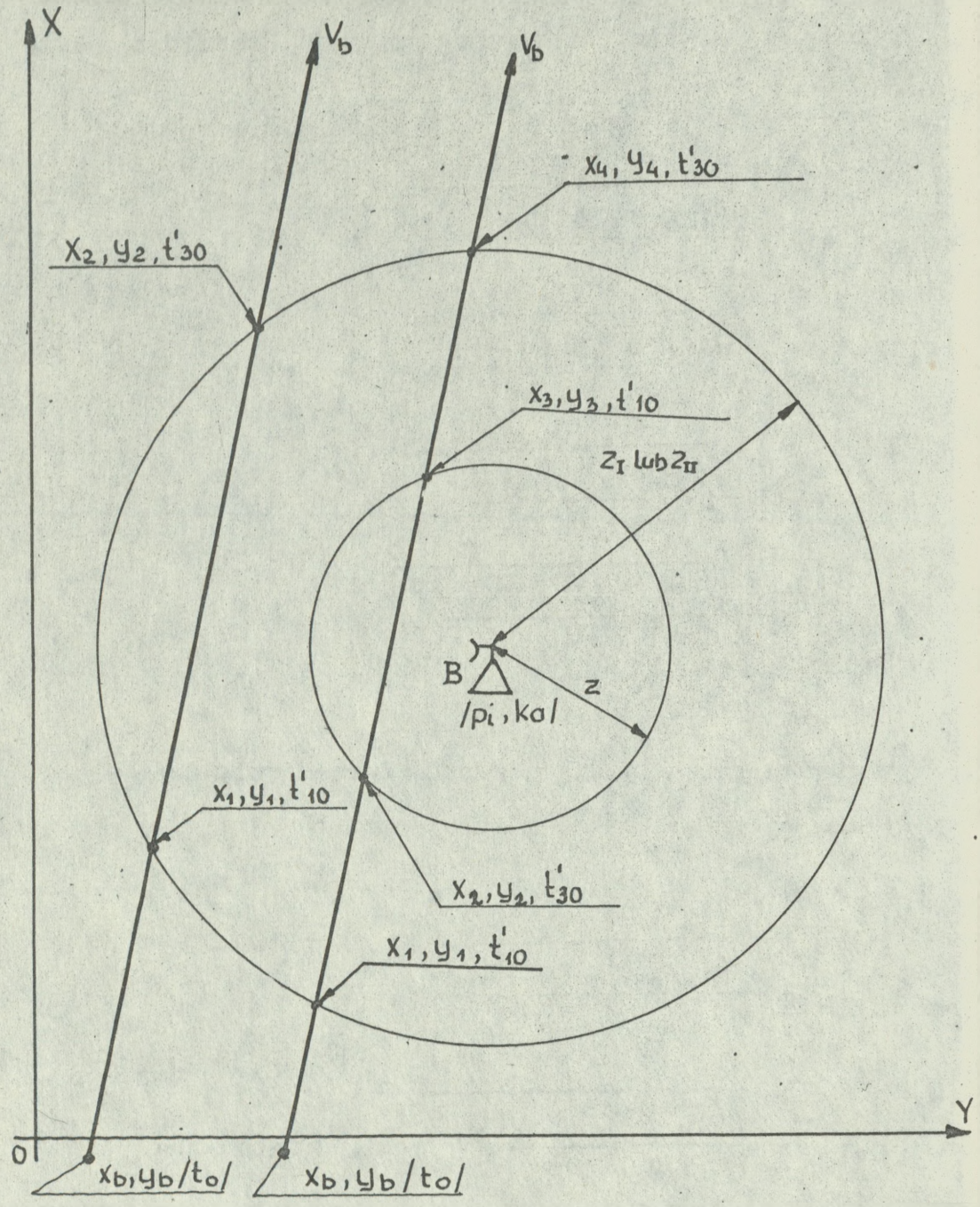
$$t'_{30} = t_o + \frac{\sqrt{(x_b - x_4)^2 + (y_b - y_4)^2}}{V_b} \qquad 2.64$$

2. W przypadku trzech i dwóch punktów przecięcia czas wlotu i wylotu możemy określić z zależności :

$$t'_{10} = t_o + \frac{\sqrt{(x_b - x_1)^2 + (y_b - y_1)^2}}{V_b} \qquad 2.65$$

$$t'_{30} = t_o + \frac{\sqrt{(x_b - x_3)^2 + (y_b - y_3)^2}}{V_b} \quad \text{- dla trzech punktów} \qquad 2.66$$

$$t'_{30} = t_o + \frac{\sqrt{(x_b - x_2)^2 + (y_b - y_2)^2}}{V_b} \quad \text{- dla dwóch punktów} \qquad 2.67$$


X
V_b
V_b
x_4, y_4, t'_{30}
x_2, y_2, t'_{30}
x_3, y_3, t'_{10}
z_I lub z_{II}
B
z
/pi, ka/
x_1, y_1, t'_{10}
x_2, y_2, t'_{30}
x_1, y_1, t'_{10}
Y
0
x_b, y_b/to/
x_b, y_b/to/

Rys. 2.12.

2.13. Ilość jednoczesnych naprowadzeń samolotów myśliwskich.

Ilość jednoczesnych naprowadzeń samolotów myśliwskich na cele powietrzne zależy od :

1. Wariantu nalotu celów powietrznych.
2. Poziomu wyszkolenia nawigatorów-operatorów.
3. Wariantu ugrupowania punktów naprowadzania.
4. Technicznych możliwości poszczególnych punktów naprowadzania.

Wariant nalotu i wariant ugrupowania punktów naprowadzania oraz poziom wyszkolenia nawigatorów-operatorów są znane na podstawie planu walki, opracowanego przez sztab korpusu OPK.

W paragrafie tym opisano sposób określania technicznych możliwości punktów naprowadzania pod względem ilości jednoczesnych naprowadzeń.

Naprowadzanie samolotów myśliwskich na cele powietrzne może być realizowane sposobem przyrządowym i foniczno-ręcznym. W związku z tym możliwą ilość jednoczesnych naprowadzeń określamy oddzielnie dla sposobu foniczno-ręcznego i przyrządowego, a ich sumaryczna wartość określa możliwości danego punktu naprowadzania lotnictwa myśliwskiego. Wyraża to następująca zależność :

$$I_1 = I_I + I_{II} \qquad 2.68$$

W zależności 2.68 wielkość I_I wyraża możliwą ilość jednoczesnych naprowadzeń sposobem foniczno-ręcznym.
Ilość ta, jest zależna od :

- ilości wydzielonych wskaźników RLS obserwacji okrężnej i

wysokości ;

- ilości środków łączności dla zapewnienia łączności między punktem naprowadzania a pilotem samolotu myśliwskiego /radiostacji/ ;
- ilości nawigatorów-operatorów i ich poziomu wyszkolenia.

Wielkość I_I określamy według następujących zależności :

1. $I_I = I \cdot I'$; jeżeli: $I \leqslant \min.\{WOO, WH, RT\}$ 2.69

2. $I_I = I' \cdot \min.\{WOO, WH, RT\}$; jeżeli: $I > \min.\{WOO, WH, RT\}$ 2.70

gdzie : I - ilość nawigatorów-operatorów naprowadzania foniczno-ręcznego ;

I' - współczynnik charakteryzujący wyszkolenie nawigatorów-operatorów ;

WOO - ilość wskaźników obserwacji okrężnej RLS, wydzielonych do zabezpieczenia naprowadzania ;

WH - ilość wskaźników wysokości ;

RT - ilość radiostacji, przeznaczonych do zabezpieczenia łączności między nawigatorem-operatorem, a pilotem samolotu myśliwskiego..

W zależności 2.68 wielkość I_{II} wyraża możliwą ilość jednoczesnych naprowadzeń samolotów myśliwskich sposobem przyrządowym.

Wartość I_{II} zależy od :

- ilości aparatury przyrządowego naprowadzania /N/ ;

- możliwości jednej aparatury w realizacji jednoczesnych naprowadzeń /I_2/.

Wielkość I_{II} określamy z zależmości :

$$I_{ij} = N \cdot I_2 \qquad 2.71$$

W pracy zakładamy, że aparatura APN może być zasilana informacją dokładną o celach powietrznych i samolotach własnych z dowolnego typu RLS.

2.14. Ważność celów powietrznych.

Określenie adekwatnej ważności celu powietrznego jest problemem bardzo skomplikowanym. Wpływa na to szereg czynników zmiennych w czasie i nie zawsze dających się wyrazić ilościowo. Czynniki te podzielono na trzy zasadnicze grupy :

1. Czynniki określające ważność celu powietrznego.
2. Czynniki określające ważność oddziaływania samolotów myśliwskich na cel powietrzny.
3. Czynniki określające ważność punktu naprowadzania samolotów myśliwskich na cel powietrzny.

2.14.1. Czynniki wyrażające ważność celu powietrznego.

Ważność celu powietrznego uzależniono od trzech czynników, co wyraża następująca zależność :

$$\eta^I = f(\eta_1, \eta_2, \eta) \qquad 2.72$$

I. Czynnik ϱ_1 wyraża skuteczność oddziaływania zakłóceń radiolokacyjnych stosowanych przez cel powietrzny na środki radiolokacyjne BRT. Czynnik ten. może przyjmować różne wartości, zależnie od rodzaju, zakresu i gęstości mocy stosowanych zakłóceń.

Na podstawie doświadczeń poligonowych oraz wojny wietnamskiej i na Bliskim Wschodzie proponuje się następującą hierarchię ważności zakłóceń :

1. Ze względu na rodzaj zakłóceń :

   a/ zakłócenia aktywne i pasywne /mieszane/ - K_1' ;

   b/ zakłócenia aktywne - K_1'' ;

   c/ zakłócenia pasywne - K_1'''.

2. Ze względu na zakres zakłóceń :

   a/ zakłócenia aktywne zaporowe - f_{10} ;

   b/ zakłócenia aktywne szerokopasmowe - f_{20} ;

   c/ zakłócenia aktywne wąskopasmowe - f_{30}.

3. Ze względu na gęstość mocy zakłóceń :

   a/ zakłócenia aktywne o gęstości mocy - W_1^{IO} ;

   b/ zakłócenia aktywne o gęstości mocy - W_2^{IO} ;

   c/ zakłócenia aktywne o gęstości mocy - W_3^{IO}.

Zakres i gęstość mocy radiolokacyjnych zakłóceń aktywnych obliczamy zgodnie z opisem podanym w p. 2.11.2 i 2.11.3.

Wartość wskaźnika ϱ_1 możemy więc określić zależnością :

$$\varrho_1 = f/K_1, W^{IO}, f/ \qquad 2.73$$

II. Czynnik η_2 wyraża skład ilościowy /N_4/ celu powietrznego typy samolotów i ich udźwig oraz typy środków rażenia i stosowaną taktykę atakowania obiektów.

Obecne środki radiolokacyjne, będące w wyposażeniu BRT, nie są w stanie określić typu samolotu i środków rażenia, a tylko w przybliżeniu określają skład ilościowy celu powietrznego.

Wartość czynnika określającego taktykę atakowania obiektów możemy przyjąć równą jeden /1/, ze względu na to, że nieprzyjaciel będzie dążył do wykorzystania posiadanych środków w sposób racjonalny.

Wobec powyższego wartość czynnika η_2 będziemy określać tylko na podstawie składu ilościowego celu powietrznego, co wyraża następująca zależność :

$$\eta_2 = N_4 \cdot i_1 \qquad 2.74$$

gdzie :

i_1 - ważność jednego samolotu nieprzyjaciela ;

N_4 - skład ilościowy celu powietrznego.

III. Czynnik η wyraża ważność osłanianego obiektu[1/].

Do analizy przyjmujemy tylko te obiekty, których osłona

- -

1/ Sposób określania ważności obiektów jest opisany w rozprawie habilitacyjnej płk dr Zygmunta KUKUŁY i płk dr Józefa SMOTERA - "Odpieranie pierwszego zmasowanego nalotu SNP nieprzyjaciela w granicach PRL" - ASG - 1978 r.

jest treścią zadania bojowego korpusu OPKiw stosunku do których rubieże wykonania zadania przez cel powietrzny przecinają się z trasą lotu tego celu.

W związku z powyższym wartość czynnika η możemy obliczyć z zależności :

$$\eta = \eta' \cdot i_2 \qquad 2.75$$

gdzie : η' - ważność osłanianego obiektu ;

i_2 = 1-dla obiektu osłony, w stosunku do którego RWZ przez cel powietrzny przecina się z trasą lotu tego celu ;

i_2 = 0-dla obiektu osłony, w stosunku do którego RWZ przez cel powietrzny nie przecina się z trasą lotu tego celu.

Rubież wykonania zadania zależy od rodzaju stosowanych środków rażenia i taktyki ich użycia.

W obliczeniach przyjmujemy dwa rodzaje środków rażenia :

- pociski rakietowe klasy "powietrze-ziemia" ;
- bomby.

Środki te mogą być z ładunkiem konwencjonalnym lub jądrowym.

Wartość RWZ możemy określić z zależności :

1. Dla pocisków klasy "powietrze-ziemia" :

$$RWZ = 0{,}5D_1 + A' + r \qquad 2.76$$

2. Dla bomb :

$$RWZ^I = E + A' + r \qquad 2.77$$

gdzie : D_1 - maksymalny zasięg pocisku rakietowego klasy "powietrze-ziemia" ;

A' - promień rażenia ładunku bojowego rakiety lub bomby ;

E - odstęp bombardowania ;

r - promień obiektu osłony.

Zakładamy, że rubież wykonania zadania jest okręgiem o promieniu równym RWZ, którego środkiem jest środek obiektu osłony.

Wobec powyższego, aby sprawdzić, czy okrąg o promieniu RWZ ma wspólne punkty z trasą lotu celu należy rozwiązać następujący układ równań :

$$\left.\begin{aligned}(x-x_b) &= tg\bar{\beta}(y-y_b)\\ (x-x_o)^2+(y-y_o)^2 &= (RWZ)^2\end{aligned}\right\} \qquad 2.78$$

lub

$$\left.\begin{aligned}(x-x_b) &= tg\bar{\beta}(y-y_b)\\ (x-x_o)^2+(y-y_o)^2 &= (RWZ^I)^2\end{aligned}\right\} \qquad 2.79$$

gdzie : X_o, Y_o - współrzędne środka obiektu.

Jeżeli powyższe równania mają co najmniej jedno rozwiązanie, to świadczy to o tym, że cel powietrzny może atakować dany obiekt osłony. Wobec powyższego $i_2 = 1$. Natomiast jeżeli powyższe równania nie mają żadnego rozwiązania, to $i_2 = 0$.

W niektórych przypadkach trasa lotu celu powietrznego może przecinać się z kilkoma RWZ. Wówczas do określenia ważności celu powietrznego przyjmujemy obiekt osłony o największej wartości η , to znaczy :

$$\eta'_i = \max\{\eta'_1, \eta'_2, \ldots \eta'_i, \ldots \eta'_I\} \qquad 2.80$$

gdzie : $i = 1,2,3 \ldots I$ - numer obiektu.

Na podstawie powyższych zależności możemy określić ważność celu powietrznego, to jest :

$$\eta^{I} = f(K_1, W^{IO}, f) + N_4 \cdot i_2 + \eta \qquad 2.81$$

2.14.2. Określenie ważności oddziaływań samolotów myśliwskich na cele powietrzne.

Ważność oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny możemy określić z zależności :

$$\eta'' = i_3 \cdot t^{v} \qquad 2.82$$

Wartość współczynnika i_3 zależy od wyszkolenia pilota, typu samolotu i środków rażenia oraz od warunków atmosferycznych i parametrów lotu celu powietrznego.

Współczynnik t^{v} charakteryzuje możliwości samolotów myśliwskich pod względem czasu rozpoczęcia oddziaływania. Ma on maksymalną wartość w odniesieniu do tego lotniska /strefy dyżurowania/, z którego samoloty myśliwskie mogą najwcześniej rozpocząć oddziaływanie na dany cel powietrzny.

W celu wyznaczenia współczynnika t^{v} należy obliczyć czasy rozpoczęcia oddziaływania $/t_1'/$ z poszczególnych lotnisk /stref dyżurowania/ na dany cel powietrzny i uporządkować ich wartości od najmniejszej do największej.

Następnie dla lotniska /strefy dyżurowania/, z którego można rozpocząć oddziaływanie na dany cel powietrzny w pierwszej kolejności $/t_1' = \min./$ należy przyjąć wartość $t^{v} = 100$, a dla każdego kolejnego lotniska wartość t^{v} o 10 mniejszą.

Zakładamy, że ilość lotnisk i stref dyżurowania, z których możliwe jest oddziaływanie samolotów myśliwskich na dany cel powietrzny, nie będzie większa od 10.

2.14.3. Określanie ważności punktu naprowadzania samolotów myśliwskich.

Ważność punktu naprowadzania samolotów myśliwskich określamy ze względu na czas rozpoczęcia pierwszego naprowadzania na dany cel powietrzny i występujące radiolokacyjne zakłócenia aktywne. -

Ważność tą określamy według następującej zależności :

$$\eta^{III} = \eta_4 \cdot i_4 \qquad 2.83$$

W zależności 2.83 wielkość η_4 wyraża ważność punktu naprowadzania ze względu na czas rozpoczęcia pierwszego naprowadzania.

W celu wyznaczenia współczynnika η_4 należy obliczyć czasy rozpoczęcia pierwszego naprowadzania samolotów myśliwskich na dany cel powietrzny /t'_{10}/ przez poszczególne punkty i uporządkować ich wartości od najmniejszej do największej.

Następnie dla punktu naprowadzania, z którego można naprowadzić samoloty myśliwskie na dany cel powietrzny w pierwszej kolejności /t'_{10}= min./ należy przyjąć wartość η_4= 100, a dla każdego kolejnego punktu wartość η_4 o 10 mniejszą.

Zakładamy, że ilość punktów naprowadzania, z których możliwe jest naprowadzanie samolotów myśliwskich na dany cel powietrzny, nie będzie większa od 10.

Wartość współczynnika i_4 zależy od średniej gęstości mocy zakłóceń, które oddziałują na RIS, w oparciu o którą realizuje się naprowadzanie samolotów myśliwskich.

W zależności od średniej gęstości mocy zakłóceń współczynnik i_4 może mieć wartości od 1 do 0.

Wartość współczynnika i_4 możemy określić doświadczalnie, przyjmując zasadę, że jeżeli nie jest zakłócany punkt naprowadzania, to współczynnik $i_4 = 1$.

Natomiast dla punktów, które są zakłócane współczynnik i_4 jest mniejszy od 1 a większy od 0, w zależności od średniej gęstości mocy zakłóceń /tabela 2.7/.

Tabela 2.7.

W^{IO}	$W^{IO} = 0$	W_1^{IO}	W_2^{IO}	W_3^{IO}
i_4	1	i_4'	i_4''	i_4'''

przy : $0 < i_4' < i_4'' < i_4''' < 1$

2.14.4. Określanie sumarycznej ważności celu powietrznego z uwzględnieniem ważności punktu naprowadzania.

Sumaryczna ważność celu powietrznego /η_{30}/ stanowi sumę ważności tego celu /na który jest realizowane naprowadzenie/ i punktu naprowadzania /który realizuje to naprowadzanie/.

artość η_{30} określamy z zależności :

$$\eta_{30} = \eta^{I} + \eta^{III}, \text{ przy założeniu, że } \eta^{III} > 0 \qquad 2.84$$

.14.5. Sumaryczna ważność celu powietrznego z uwzględnieniem ważności oddziaływania samolotów myśliwskich.

Sumaryczną ważność celu powietrznego, z uwzględnieniem ażności oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotnis- a /strefy dyżurowania/ na dany cel, można określić ze wzoru :

$$\eta_{10} = \eta^{I} + \eta^{II}, \quad \text{przy założeniu, że : } \eta^{II} > 0 \qquad 2.85$$

3. OPIS ALGORYTMIZOWANYCH CZYNNOŚCI ZWIĄZANYCH Z ANALIZĄ MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO KORPUSU OPK

3.1. Sposoby działań bojowych oraz stopnie gotowości bojowej lotnictwa myśliwskiego OPK.

Lotnictwo myśliwskie OPK, podczas realizacji podstawowego zadania bojowego, jakim jest osłona wojsk i obiektów na terytorium PRL przed rozpoznaniem i uderzeniami SNP nieprzyjaciela, stosuje następujące sposoby działań bojowych:

a/ Przechwytywanie celów powietrznych z dyżurowania na lotnisku.

b/ Przechwytywanie celów powietrznych z dyżurowania w powietrzu.

c/ Samodzielne poszukiwanie i zwalczanie celów powietrznych.

W pracy rozpatrywane będą tylko te sposoby działań bojowych, które związane są ściśle z działalnością wojsk radiotechnicznych, tzn. sposoby wymienione w pkt a i b.

Przechwytywanie z dyżurowania na lotnisku polega na tym, że:

1. Samoloty myśliwskie, dyżurujące w odpowiednim stopniu gotowości bojowej, startują "na przechwycenie" po wykryciu celu powietrznego, podjęciu decyzji na SD i przekazaniu komendy startu.
2. Po starcie samoloty myśliwskie są naprowadzane na wskazane cele powietrzne /zgodnie z podjętą decyzją/ za pomocą naziemnych środków radiolokacyjnych. Samoloty te mogą dyżurować na lotnisku w jednym z czterech stopni gotowości bojowej:

- gotowość bojowa nr 1 -/G = 1/;
- gotowość bojowa nr 2 -/G = 2/;
- gotowość bojowa nr 3 -/G = 3/;
- gotowość bojowa nr 4 -/G= 4/.

Przechwytywanie z dyżurowania w powietrzu polega na tym, że:

1. Samoloty myśliwskie startują do wyznaczonych stref dyżurowania w powietrzu jeszcze przed wykryciem celu powietrznego.
2. Po wykryciu celu powietrznego i podjęciu decyzji na SD samoloty te są naprowadzane za pomocą naziemnych środków radiolokacyjnych.

Strefa dyżurowania jest to część przestrzeni powietrznej o określonych wymiarach, z której samoloty myśliwskie są naprowadzane na cele powietrzne.

W niniejszej pracy będą rozpatrywane tylko te oddziały lotnictwa myśliwskiego, w których przynajmniej część samolotów na jednym z lotnisk znajduje się w gotowości bojowej nr 1 /G = 1/ lub nr 2 /G = 2/, bądź też część samolotów znajduje się w strefie /strefach/ dyżurowania.

Rozpatrywane będą również tylko te punkty naprowadzania lotnictwa myśliwskiego, które znajdują się w gotowości bojowej nr 1.

Dokładny opis stopni gotowości bojowej jest zawarty w odpowiednich instrukcjach.

3.2. Przestrzeń i czas oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny ze względu na taktyczny promień działania.

Możliwości bojowe samolotów myśliwskich pod względem przestrzeni bojowego oddziaływania na SNP nieprzyjaciela zależą głównie od 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/.

Ogólny wzór obliczania taktycznego promienia działania ma następującą postać:

$$R = \frac{\Theta_{lp}}{2CK} + \frac{S_{wzn} + S_{zn}}{2} \qquad 3.1$$

gdzie:

Θ_{lp} - zapas paliwa do wykonania lotu poziomego;

CK - kilometrowe zużycie paliwa;

S_{wzn} - droga wznoszenia /rzut na płaszczyznę poziomą/;

S_{zn} - droga zniżania /rzut na płaszczyznę poziomą/;

Zapas paliwa $/\Theta_{lp}/$ do wykonania lotu poziomego oblicza my wg wzoru:

$$\Theta_{lp} = K \cdot k \,/\Theta_c - \Theta_z - \Theta_m / - \Theta_i$$

$$\Theta_i = \Theta_{zb} + \Theta_{pc} + \Theta_{zn} + \Theta_{rozp} + \Theta_{kr} + \Theta_{wzn}$$

gdzie:

K - współczynnik uwzględniający lot w ugrupowaniu;

k - współczynnik uwzględniający zapas paliwa na zmianę sytuacji nawigacyjno-taktycznej i atmosferycznej;

Θ_c - całkowity zapas paliwa;

Θ_m - paliwo martwe;

Θ_z - zużycie paliwa na ziemi;

Θ_{wzn} - zużycie paliwa w czasie wznoszenia;

Θ_{zb} - zużycie paliwa podczas zbiórki;

Θ_{pc} - zużycie paliwa podczas atakowania celu;

Θ_{zn} - zużycie paliwa podczas zniżania;

Θ_{kr} - zużycie paliwa w czasie lotu po kręgu;

Θ_{rozp} - zużycie paliwa w czasie rozformowania ugrupowania.

W celu obliczenia taktycznego promienia działania w założonej sytuacji powietrznej należy ustalić następujące dane:

- typ samolotu myśliwskiego /S/;
- wariant uzbrojenia samolotu myśliwskiego /podwieszenia/ /u/;
- wysokość lotu samolotu myśliwskiego /H_s/
- prędkość lotu samolotu myśliwskiego /V_s/ .

Typ samolotu i wariant uzbrojenia możemy określić przed nalotem.

Wysokość lotu samolotu myśliwskiego przyjmujemy jako równą wysokości lotu SNP /H_b/ , w odniesieniu do którego prowadzi się obliczenia, tzn:

$$H_s = H_b$$

Prędkość lotu samolotu myśliwskiego również przyjmujemy w zależności od prędkości lotu SNP powietrznego /V_b/ wg zależności:

$$V_s = V_b + 200$$

Wartość poszczególnych czynników do obliczania Θ_{lp} możemy określić w następujący sposób:

Θ_c, Θ_m i Θ_z - jako wartość stałą dla danego typu samolotu;

K - jako średnią wartość dla pary i klucza;

k - jako średnią wartość równą 0,9;

Θ_{zb}, Θ_{kr}, Θ_{rozp} - jako średnie wartości dla danego typu samolotu;

Θ_{pc} - jako wartość odpowiadającą maksymalnemu zużyciu paliwa w czasie 3 minut lotu, dla danego typu samolotu, przy zakresie pracy silnika - " pełne dopalanie ";

Θ_{wzn}, Θ_{zn} - na podstawie danych /tabel, wykresów/ zawartych w instrukcji /przyjmowanie średnich wartości może spowodować zbyt duże błędy/.

Kilometrowe zużycie paliwa /CK/ w locie poziomym jest zależne od typu samolotu, wariantu podwieszeń, wysokości i prędkości lotu, tzn.:

$$CK = f/S, u, H_s, V_s/$$

Należy wprowadzić tabelaryczne zestawienie tych danych na podstawie instrukcji.

S_{wzn} i S_{zn} określamy w zależności od $H_s = H_b$ dla danego typu samolotu, tzn.:

$$S_{wzn} = f/S, H_s/$$

$$S_{zn} = f/S, H_s/$$

Należy również wprowadzić tabelaryczne zestawienie tych danych na podstawie instrukcji.

Ten sposób obliczania taktycznego promienia działania wymaga dużej ilości danych i może być zbyt czasochłonny. Jego zaletą jest jednak duża dokładność.

3.2.1. Określanie wielkości taktycznego promienia działania na podstawie tabel.

W celu uproszczenia i skrócenia obliczeń można zestawić / w postaci tabel/ wartości taktycznych promieni działania dla danych typów samolotów, wariantów ich uzbrojenia i całkowitego zapasu paliwa, w zależności od wysokości i prędkości lotu, tzn.:

$$R_s = f/H_s, V_s/ \qquad 3.2$$

Dla każdego typu samolotu możemy opracować zestaw tabel, w zależności od wariantu uzbrojenia /u/ i całkowitego zapasu paliwa /Θ_c/.

Należy uwzględnić przynajmniej dwa warianty uzbrojenia:

- u_1 - uzbrojenie w kierowane pociski rakietowe i działko;
- u_2 - uzbrojenie w niekierowane pociski rakietowe i działko.

Również przynajmniej w dwóch wariantach może występować całkowity zapas paliwa:

- Θ_{c1} - bez zbiornika dodatkowego;

- Θ_{c2} - ze zbiornikiem dodatkowym.

Przy tych założeniach należy opracować dla każdego typu samolotu cztery tabele:

1. Dla: u_1, Θ_{c1}.
2. Dla: u_1, Θ_{c2}.
3. Dla: u_2, Θ_{c1}.
4. Dla: u_2, Θ_{c2}.

Dla wszystkich tabel , dla danego typu samolotu, można przyjąć jako wielkości stałe:

- ciężar właściwy paliwa;
- zapas paliwa na zmianę sytuacji taktyczno-nawigacyjnej i atmosferycznej - 7%;
- zapas paliwa na rozegranie walki powietrznej, równy zużyciu paliwa w czasie 3 minut lotu na zakresie pracy silnika - "pełne dopalanie".

Tabele wartości taktycznego promienia działania można wykonać na podstawie wykresów zawartych w instrukcji /tabela 3.1./.

Tabela średnich wartości taktycznych promieni działania samolotu MiG-21 pfm / S_1/, uzbrojonego w pociski rakietowe R-3S /u_1/ , bez zbiornika dodatkowego /Θ_1/.

$$R_{s1} = f\,/H_s, V_s/, \quad \text{dla: } u_1, \Theta_1 .$$

Tabela 3.1.

V_S	$V_{S1} - V_{S2}$	$V_{S2} - V_{S3}$	.	$V_{Si} - V_{Sk}$
$H_{S1} - H_{S2}$				
.				
$H_{Si} - H_{Sk}$				$R = f(H_{Si} - H_{Sk}, V_{Si} - V_{Sk})$

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. Przedział wysokości należy ustalić wg zależności:

$$H_{S1} < H_{S2} \leqslant H_{S3}$$

Przedział prędkości należy ustalić wg zależności:

$$V_{S1} < V_{S2} \leqslant V_{S3}$$

Tak więc , dla określonej wysokości /H_s/ i prędkości /V_s/ lotu, obszar działań lotnictwa myśliwskiego ze względu na taktyczny promień działania /R/ jest kołem o promieniu R , którego środkiem jest lotnisko bazowania o współrzędnych X_{Li} , Y_{Li}.

Obszar ten można przedstawić w postaci następującej zależności:

$$/X - X_{Li}/^2 + /Y - Y_{Li}/^2 = R_s^2 \qquad 3.3$$

Wobec tego nad rejonem obrony korpusu 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 następujących zależności:

$$\left.\begin{aligned} /X - X_{L1}/^2 + /Y - Y_{L1}/^2 &= R_s^2 \\ /X - X_{L2}/^2 + /Y - Y_{L2}/^2 &= R_s^2 \\ \text{- - - - - - - - - - - - - -} & \\ /X - X_{Li}/^2 + /Y - Y_{Li}/^2 &= R_s^2 \end{aligned}\right\} \qquad 3.4$$

gdzie: i = 1,2,3..... I - numer lotniska.

3.2.2. <u>Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajdzie się w przestrzeni działania samolotów myśliwskich z danego lotniska.</u>

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

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

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

$$\left.\begin{aligned} /X - X_{L1}/^2 + /Y - Y_{L1}/^2 &= R_s^2 \\ X - X_b &= tg\bar{\beta}\ /Y - Y_b/ \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} /X - X_{L2}/^2 + /Y - Y_{L2}/^2 &= R_s^2 \\ X - X_b &= tg\bar{\beta}\ /Y - Y_b/ \end{aligned}\right\} \qquad 3.5$$

$$\left.\begin{aligned} /X - X_{Li}/^2 + /Y - Y_{Li}/^2 &= R_s^2 \\ X - X_b &= tg\bar{\beta}\ /Y - Y_b/ \end{aligned}\right\}$$

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

W wyniku rozwiązania powyższych układów równań mogą zaistnieć trzy przypadki:

a. Prosta charakteryzująca trasę lotu celu powietrznego nie ma punktów przecięcia z okręgiem o promieniu R dla danego lotniska, typu samolotu, jego wariantu uzbrojenia i zapasu paliwa /Rys.3.1./

b. Prosta charakteryzująca trasę lotu celu powietrznego ma tylko jeden punkt przecięcia $/X_1, Y_1/$ z okręgiem o promieniu R dla danego lotniska, typu samolotu, jego wariantu uzbrojenia i zapasu paliwa /Rys.3.2/.

c. Prosta charakteryzująca trasę lotu celu powietrznego ma dwa punkty przecięcia $/X_1, Y_1$; $X_2, Y_2/$ z okręgiem o promieniu R dla danego lotniska, typu samolotu, jego wariantu uzbrojenia i zapasu paliwa /Rys.3.3/.

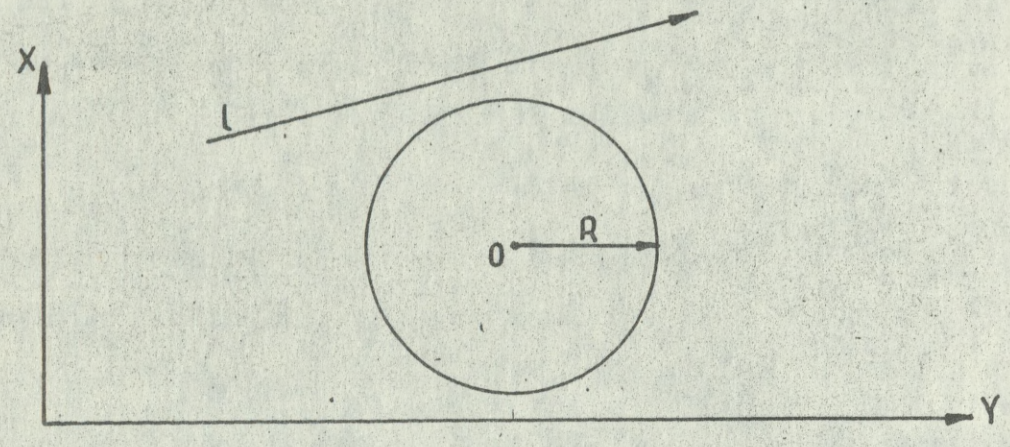
Oznaczenia na rysunkach 3.1. , 3.2. i 3.3:

l - prosta charakteryzująca trasę lotu celu powietrznego;
o - lotnisko o współrzędnych $/X_{Li}, Y_{Li}/$;
R - taktyczny promień działania samolotów myśliwskich.

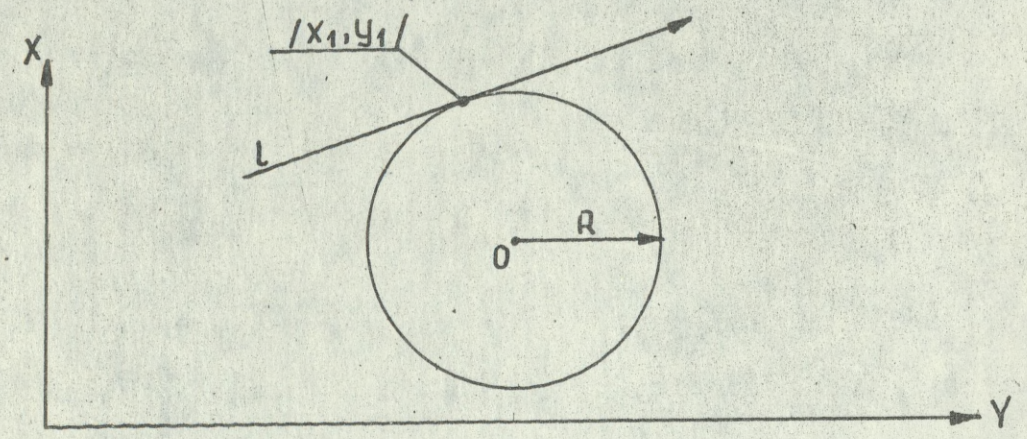
Przypadki "a" i "b" oznaczają, że cel powietrzny nie znajdzie się w obszarze działań samolotów myśliwskich z danego lotniska.

Przypadek "c" oznacza, że cel powietrzny znajdzie się w obszarze działań samolotów myśliwskich z danego lotniska.

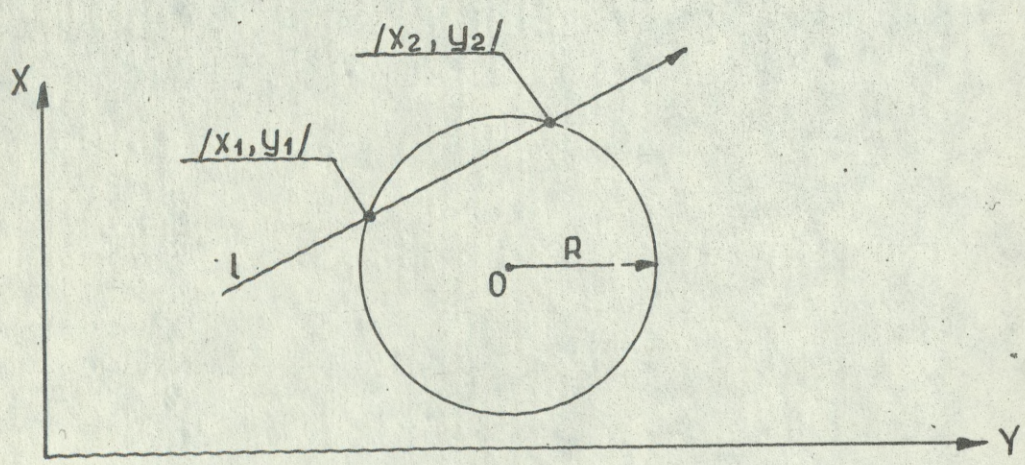
Do dalszych rozważań przyjmujemy tylko te lotniska, dla których przypadek "c" ma miejsce w stosunku do jednego przynajmniej celu powietrznego.



Rys. 3.1



Rys. 3.2



Rys. 3.3

3.2.3. Określanie odcinka trasy lotu celu powietrznego przez obszar działań samolotów myśliwskich z danego lotniska /D_{Li}/.

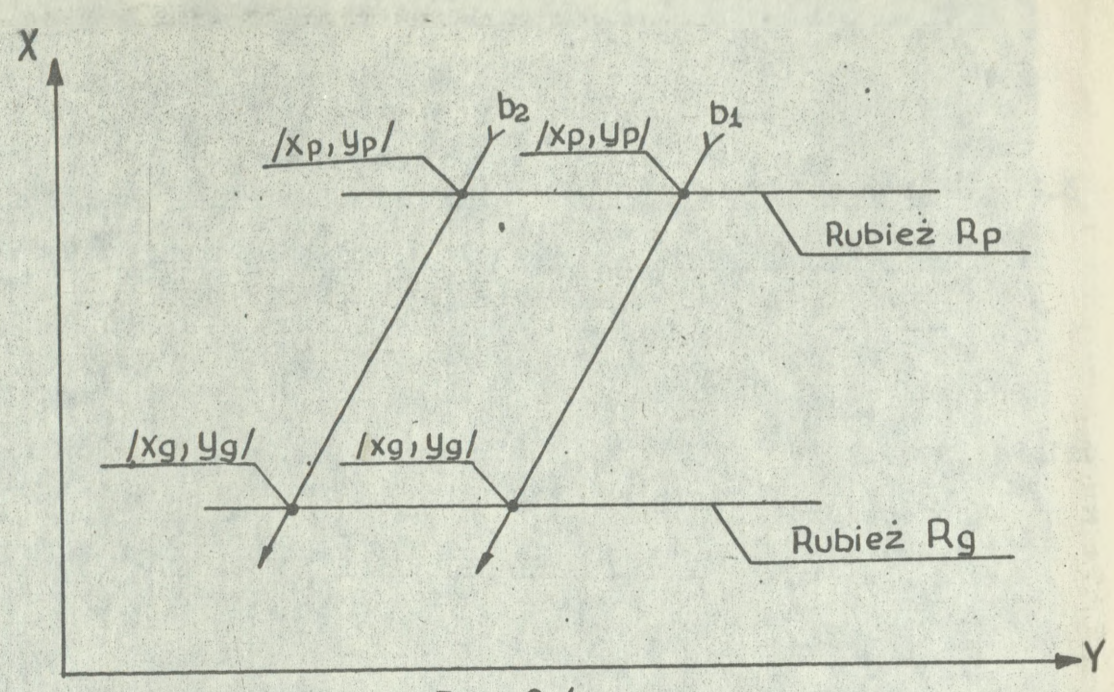
Długość odcinka trasy lotu celu powietrznego przez obszar działań samolotów myśliwskich z danego lotniska możemy obliczyć z następującej zależności:

$$D_{Li} = \sqrt{/X_1 - X_2/^2 + /Y_1 - Y_2/^2} \qquad 3.6$$

W pracy zakłada się, że na podejściach do rejonu obrony korpusu, biorąc pod uwagę kierunek nalotu, samoloty myśliwskie zwalczają SNP nieprzyjaciela bez ograniczeń, tzn. z pełnym wykorzystaniem zasięgu oddziaływania. W niektórych przypadkach taktyczny promień działania może zapewnić wprowadzenie samolotów myśliwskich do walki nad rejonem obrony sąsiedniego korpusu, sąsiedniego państwa sojuszniczego lub nawet nad terytorium nieprzyjaciela. Nie zawsze jednak, ze względu na warunki działań czy też 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 korpusu od wyznaczonej rubieży /R_p/.

Z podanych względów możemy również ustalić, że w odniesieniu do SNP wychodzących z rejonu obrony korpusu LM prowadzi walkę do wyznaczonej rubieży /R_g/.

Znając warunki lotu celu powietrznego możemy określić punkty przecięcia trasy jego lotu z rubieżami R_p i R_g, ograniczającymi zasięg oddziaływania samolotów myśliwskich /rys. 3.4./.

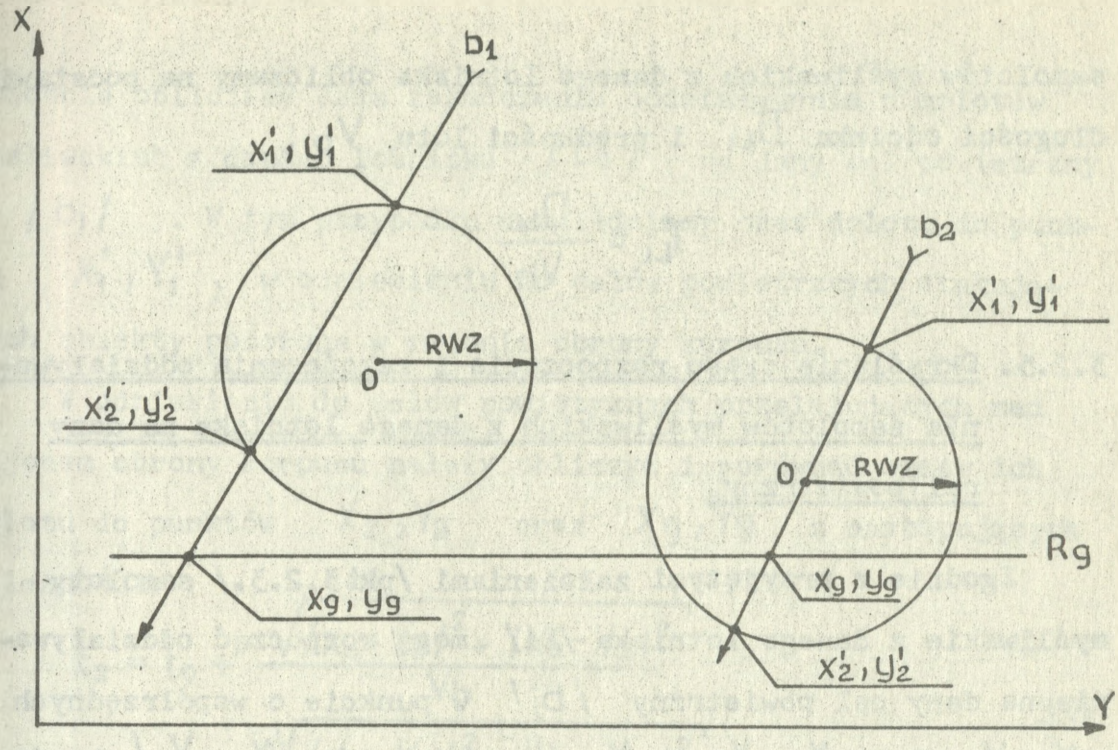


Rys. 3.4

Na tej podstawie ustalamy, że samoloty myśliwskie mogą rozpocząć walkę z danym celem powietrznym w punkcie o współrzędnych Xp , Yp /nie wcześniej/ , natomiast kończą walkę w punkcie o współrzędnych Xg , Yg /nie później/.

Przyjęte ograniczenia mogą być wystarczające w odniesieniu do celów powietrznych przelatujących nad rejonem obrony korpusu, w celu wykonania uderzeń na obiekty położone w głębi terytorium kraju. W odniesieniu do celów powietrznych atakujących obiekty położone w rejonie obrony korpusu zakładamy, że samoloty myśliwskie kończą walkę z danym celem powietrznym w momencie jego dolotu do obiektu ataku.

Za moment dolotu celu powietrznego do obiektu przyjmujemy punkt przecięcia trasy jego lotu z okręgiem o promieniu równym rubieży wykonania zadania /rys.3.5/.



Rys. 3.5.

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 o współrzędnych X_1', Y_1' /nie później/.

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

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

3.2.4. Określanie czasu 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:

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

3.2.5. Określanie czasu rozpoczęcia i zakończenia oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny.

Zgodnie z przyjętymi założeniami /pkt3.2.3./ samoloty myśliwskie z danego lotniska /Li/ mogą rozpocząć oddziaływanie na dany cel powietrzny /bj/ w punkcie o współrzędnych X_1, Y_1 lub X_p, Y_p. Znając współrzędne $/X_o, Y_o/$, określające położenie celu powietrznego w czasie pierwszego namiaru $/t_o/$, możemy określić czas rozpoczęcia pierwszego oddziaływania samolotów myśliwskich $/t'_1/$ z następujących zależności:

$$t'_1 = t_o + \frac{\sqrt{/X_o - X_1/^2 + /Y_o - Y_1/^2}}{V_b} \qquad 3.7$$

$$t''_1 = t_o + \frac{\sqrt{/X_o - X_p/^2 + /Y_o - Y_p/^2}}{V_b}$$

Czas t''_1 obliczamy tylko w przypadku wyznaczenia rubieży R_p, ograniczającej zasięg oddziaływania samolotów myśliwskich na podejściach do rejonu obrony korpusu.

Porównując wartości t'_1 i t''_1 możemy ustalić, że samoloty myśliwskie z danego lotniska / Li / mogą rozpocząć oddziaływanie na dany cel powietrzny /bj/ w czasie t'_1, jeżeli $t'_1 \geqslant t''_1$ lub w czasie t''_1, jeżeli $t'_1 < t''_1$.

Podobnie obliczamy czas zakończenia oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska $/L_i/$ na dany cel powietrzny $/b_j/$. W tym przypadku uwzględniamy czas dolotu do punktu X_1', Y_1', w odniesieniu do celów powietrznych atakujących obiekty położone w rejonie obrony korpusu.

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

$$t_2' = t_o + \frac{\sqrt{/X_o - X_2/^2 + /Y_o - Y_2/^2}}{V_b}$$

$$t_2'' = t_o + \frac{\sqrt{/X_o - X_g/^2 + /Y_o - Y_g/^2}}{V_b} \qquad 3.8$$

Porównując wartości t_2' i t_2'' możemy ustalić, że samoloty myśliwskie z danego lotniska $/L_i/$ kończą oddziaływanie na dany cel powietrzny $/b_j/$ w czasie t_2', jeżeli $t_2' < t_2''$ lub w czasie t_2'', jeżeli $t_2' > t_2''$.

W odniesieniu do celów powietrznych atakujących obiekty położone w rejonie obrony korpusu należy obliczyć i porównać czasy ich dolotu do punktów X_2, Y_2 oraz X_1', Y_1' z następujących zależności:

$$t_2' = t_o + \frac{\sqrt{/X_o - X_2/^2 + /Y_o - Y_2/^2}}{V_b}$$

$$t_2'' = t_o + \frac{\sqrt{/X_o - X_1'/^2 + /Y_o - Y_1'/^2}}{V_b} \qquad 3.9$$

Porównując wartości t_2' i t_2'' możemy ustalić, że samoloty myśliwskie z danego lotniska $/L_i/$ kończą oddziaływanie

na dany cel powietrzny /bj/ w czasie t_2', jeżeli $t_2' \leqslant t_2''$ lub w czasie t_2'', jeżeli $t_2' > t_2''$.

3.3. Pojęcie i sposób określania czasu jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na cel powietrzny /T4/

Pod pojęciem jednego oddziaływania należy rozumieć rozegranie walki powietrznej /wykonanie zbliżania i ataku/ przez pojedynczy samolot lub grupę samolotów myśliwskich /np. parę lub klucz/, przyjętą jako jednostka kalkulacyjna.

Czas jednego oddziaływania, w odniesieniu do pojedynczego samolotu myśliwskiego, liczymy od momentu wykrycia celu powietrznego przez pilota /wzrokowo lub na wskaźniku celownika radiolokacyjnego/ do momentu zakończenia strzelania.

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

Zakładamy, że naziemne środki dowodzenia /punkty naprowadzania/ zapewniają wyprowadzenie samolotu /grupy/ w położenie umożliwiające wykrycie celu powietrznego przez pilota / za wyjątkiem przypadków opisanych w pkt 3.3.3 / co oznacza, że samolot ten /grupa/ został wprowadzony do walki.

Moment wprowadzenia samolotu myśliwskiego /grupy/ do walki oznacza więc jednocześnie zakończenie I etapu bezpośredniego naprowadzania[1/] z ziemi oraz rozpoczęcie oddziaływania.

- -

1/ Pojęcie cyklu naprowadzania-pkt 3.4.

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

Zasadniczymi etapami walki powietrznej są: zbliżanie i atak /rys.3.6/.

Zbliżanie polega na manewrze samolotu myśliwskiego, wykonywanym od chwili wykrycia celu powietrznego aż do zajęcia pozycji wyjściowej do ataku.

Atak samolotu myśliwskiego składa się z manewru zapewniającego wyjście na krzywą celowania, celowania i prowadzenia ognia.

Czas zbliżania do celu /T_{zbl}/ można obliczyć z następującej zależności:

$$T_{zbl} = \frac{D_p - D_a}{V_{zbl}} = \frac{D_z}{V_{zbl}} \qquad 3.10$$

gdzie:

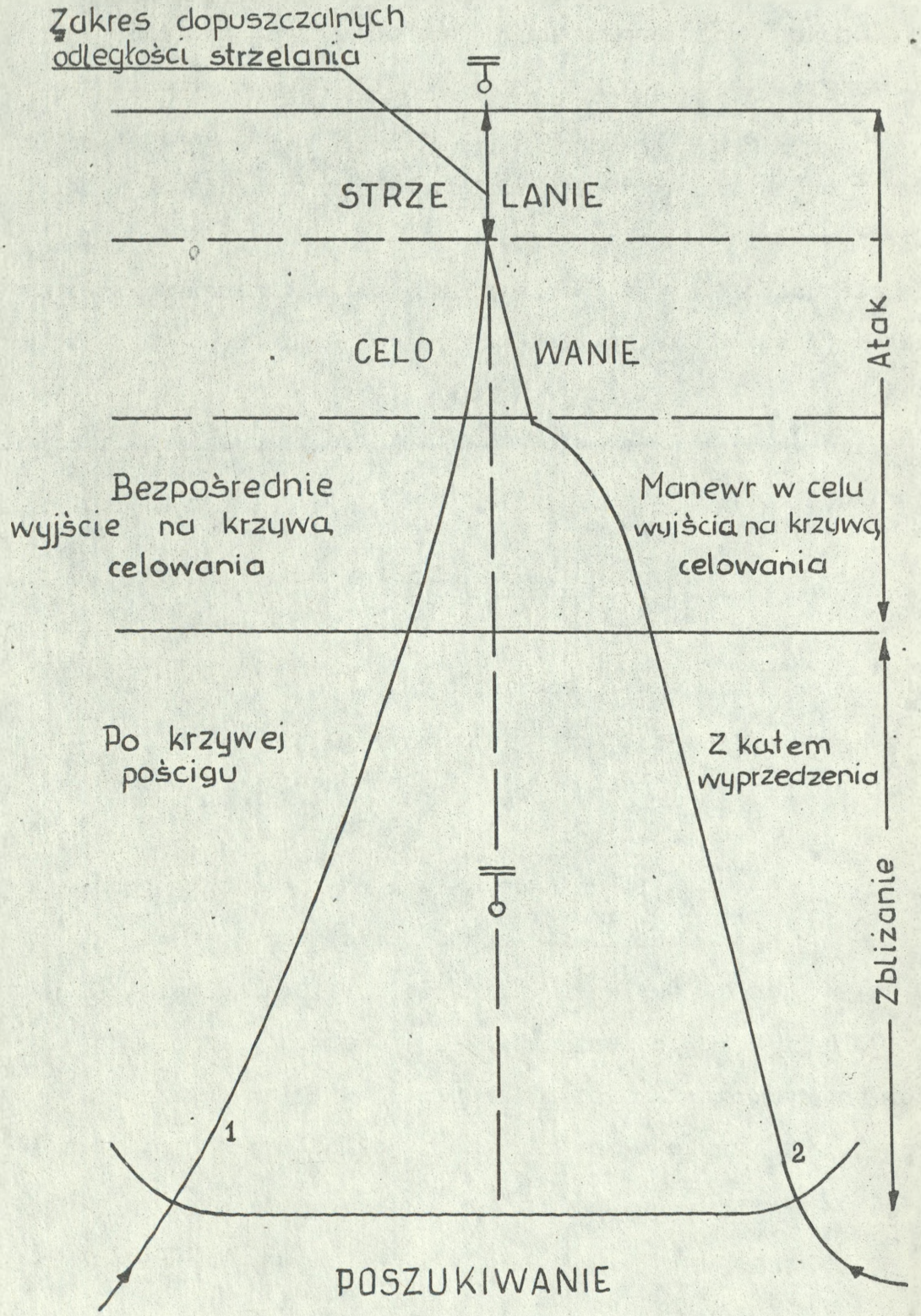
$D_p - D_a = D_z$ - droga zbliżania;

D_p - odległość do celu w momencie rozpoczęcia zbliżania;

D_a - odległość do celu w momencie zakończenia zbliżania /rozpoczęcia ataku/;

V_{zbl} - prędkość zbliżania myśliwca do celu.

Odległość rozpoczęcia zbliżania uwarunkowana jest dokładnością naprowadzania z ziemi oraz możliwościami wykrycia celu przez pilota wzrokowo lub za pomocą pokładowej stacji radiolokacyjnej.


Zakres dopuszczalnych
odległości strzelania
STRZE LANIE
CELO WANIE
Atak
Bezpośrednie
wyjście na krzywą
celowania
Manewr w celu
wyjścia na krzywą
celowania
Po krzywej
pościgu
Z kątem
wyprzedzenia
Zbliżanie
1
2
POSZUKIWANIE

Rys. 3.6

W przedstawionej zależności droga zbliżania /D_z/ jest wielkością przybliżoną, przy założeniu , że zbliżanie odbywa się po linii prostej. Prędkość zbliżania może osiągać różne wartości,w zależności od możliwości samolotu myśliwskiego i samolotu nieprzyjaciela. Zarówno jednak droga zbliżania , sposób wykonania manewru,jak i prędkość zbliżania powinny zapewniać dogodne warunki wykonania ataku.

Tak więc i odległość zakończenia zbliżania uwarunkowana jest odległością rozpoczęcia ataku.

Minimalną odległość rozpoczęcia ataku przez samolot myśliwski można określić według następującej zależności:

$$D_a = D_r + V_{zbl} / T_{man} + T_{cel} / \qquad 3.11$$

gdzie:

- T_{man} - czas manewru w celu wyjścia na krzywą celowania;
- T_{cel} - czas celowania;
- D_r - odległość rozpoczęcia strzelania /odpalania pocisków/.

Odległość rozpoczęcia ataku przez samolot myśliwski jest więc uwarunkowana głównie odległością strzelania z działek lub odpalania pocisków rakietowych oraz czasem niezbędnym na wykonanie przez pilota manewru w celu wyjścia na krzywą celowania i celowanie.

Dla każdej wysokości lotu można określić rozporządzalny zakres odległości odpalania kierowanych pocisków rakietowych, w zależności od prędkości zbliżania samolotu myśliwskiego do celu.

Znając /zakładając/ prędkość lotu celu powietrznego oraz możliwości samolotu myśliwskiego możemy ustalić zakres możliwych do osiągnięcia prędkości zbliżania w czasie ataku / od $V_{zbl\ max}$ do $V_{zbl\ min}$/. Następnie wybieramy najwygodniejszą prędkość zbliżania ze względu na warunki wykonania ataku. Ze względu na właściwości celownika radiolokacyjnego najwygodniejsze prędkości zbliżania do celu w momencie przechwycenia /przejścia celownika w rodzaj pracy "automatyczne śledzenie" / mieszczą się w granicach 100 - 250 km/h [1/].

Przyjmując średnią prędkość zbliżania oraz założoną wysokość lotu celu powietrznego możemy określić zakres dopuszczalnych odległości odpalania pocisków rakietowych /$D_{r\ max}$ i $D_{r\ min}$/.

W zależności od założeń taktycznych możemy ustalić /założyć/ odległość odpalania kierowanych pocisków rakietowych z zakresu $D_{r\ min}$ - $D_{r\ max}$.

Odległość D_r należy ustalić dla wszystkich wariantów wysokości i prędkości lotu celów powietrznych w zakładanym nalocie lub też przyjąć wartości średnie dla pewnych przedziałów wysokości /małe, średnie, duże, stratosferyczne/ oraz prędkości. Na podstawie odległości D_r można określić odległość rozpoczęcia zbliżania /Dp/ ze względu na czas niezbędny do wykonania manewru, w celu zajęcia pozycji wyjściowej do ataku oraz przechwycenie celu przez pokładową stację radiolokacyjną.

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

1/ Samolot MiG-21M . Metodyka szkolenia lotniczego - część II- Zastosowanie bojowe.

Doświadczenia wykonanych lotów wykazują, że na zbliżanie do celu i jego przechwycenie przez pokładową stację radiolokacyjną /przejście do automatycznego śledzenia/ potrzeba średnio 30-40 sekund, a na celowanie około 15-20 sek.[1/]

Przy takim założeniu można więc określić odległość do celu w momencie rozpoczęcia zbliżania według następującej zależności:

$$D_p = D_r + V_{zbl} \cdot T_{zbl} + V'_{zbl} \cdot T_a \; ; \qquad \text{dla } T_a = T_{cel} \qquad 3.12$$

gdzie:

V'_{zbl} - prędkość zbliżania myśliwca do celu w czasie ataku.

Na podstawie powyższych ustaleń można określić czas jednego oddziaływania pojedynczego samolotu myśliwskiego /T_4/ z następującej zależności:

$$T_4 = \frac{D_p - D_r}{V_{zbl\ śr}} + T_{strz} \qquad 3.13$$

gdzie: T_{strz} - czas strzelania;

$$V_{zbl\ śr} = \frac{V_{zbl} + V'_{zbl}}{2} \qquad 3.14$$

Należy wziąć pod uwagę, że tak obliczony czas jednego oddziaływania uwzględnia przede wszystkim potrzeby pilota i właściwości uzbrojenia samolotu, przy założeniu, że pilot zostaje naprowadzony z ziemi z taką dokładnością, aby rozpocząć zbliżanie z odległości /D_p/ określonej dla danych warunków

---

1/ Samolot MiG-21M. Metodyka szkolenia lotniczego. Część II. Zastosowanie bojowe.

strzelania /D_r/.

W praktyce jednak, biorąc pod uwagę aktualne doświadczenia, nie ma możliwości naprowadzania z ziemi z tak dużą dokładnością. Dokładność naprowadzania jest uwarunkowana głównie możliwościami sprzętu radiolokacyjnego oraz nawigatorów naprowadzania.

Jeżeli więc założyć, że odległość naprowadzania myśliwca w stosunku do celu jest wielkością średnią /$D_{nśr}$/, dla danego typu sprzętu radiolokacyjnego i wyszkolenia nawigatorów, to czas jednego oddziaływania pojedynczego samolotu myśliwskiego można określić z zależności:

$$T_4 = \frac{D_{nśr} - D_r}{V_{zbl\ śr}} + T_{strz} \qquad 3.15$$

Jeżeli przyjąć, że średnia odległość naprowadzania pilota w stosunku do celu wynosi około 10 km [1], to najwygodniejsza prędkość zbliżania na etapie zbliżania wynosi około 300 km/h, natomiast w momencie przechwycenia 100-250 km/h [1].

Jeżeli przejmiemy, że odległość odpalania pocisków rakietowych R-3S na małej wysokości wynosi 1,5 - 2 km, to czas jednego oddziaływania pojedynczego samolotu myśliwskiego wyniesie około 1,8 - 2,5 min.

Jeżeli grupa samolotów wykonuje atak jednoczesny, to można przyjąć, że czas jednego oddziaływania jest równy czasowi oddziaływania pojedynczego samolotu.

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

1/ Samolot MiG-21M. Metodyka szk.lot. Część II. Zastosowanie bojowe.

Możliwości wykonywania grupowych ataków jednoczesnych są jednak ograniczone. Należy więc ustalić czas oddziaływania grupy samolotów w przypadku ataków kolejnych.

Ataki kolejne wykonuje się pojedynczymi samolotami /grupami z reguły do pary samolotów/ lecącymi „jeden za drugim" w odległościach zapewniających natychmiastowe otwarcie ognia przez prowadzonego /grupę/ po wyjściu z ataku prowadzącego.

Czas jednego oddziaływania grupy samolotów można określić zależnością:

$$T_4 = T_{op} + n / T_{cel} + T_{odj} / \qquad 3.16$$

gdzie:

T_{op} - czas oddziaływania prowadzącego;

n - ilość kolejnych samolotów /grup/ wykonujących atak;

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

T_{odj} - czas odejścia samolotu prowadzącego na odstęp zabezpieczający przed rażeniem ogniem z samolotu prowadzonego lub uchwycenia go przez wiązkę prowadzącą celownika radiolokacyjnego, względnie głowicę pocisku samonaprowadzającego się.

Wzór jest prawdziwy przy założeniu, że samoloty utrzymują taką odległość między sobą, aby każdy prowadzony mógł rozpocząć celowanie natychmiast po wyjściu z ataku prowadzącego.

Rozpatrując klucz jako jednostkę kalkulacyjną, czas jednego oddziaływania, w przypadku kolejnego ataku parami samolotów /dla poprzednio przyjętych założeń/, wyniesie około 2,1 -

2,8 min. , a w przypadku kolejnego ataku pojedynczymi samolotami około 2,8 - 3,5 min.

Podczas stosowania ataków kolejnych często może dojść do sytuacji, że SNP będzie skutecznie rażony ogniem pierwszego atakującego samolotu myśliwskiego. Kolejny samolot myśliwski może więc atakować inny SNP ze składu danego celu. Konieczne jest jednak przyjęcie ugrupowania myśliwców z odstępem czasowym zapewniającym kontrolę rezultatów strzelania prowadzącego, tzn:

$$T_4 = T_{op} + n / T'_{cel} + T_1 + T_{ow} / \qquad 3.17$$

gdzie:

T'_{cel} - czas celowania prowadzonego z uwzględnieniem możliwości przecelowania się na inny samolot w grupie npla;

T_1 - czas lotu pocisku do celu;

T_{ow} - czas kontroli rezultatów strzelania prowadzącego.

Wydaje się, że ze względów taktycznych /przyjmując klucz jako jednostkę kalkulacyjną/ najbardziej zbliżonym do warunków współczesnych walk powietrznych będzie przyjęcie wariantu, w którym pierwsza para samolotów wykonuje atak jednoczesny, natomiast pozostałe samoloty wykonują kolejne ataki pojedynczo, z kontrolą rezultatów strzelania. W tym wariancie ataku czas jednego oddziaływania klucza samolotów można określić zależnością:

$$T_4 = T_{op} + 2 / T'_{cel} + T_1 + T_{ow} /$$

Czas jednego oddziaływania będzie zawsze uzależniony od aktualnych możliwości sprzętu radiolokacyjnego, samolotów myśliwskich, ich uzbrojenia, możliwości samolotów nieprzyjaciela, warunków atmosferycznych, wyszkolenia pilotów, nawigatorów naprowadzania, wysokości i prędkości lotu. Z tego też względu czas ten należy ustalać w oparciu o praktyczne doświadczenia LM danego korpusu, posiadającego określony sprzęt, odpowiednio wyszkolone załogi i prowadzącego działania bojowe w określonych warunkach.

3.3.1. Określenie odcinka jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na cel powietrzny /D_{T4}/

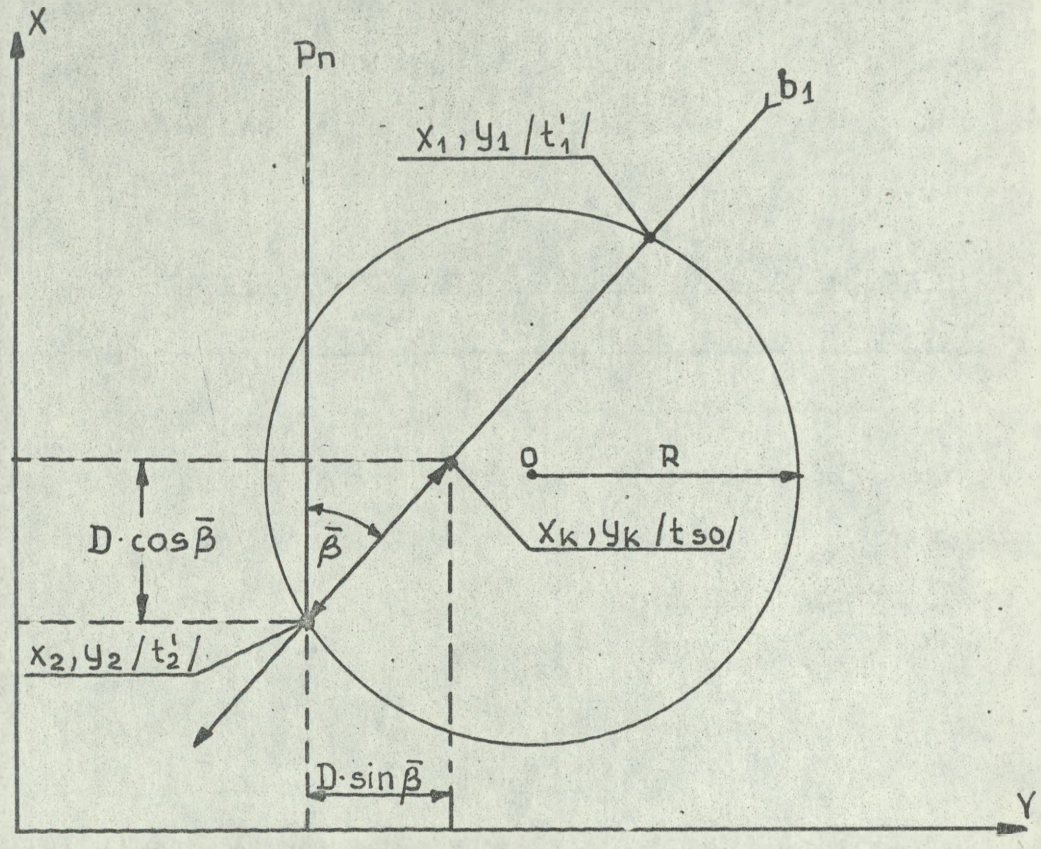
Pod pojęciem odcinka jednego oddziaływania należy rozumieć drogę, jaką przebędzie cel powietrzny w czasie wykonania jednego oddziaływania /T_4/ przez grupę samolotów myśliwskich, przyjętą jako jednostka kalkulacyjna.

$$D_{T4} = T_4 \cdot V_b \qquad 3.18$$

3.3.2. Określenie miejsca i czasu ostatniego spotkania samolotów myśliwskich z danego lotniska . z danym celem powietrznym, ze względu na taktyczny promień działania oraz czas 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_9, Y_9 lub X'_1, Y'_1.

Znając długość odcinka jednego oddziaływania, współrzędne punktu zakończenia oddziaływania oraz kierunek lotu celu powietrznego /$\bar{\beta}$/ możemy określić współrzędne punktu ostatniego spotkania /X_k, Y_k/ rys. 3.7.



Rys. 3.7.

$$X_k = X_2 + D \cdot \cos\bar{\beta} \quad \text{lub} \quad X_k = X_g + D \cdot \cos\bar{\beta} \quad \text{lub} \quad X_k = X'_1 + D \cdot \cos\bar{\beta}$$
$$Y_k = Y_2 + D \cdot \sin\bar{\beta} \quad \text{lub} \quad Y_k = Y_g + D \cdot \sin\bar{\beta} \quad \text{lub} \quad Y_k = Y'_1 + D \cdot \sin\bar{\beta}$$

Znając czas jednego oddziaływania samolotów myśliwskich /T_4/ na odcinku /D_{T4}/ możemy określić czas ostatniego spotkania /t_{so}/ z danym celem powietrznym w punkcie X_k, Y_k:

$$t_{so} = t'_2 - T_4 \qquad 3.19$$

Ostatecznie więc, samoloty myśliwskie z danego lotniska mają możliwość spotkania z danym celem powietrznym w dowolnym punkcie,położonym na odcinku trasy jego lotu ograniczonym punktami o współrzędnych X_1, Y_1 i X_k, Y_k, w czasie

$$t_1' \leqslant t < t_2' - T_4.$$

3.3.3. Sposób uwzględniania wpływu zakłóceń radiolokacyjnych na czas jednego oddziaływania samolotów myśliwskich.

Zakładamy , że jednym z zasadniczych czynników mających wpływ na czas jednego oddziaływania samolotów myśliwskich jest średnia odległość naprowadzania /Dnśr/,utożsamiana z odległością wykrycia celu przez pilota i rozpoczęcia zbliżania.

Możemy również przyjąć, że w warunkach bez zakłóceń radiolokacyjnych błąd w kursie naprowadzania jest niewielki i myśliwiec wykonuje zbliżanie do celu po linii prostej.

Zakłócenia radiolokacyjne aktywne mają zasadniczy wpływ na sposób i dokładność zobrazowania informacji radiolokacyjnej wykorzystywanej do naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne, w zależności od mocy zakłóceń.
W rozdziale drugim / pkt 2.11.1./ przyjęto trzy podstawowe zakresy gęstości mocy zakłóceń - W_1^{IO}, W_2^{IO}, W_3^{IO}.

Przyjmujemy, że zakłócenia aktywne powodują błędy w odległości i kursie naprowadzania.

Błąd w odległości uwzględniamy poprzez zwiększenie średniej odległości naprowadzania /Dnśr/, w zależności od gęstości mocy zakłóceń.

Błąd w kursie powoduje natomiast, że położenie samolotu myśliwskiego,w wyniku naprowadzania z ziemi, nie zapewnia wykrycia celu i rozpoczęcia zbliżania. Powoduje to konieczność

samodzielnego poszukiwania celu przez pilota /nie wykluczając pomocy nawigatora naprowadzania/ oraz wykonywania dodatkowych manewrów, aby samolot myśliwski /grupa/ znalazł się w położeniu względem celu zapewniającym warunki rozpoczęcia zbliżania i wykonania ataku.

Ostatecznie więc przyjmujemy umownie, że grupa samolotów myśliwskich zostaje wyprowadzona w punkt spotkania z celem, co jest równoznaczne z rozpoczęciem oddziaływania, podobnie jak w warunkach bez zakłóceń. Błędy naprowadzania uwzględniamy natomiast przez zwiększenie czasu oddziaływania. Zwiększając czas jednego oddziaływania samolotów myśliwskich uwzględniamy wpływ zakłóceń radiolokacyjnych na ogólną ilość oddziaływań względem danego celu /nalotu/.

Przyjmując powyższe założenia, czas jednego oddziaływania pojedynczego samolotu myśliwskiego w warunkach zakłóceń możemy obliczyć z następującej zależności:

$$T_4 = \frac{D_{nśr}/W_i^{IO}/ - Dr}{V_{zbl\,śr}} + T_{man}/W_i^{IO}/ + T_{strz} \qquad 3.20$$

gdzie:

$D_{nśr}/W_i^{IO}/$ - średnia odległość naprowadzania dla danego zakresu gęstości mocy zakłóceń;

$i = 1,2,3$ - zakresy gęstości mocy zakłóceń;

$T_{man}/W_i^{IO}/$ - czas poszukiwania celu oraz wykonywania manewrów przez pilota, zapewniających wyjście na dogodną pozycję do rozpoczęcia zbliżania;

$V_{zbl\,śr}$ - średnia prędkość zbliżania do celu, przy założeniu, że zbliżanie odbywa się po linii prostej.

Przypisując przykładowe wartości poszczególnym elementom wzoru możemy obliczyć czas jednego oddziaływania samolotu myśliwskiego w warunkach zakłóceń.

Przyjmujemy:

- $D_{nśr}/W_1^{IO}/$ - 20 km;
- D_r - 2 km;
- $V_{zbl\,śr}$ - 300 km/h;
- $T_{man}/W_1^{IO}/$ - około 4 min. - co odpowiada czasowi wykonania zakrętu o 360^o dla prędkości przyrządowej $/V_p/$ równej 750 km/h i kąta przechyłu równego 30^o;
- T_{strz} - 0,2 min.

$$T_4 = \frac{20-2}{5} + 4 + 0{,}2 = 7{,}8 \text{ min.}$$

W odniesieniu do grupy samolotów myśliwskich jest to czas wykonania ataku przez prowadzącego.

Natomiast czas wykonania ataków przez pozostałe samoloty w grupie obliczamy tak, jak w warunkach bez zakłóceń.

Obliczony przykładowy czas jednego oddziaływania, dla przyjętych wartości $/D_{nśr}/$ i $/T_{man}/$, jest około 4-krotnie większy niż w warunkach bez zakłóceń. Oznacza to, że ilość oddziaływań, ze względu na dokładność naprowadzania, będzie około 4-krotnie mniejsza.

Może zaistnieć sytuacja, że czas jednego oddziaływania $/T_4/$ będzie większy od czasu przebywania celu powietrznego w strefie naprowadzania danego punktu $/t'_{30} - t'_{10}/$, tzn.

$$T_4 > t'_{30} - t'_{10}$$

W tych warunkach przyjmujemy, że nie ma możliwości oddziaływania na dany cel powietrzny.

Czas jednego oddziaływania w warunkach zakłóceń możemy określać teoretycznie, biorąc za podstawę czas jednego oddziaływania w warunkach bez zakłóceń. W tej sytuacji z góry zakładamy stopień zróżnicowania tych czasów, co dla celów porównywania możliwej ilości oddziaływań samolotów myśliwskich, w zależności od warunków działań, może być wystarczające. Aby jednak bezwzględny wynik obliczeń, dla danych warunków działań, był najbardziej zbliżony do rzeczywistego, czas jednego oddziaływania należy określać w oparciu o aktualne możliwości i doświadczenia lotnictwa myśliwskiego danego korpusu OPK.

3.4. Pojęcie i sposób określania czasu bezpośredniego naprowadzania samolotów myśliwskich na cel powietrzny.

Naprowadzaniem nazywamy proces wyprowadzania samolotów myśliwskich w dogodne położenie taktyczne względem celu powietrznego.

Realizacja tego procesu polega na przekazywaniu pilotom komend dotyczących warunków lotu samolotów myśliwskich oraz informacji o położeniu celu powietrznego.

W wyniku naprowadzania samolot myśliwski /grupa samolotów/ powinien znaleźć się w położeniu względem celu /dogodne położenie taktyczne/ umożliwiającym samodzielne wykonanie zbliżania i ataku.

Naprowadzanie dzielimy na wstępne i bezpośrednie.

Naprowadzanie wstępne rozpoczyna się po przejęciu dowodzenia przez starszego nawigatora i podaniu pilotowi warunków lotu do celu, a kończy się przekazaniem dowodzenia nawigatorowi -

operatorowi /NO/ lub nawigatorowi przyrządowego naprowadzania /NPN/.

Naprowadzanie bezpośrednie rozpoczyna się od momentu wykrycia celu i naprowadzanych myśliwców, ich zidentyfikowaniu i przyjęciu dowodzenia przez NO lub NPN, a kończy się wyprowadzeniem myśliwców w dogodne położenie taktyczne do wykonania ataku i złożeniem meldunku przez pilota: "Cel atakuję"[1/].

W celu ujednolicenia obliczeń przyjmujemy, że naprowadzanie wstępne jest realizowane metodą "przechwycenia", to znaczy, że samolot myśliwski /grupa/ wykonuje lot w wyprzedzony punkt spotkania z celem, z przedniej lub tylnej półsfery celu, drogą najkrótszą, bez stosowania manewrów.

Natomiast naprowadzanie bezpośrednie jest realizowane metodą "manewr", polegającą na wyprowadzeniu myśliwca w przednią lub tylną półsferę celu, pod określonym kątem w stosunku do celu, z uwzględnieniem wykonania jednego zakrętu w płaszczyźnie poziomej.

Naprowadzanie bezpośrednie, ze względu na przyjętą w pracy zasadę określania czasu rozpoczęcia oddziaływania, zostało podzielone na dwa etapy.

Przyjmujemy, że pierwszy etap bezpośredniego naprowadzania kończy się w momencie wyprowadzenia samolotu myśliwskiego /grupy/ w położenie względem celu zapewniające rozpoczęcie zbliżania, co oznacza rozpoczęcie oddziaływania. W warunkach zakłóceń, że względu na niedokładność naprowadzania, zakończe-

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

1/ " Naprowadzanie lotnictwa myśliwskiego na cele na małych wysokościach" - DWOPK - 1974 r.

nie pierwszego etapu jest równoznaczne z rozpoczęciem samodzielnego poszukiwania celu przez pilota, co również przyjmujemy umownie jako moment rozpoczęcia oddziaływania.

Realizacja pierwszego etapu bezpośredniego naprowadzania obejmuje następujące, zasadnicze czynności nawigatora-operatora oraz naprowadzanego pilota /pilotów/:

- wykrycie i zidentyfikowanie celu i myśliwców przez nawigatora-operatora;
- określenie /obliczenie/ warunków manewru samolotu myśliwskiego, w celu wyprowadzenia go w dogodne położenie do rozpoczęcia zbliżania /oddziaływania/ oraz wydanie komendy pilotowi;
- wykonanie manewru przez pilota.

Aby I etap bezpośredniego naprowadzania mógł być zrealizowany, to czas śledzenia celu powietrznego /T_b/ i samolotu myśliwskiego /T_s/ przez nawigatora-operatora danego punktu naprowadzania musi być większy lub równy czasowi wykonania wszystkich wyżej wymienionych czynności.

Możemy więc przyjąć warunek:

$$T_b \geqslant T_{30} \text{ , gdzie } T_b \leqslant T_s$$

/T_{30} - czas realizacji I etapu cyklu bezpośredniego naprowadzania/.

Przyjmujemy teoretycznie, że minimalne czasy realizacji poszczególnych czynności w I etapie bezpośredniego naprowadzania są następujące:

- wykrycie i identyfikacja celu i myśliwca, określenie warunków manewru oraz wydanie komendy pilotowi przez nawigatora-

operatora /T_1/ - 2 minuty;

- czas wykonania manewru przez pilota /T_2/ - 1 minuta, co odpowiada czasowi wykonania zakrętu o około 180° / dla V_p = 750 km/h, β = 45°/.

Wobec tego czas realizacji I etapu bezpośredniego naprowadzania wyniesie:

$$T_{30} = T_1 + T_2 = 3 \text{ minuty}$$

Przyjmując czas manewru równy 1 minucie uwzględniono konieczność wyprowadzenia myśliwca w tylną półsferę celu. Współczesne samoloty myśliwskie mogą atakować cele powietrzne również z przedniej półsfery, z dowolnego kierunku. W tym przypadku możemy przyjąć, że samolot myśliwski wykonuje lot po prostej, bezpośrednio do punktu spotkania z celem, na podstawie naprowadzania wstępnego. Nawigator - operator wprowadza jedynie niewielkie poprawki do warunków lotu myśliwca. Możemy więc przyjąć, że czas manewru jest bliski zeru. Koniecznym jednak warunkiem jest dysponowanie przez nawigatora-operatora niezbędnym czasem, zapewniającym wykrycie, identyfikację celu i myśliwca, wykonanie obliczeń oraz przekazanie komend pilotowi / czas - T_1/.

Czas realizacji pierwszego etapu bezpośredniego naprowadzania, podobnie jak czas jednego oddziaływania, możemy określać teoretycznie lub w oparciu o doświadczenia służby nawigatorskiej oraz wymagania i właściwości sprzętu radiolokacyjnego danego korpusu OPK.

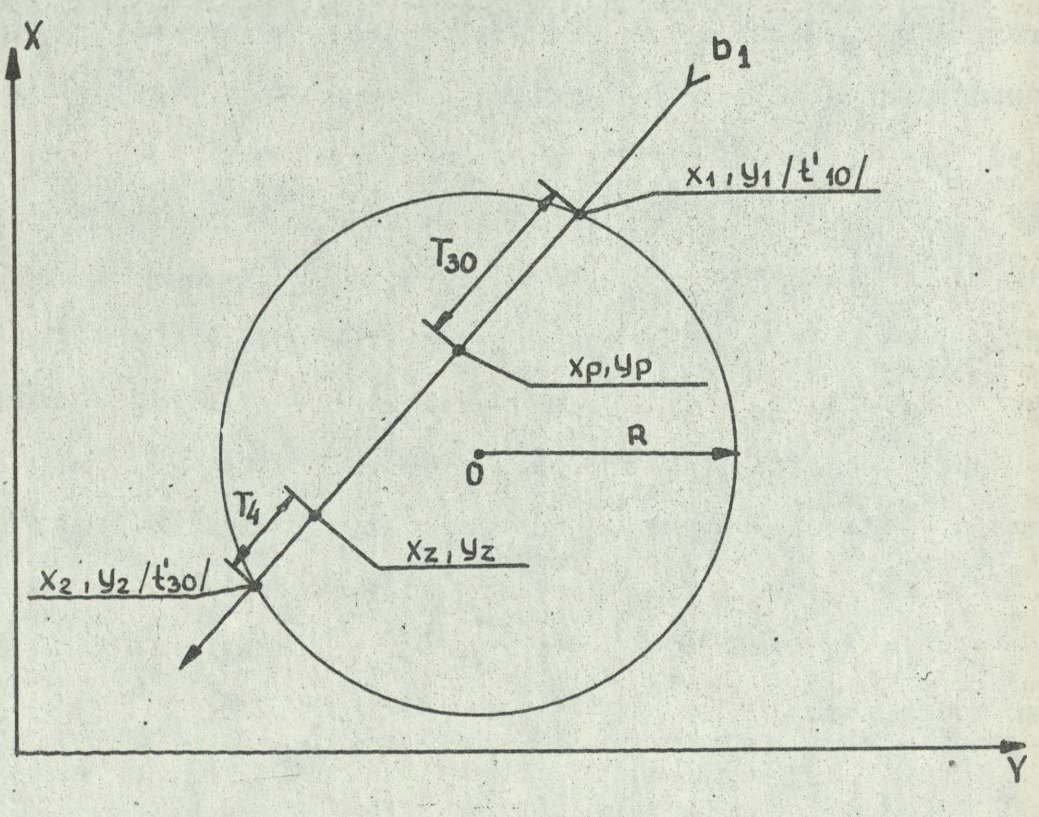
Drugi etap bezpośredniego naprowadzania polega na wprowadzaniu poprawek przez nawigatora-operatora, wynikających z błędów popełnionych w I etapie, śledzeniu samolotów myśliwskich

wykonujących zbliżanie i atak, jak również na pomocy pilotowi w poszukiwaniu celu powietrznego /np. w warunkach zakłóceń radiolokacyjnych/. Czas realizacji drugiego etapu przyjmujemy jako równy czasowi oddziaływania /T_4/.

Ostatecznie więc, czas realizacji bezpośredniego naprowadzania /T/ określamy z zależności:

$$T = T_{30} + T_4 \qquad 3.21$$

Znając czas realizacji bezpośredniego naprowadzania możemy określić możliwości przestrzenne i czasowe danego punktu naprowadzania względem danego celu powietrznego /rys. 3.8/.



Rys. 3.8,

- X_1, Y_1 - punkt przecięcia trasy lotu celu powietrznego z okręgiem o promieniu równym zasięgowi wykry-

wania danego punktu naprowadzania względem tego celu;

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

- X_p, Y_p - współrzędne celu wyznaczające punkt zakończenia pierwszego etapu pierwszego cyklu bezpośredniego naprowadzania przez dany punkt;

- X_z, Y_z - współrzędne celu wyznaczające punkt zakończenia pierwszego etapu ostatniego cyklu naprowadzania przez dany punkt.

Ostatecznie więc, dany punkt naprowadzania zapewnia wyprowadzenie 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 i X_z, Y_z, w czasie / nie uwzględniając kanałów naprowadzania/:

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

Długość odcinka trasy lotu celu w czasie T_{30} możemy obliczyć z zależności:

$$D_{T30} = T_{30} \cdot V_b \qquad 3.22$$

Znając długość odcinka trasy lotu celu w czasie T_{30} oraz w czasie T_4 możemy obliczyć współrzędne punktów X_p, Y_p i X_z, Y_z:

$$X_p = X_1 - D \cdot \cos\bar{\beta}$$

$$Y_p = Y_1 - D \cdot \sin\bar{\beta}$$

$$x_z = x_2 + D \cdot \cos\bar{\beta}$$

$$y_z = y_2 + D \cdot \sin\bar{\beta}$$

3.5. Przestrzeń i czas oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

Wprowadzenie samolotu myśliwskiego do walki z dyżurowania na lotnisku wymaga wykonania szeregu czynności zarówno przez wojska radiotechniczne, jak i lotnictwo myśliwskie. Czynności te są ściśle z sobą powiązane i wykonywane w ustalonej kolejności.

W odniesieniu do korpusu OPK będą to przede wszystkim:

- wykrycie celu powietrznego przez jeden z posterunków brygady radiotechnicznej, opracowanie i przekazanie informacji o tym celu przez kolejne ogniwa do SD korpusu OPK;
- powzięcie decyzji przez dowódcę korpusu, dotyczącej zniszczenia celu powietrznego;
- przekazanie decyzji do wykonawców, włącznie z wydaniem komendy startu samolotów myśliwskich dyżurujących na danym lotnisku w odpowiednim stopniu gotowości bojowej;
- start samolotów wyznaczonych do wykonania zadania;
- lot samolotów myśliwskich do punktu spotkania z celem powietrznym.

Czas realizacji poszczególnych czynności, od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu wydania komendy startu

samolotów myśliwskich, jest zależny od możliwości systemu dowodzenia korpusu OPK, a głównie od stopnia wyposażenia tego systemu w nowoczesne środki zautomatyzowanego dowodzenia.

Możemy jednak przyjąć, że dla danego korpusu OPK, w danych warunkach działań, czas ten jest wielkością stałą.

Przy tym założeniu czas /moment/ wprowadzenia do walki samolotów myśliwskich z danego lotniska z danym celem powietrznym zależy głównie od czasu /momentu/ wykrycia tego celu przez wojska radiotechniczne.

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

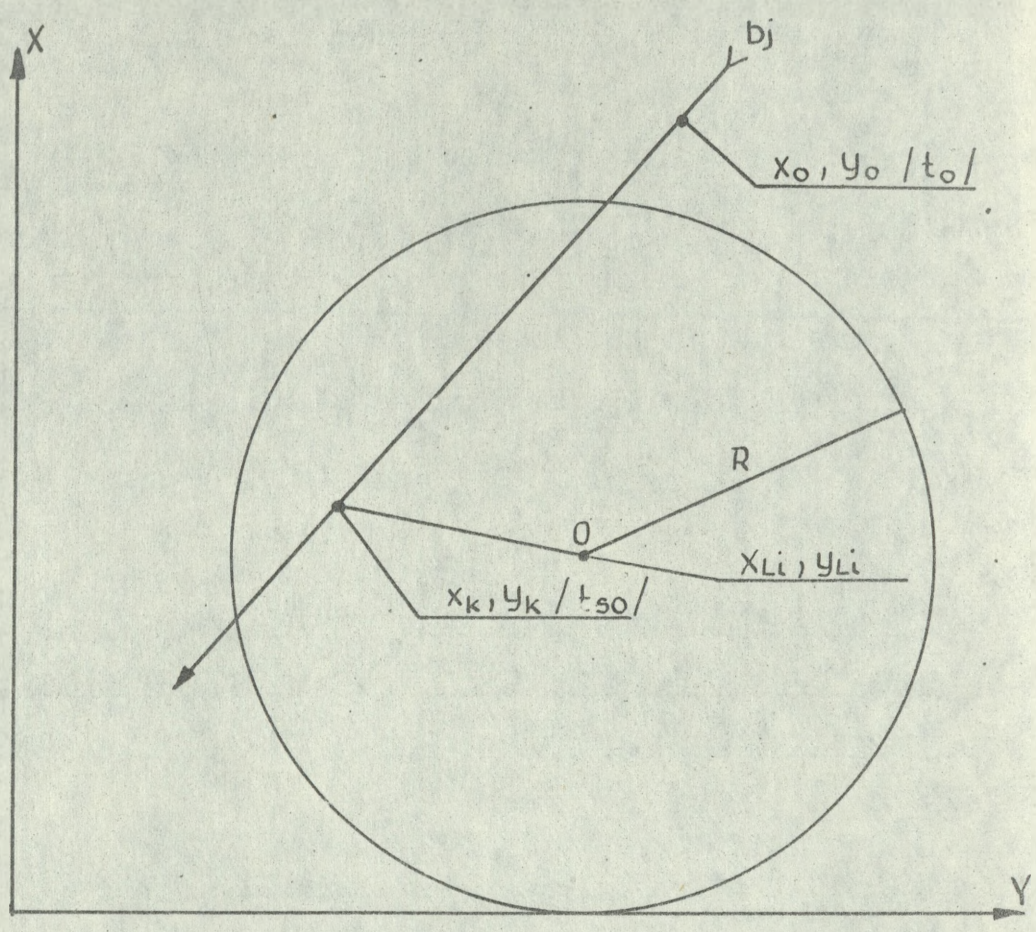
3.5.1. Określenie miejsca i czasu pierwszego i ostatniego spotkania samolotów myśliwskich z danego lotniska z danym celem powietrznym z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

Określenie ostatniego punktu i czasu spotkania.

Ostatni punkt spotkania / najpóźniejsze wprowadzenie do walki/ samolotów myśliwskich z danego lotniska z danym celem powietrznym wyznaczamy ze względu na taktyczny promień działania oraz czas jednego oddziaływania /zgodnie z pkt 3.3.2/.

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

W tym celu obliczamy czas lotu celu powietrznego /b_j/ oraz samolotów myśliwskich z lotniska /l_i/ do punktu spotkania /x_k, y_k/ - rys. 3.10.



Rys. 3.10.

- x_k, y_k - ostatni punkt spotkania samolotów myśliwskich z lotniska /l_i/ z celem powietrznym /b_j/ ze względu na taktyczny promień działania oraz czas jednego oddziaływania /pkt 3.3.2/.

- t_{so} - czas ostatniego spotkania;
- X_o, Y_o - współrzędne położenia celu w momencie wykrycia go przez środki radiolokacyjne;
- X_{Li}, Y_{Li} - współrzędne położenia lotniska.

Czas lotu celu powietrznego $/b_j/$ do punktu $/x_k, y_k/$ obliczamy z zależności:

$$T_b = \frac{\sqrt{/X_o - X_k/^2 + /y_o - y_k/^2}}{V_b} \qquad 3.23$$

Czas lotu samolotów myśliwskich $/T_L/$ z lotniska $/L_i/$ do punktu X_k, Y_k obliczamy z zależności:

$$T_L = \frac{\sqrt{/X_{Li} - X_k/^2 + /y_{Li} - y_k/^2 + H_b^2}}{V_s} + T_{pas} \qquad 3.24$$

gdzie:

- H_b - wysokość lotu celu /zakładamy, że wysokość położenia lotniska jest równa "0"/;
- T_{pas} - czas od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu startu samolotów myśliwskich;

$$T_{pas} = T_o + T_d + T_{st}$$

- T_o - czas opóźnienia informacji na SD korpusu ;
- T_d - czas podjęcia decyzji przez dowódcę korpusu oraz przekazanie 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 $t \leqslant t_{so}$. 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 powietrznym 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 położenia celu powietrznego /x_o, y_o/ w czasie t_o, tzn. w momencie wykrycia go przez wojska radiotechniczne.

Samoloty myśliwskie z danego lotniska mogą wystartować przeciwko danemu celowi powietrznemu najwcześniej w chwili t_s:

$$t_s = t_o + T_{pas}$$

Określamy współrzędne położenia celu powietrznego /b_j/ w momencie startu samolotów myśliwskich /t_s/ z lotniska L_i /rys.3.11./

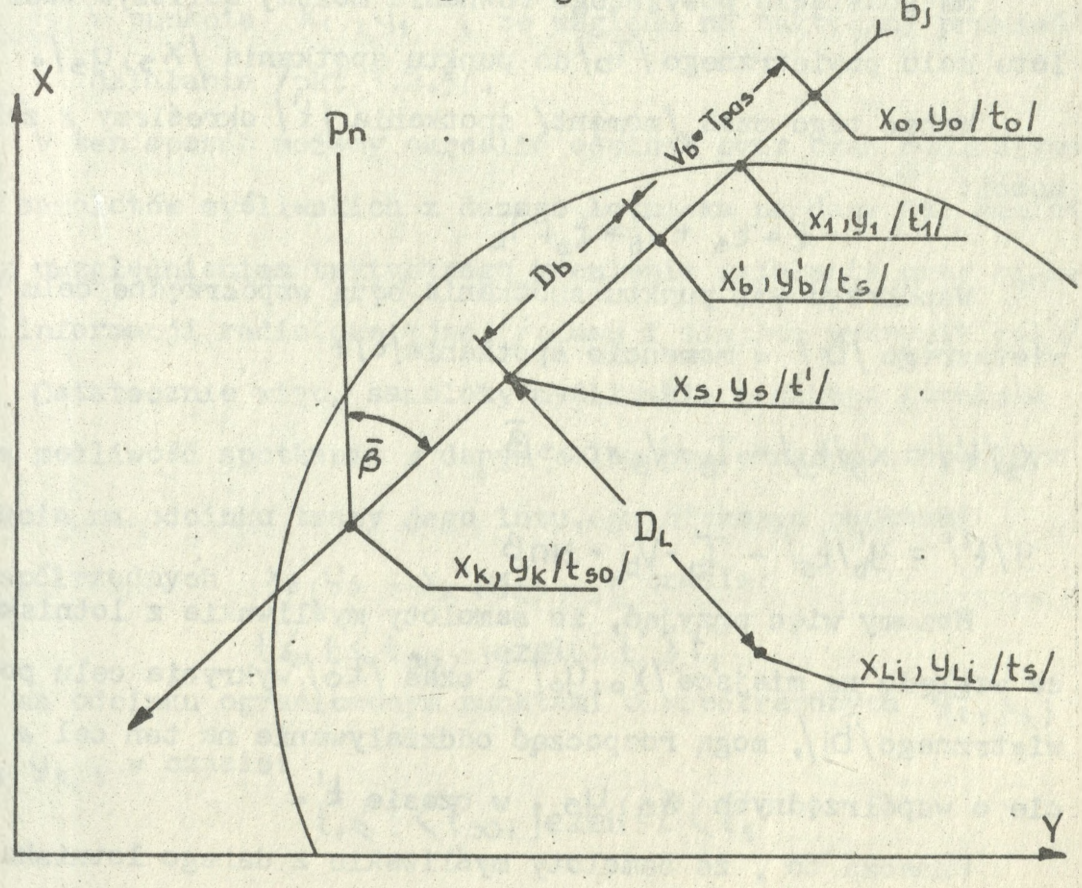
$$x_b'/t_s/ = x_o - T_{pas} \cdot V_b \cdot \cos\bar{\beta}$$

$$y_b'/t_s/ = y_o - T_{pas} \cdot V_b \cdot \sin\bar{\beta}$$

Współrzędne położenia celu powietrznego/b_j/ oraz samolotów myśliwskich z lotniska L_i w momencie spotkania muszą być sobie równe.

Z kolei , czas lotu samolotów myśliwskich/T_l/od lotniska /x_{li} , y_{li} / do punktu spotkania /x_s, y_s/ musi być równy czasowi lotu celu powietrznego/T_b/od punktu /x_b', y_b'/ do punktu spotkania /x_s, y_s/, tzn.:

$$T_l = T_b = \frac{D_L}{V_s} = \frac{D_b}{V_b} \qquad 3.25$$



Rys. 3.11.

Powyższą zależność możemy zapisać w postaci:

$$T_b = \frac{\sqrt{/x_b' - x_s/^2 + /y_b' - y_s/^2}}{V_b} = T_L = \frac{\sqrt{/x_{Li} - x_s/^2 + /y_{Li} - y_s/^2 + H_b^2}}{V_s} \qquad 3.26$$

Znając prędkość oraz kierunek lotu celu /b_j/ możemy określić jego współrzędne /x_s, y_s/ w momencie spotkania:

$$x_s = x_b' - T_b \cdot V_b \cdot \cos\bar{\beta}$$

$$y_s = y_b' - T_b \cdot V_b \cdot \sin\bar{\beta}$$

Wobec tego:

$$\frac{\sqrt{[x_b' - /x_b' - T_b \cdot V_b \cdot \cos\bar{\beta}/]^2 + [y_b' - /y_b' - T_b \cdot V_b \cdot \sin\bar{\beta}/]^2}}{V_b} = \qquad 3.27$$

$$= \frac{\sqrt{[x_{Li} - /x_b' - T_b \cdot V_b \cdot \cos\bar{\beta}/]^2 + [y_{Li} - /y_b' - T_b \cdot V_b \cdot \sin\bar{\beta}/]^2 + H_b^2}}{V_s}$$

Na podstawie powyższego 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:

$$t' = t_s + T_b = t_s + T_L \qquad 3.28$$

Współrzędnymi punktu spotkania będą współrzędne celu powietrzrego /b_j/ w momencie spotkania/t'/:

$$x_s/t'/ = x_b'/t_s/ - T_b \cdot V_b \cdot \cos\bar{\beta} \qquad 3.29$$

$$y/t'/ = y_b'/t_s/ - T_b \cdot V_b \cdot \sin\bar{\beta}$$

Możemy więc przyjąć, że samoloty myśliwskie z lotniska L_i, ze względu na miejsce /x_o, y_o/ i czas /t_o/ wykrycia celu powietrznego/b_j/, mogą rozpocząć oddziaływanie na ten cel w punkcie o współrzędnych x_s, y_s, w czasie t'.

Oznacza to, że 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:

$$t' \leqslant t \leqslant t_{so}$$

Należy jednak sprawdzić, czy miejsce i czas pierwszego spotkania nie przekraczą możliwości samolotów myśliwskich z lotniska L_i, ze względu na taktyczny promień działania oraz ograniczenia dotyczące zasięgu oddziaływania /pkt 3.2.3/.

Aby spotkanie w punkcie /x_s, y_s/ w czasie /t'/ było możliwe, musi być spełniony warunek:

$$t' \geqslant t'_1$$

gdzie:

t'_1 - czas rozpoczęcia pierwszego oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny, w punkcie x_1, y_1 , ze względu na taktyczny promień działania /pkt 3.2.5/.

W ten sposób możemy określić odcinek oraz czas oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny z uwzględnieniem taktycznego promienia działania oraz ogólnej informacji radiolokacyjnej /czasu i miejsca wykrycia celu/.

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:

$$t' \leqslant t < t_{so}, \text{ jeżeli: } t' \geqslant t'_1$$

lub na odcinku ograniczonym punktami o współrzędnych y_1, x_1 ; x_k, y_k , w czasie:

$$t'_1 \leqslant t < t_{so}, \text{ jeżeli: } t' < t'_1$$

3.6. Przestrzeń i czas oddziaływania samolotów myśliwskich ze stref dyżurowania w powietrzu.

Przestrzeń i czas oddziaływania samolotów myśliwskich dyżurujących w powietrzu, podobnie jak w odniesieniu do samolotów dyżurujących na lotniskach, określamy:

a. Ze względu na taktyczny promień działania samolotów myśliwskich.

b. Ze względu na miejsce i czas wykrycia celu powietrznego, tzn. z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

3.6.1. Określanie przestrzeni oddziaływania samolotów myśliwskich ze stref dyżurowania w powietrzu ze względu na taktyczny promień działania.

Obszar działań samolotów myśliwskich ze strefy dyżurowania w powietrzu, dla danej wysokości, określamy elipsą, której ogniskami są: środek lotniska bazowania i środek strefy dyżurowania /rys. 3.12./.

Elipsa jest miejscem geometrycznym punktów, których suma odległości od ognisk /oznaczonych na rysunku jako punkty F_1 i F_2/ jest wielkością stałą, tzn:

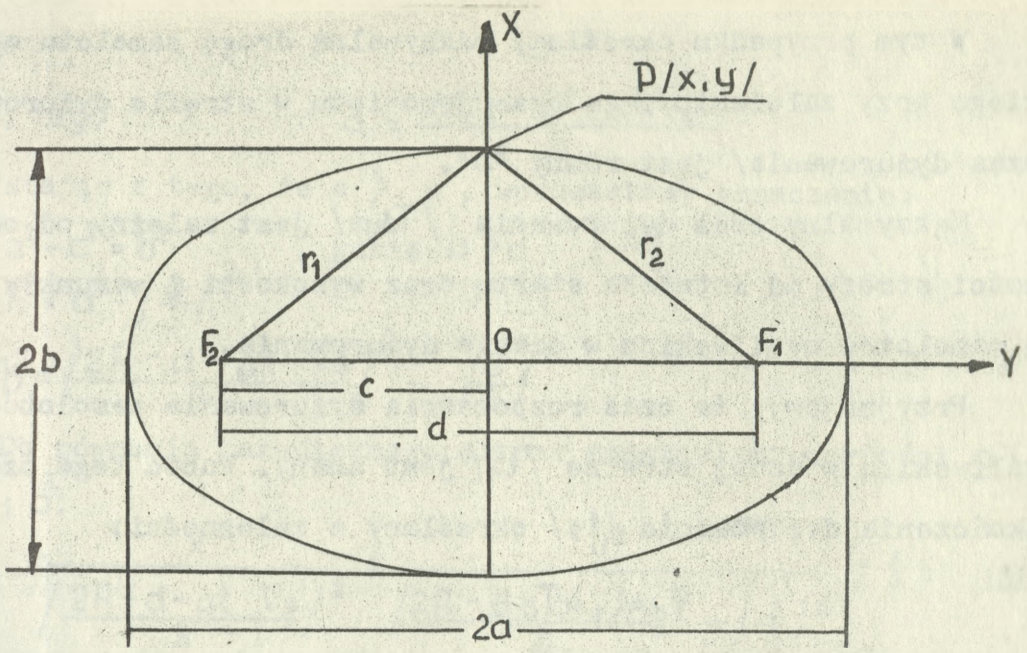
$$r_1 + r_2 = \text{constans}$$

Ponieważ środek lotniska / punkt F_1 / oraz środek strefy dyżurowania /F_2/ przyjmujemy jako punkty stałe /znane/, to:

$$d + r_1 + r_2 = \text{constans}$$

gdzie:

d - odległość między środkiem lotniska /F_1/ i środkiem strefy dyżurowania /F_2/.



Rys.3.12.

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 /wylądowania/ na dane lotnisko, z uwzględnieniem wykonania zadania bojowego , jest równa wartości dwóch taktycznych promieni działania /2R/.

Jeżeli przyjmiemy, że dla tych samych warunków lotu i wykonania zadania bojowego określamy maksymalną drogę,jaką może pokonać samolot myśliwski od lotniska startu/F_1/ do strefy dyżurowania /F_2/, a następnie do dowolnego punktu P na elipsie i wrócić na to lotnisko/F_1/, to:

$$d + r_1 + r_2 = 2R$$

$$r_1 + r_2 = 2R - d$$

W tym przypadku określamy maksymalną drogę samolotu myśliwskiego przy założeniu , że czas jego lotu w strefie dyżurowania /czas dyżurowania/ jest równy "0".

Maksymalny czas dyżurowania /$T_{dyż}$/ jest zależny od odległości strefy od lotniska startu oraz wysokości i warunków lotu samolotów myśliwskich w czasie dyżurowania.

Przyjmujemy, że czas rozpoczęcia dyżurowania samolotów myśliwskich w danej strefie /t_1/ jest znany. Wobec tego czas zakończenia dyżurowania /t_2/ określamy z zależności:

$$t_2 = t_1 + T_{dyż}$$

Należy określić maksymalną drogę, jaką może pokonać samolot myśliwski /$r_1 + r_2$/ w dowolnym momencie dyżurowania - $t_1 \leqslant t < t_2$.

Czas od momentu rozpoczęcia dyżurowania /Δt/ wynosi:

$$\Delta t = t - t_1$$

Samolot myśliwski może pokonać pewną drogę /D/ w czasie Δt, zużywając określony zapas paliwa:

$$D = \Delta t \cdot V_s$$

W tym przypadku zapas paliwa został zużyty na lot samolotu w strefie dyżurowania i droga jaką pokonał jest równa "0".

Wobec tego możemy przyjąć, że:

$r_1 + r_2 = /2R - d/ - \Delta t \cdot V_s$ / dla dowolnego czasu $t_1 \leqslant t < t_2$ /.

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: $$a = \frac{/2R - d/ - \Delta t\, V_s}{2}$$

Korzystając z tego, że a $>$ c , wprowadzamy oznaczenie:

$$a^2 - c^2 = b^2 \quad , \text{ gdzie } b > c ; \; c = \frac{d}{2}$$

$$b^2 = a^2 - /\frac{d}{2}/^2$$

$$b^2 = /\frac{2R - d - \Delta t \cdot V_s}{2}/^2 - /\frac{d}{2}/^2$$

Do równania kanonicznego elipsy podstawiamy wartości a^2 i b^2:

$$\frac{x^2}{/\frac{2R - d - \Delta t \cdot V_s}{2}/^2} + \frac{y^2}{/\frac{2R - d - \Delta t \cdot V_s}{2}/^2 - /\frac{d}{2}/^2} = 1 \qquad 3.30$$

Wartość taktycznego promienia działania określamy na podstawie tabeli opracowanej zgodnie z pkt 3.2.1. Dla tych samych założeń /typ samolotu, uzbrojenie, zapas paliwa/ opracowujemy tabelę możliwych czasów dyżurowania samolotów myśliwskich/$T_{dyż}$/ w danej strefie , w zależności od odległości tej strefy od lotniska startu /d/ oraz wysokości dyżurowania /$H_{dyż}$/

Wartość taktycznego promienia działania określamy pc wykryciu celu powietrznego,w zależności od wysokości jego lotu, tzn. , że $H_b = H_s$.

Samoloty myśliwskie dyżurują w danej strefie przed wykryciem celu powietrznego na ustalonej wysokości i z reguły wysokość lotu celu nie jest równa wysokości dyżurowania /$H_b \neq H_{dyż}$/.

Z tego też względu w obliczeniach powstaną pewne błędy, które jednak nie będą miały istotnego wpływu na ostateczny wynik obliczeń.

Wysokość lotu samolotów myśliwskich w strefach dyżurowania jest ustalona z takim założeniem, aby zapewnić przede

wszystkim zwalczanie celów powietrznych wykonujących lot na wysokości równej lub mniejszej od wysokości dyżurowania /$H_b \leqslant H_{dyż}$/.

Możemy więc przyjąć w obliczeniach, że samoloty myśliwskie, dyżurujące w powietrzu w wyznaczonych strefach, mogą zwalczać wszystkie cele powietrzne w ustalonym przedziale wysokości:

$$0 < H_b \leqslant H_{dyż} + \Delta H \qquad 3.31$$

3.6.2. Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajduje się w obszarze działania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania.

Wiemy, że przestrzeń działania /elipsa/ samolotów myśliwskich ze strefy dyżurowania zmienia się /maleje/ wraz z upływem czasu dyżurowania /Δt/. Wobec tego równanie elipsy możemy przedstawić w postaci funkcji:

$$\frac{x^2}{\left/\frac{2R-d-\Delta t \cdot V_s}{2}\right/^2} + \frac{y^2}{\left/\frac{2R-d-\Delta t \cdot V_s}{2}\right/^2 - \left/\frac{d}{2}\right/^2} - 1 = F(t) \qquad 3.32$$

Dla dowolnego czasu t możemy określić wartość Δt 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 położenia celu powietrznego /x_b, y_b/ dla dowolnego czasu t.

Należy więc sprawdzić, czy w danym czasie t cel powietrzny znajduje się w przestrzeni oddziaływania /wewnątrz elipsy/ samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania.

W tym celu obliczamy wartość funkcji $F/t/$ podstawiając za x i y wartości współrzędnych położenia celu powietrznego $/x_b, y_b/$ dla czasu t .

W wyniku obliczeń możemy określić trzy przypadki /rys. 3.13/

a. $F/t/ > 0$

Oznacza to, że cel powietrzny /b_j/ znajduje się poza przestrzenią oddziaływania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania /poza elipsą/.

b. $F/t/ = 0$

Oznacza to, że trasa lotu celu /b_j/ przecina elipsę w punkcie o współrzędnych x_b, y_b , w czasie t.

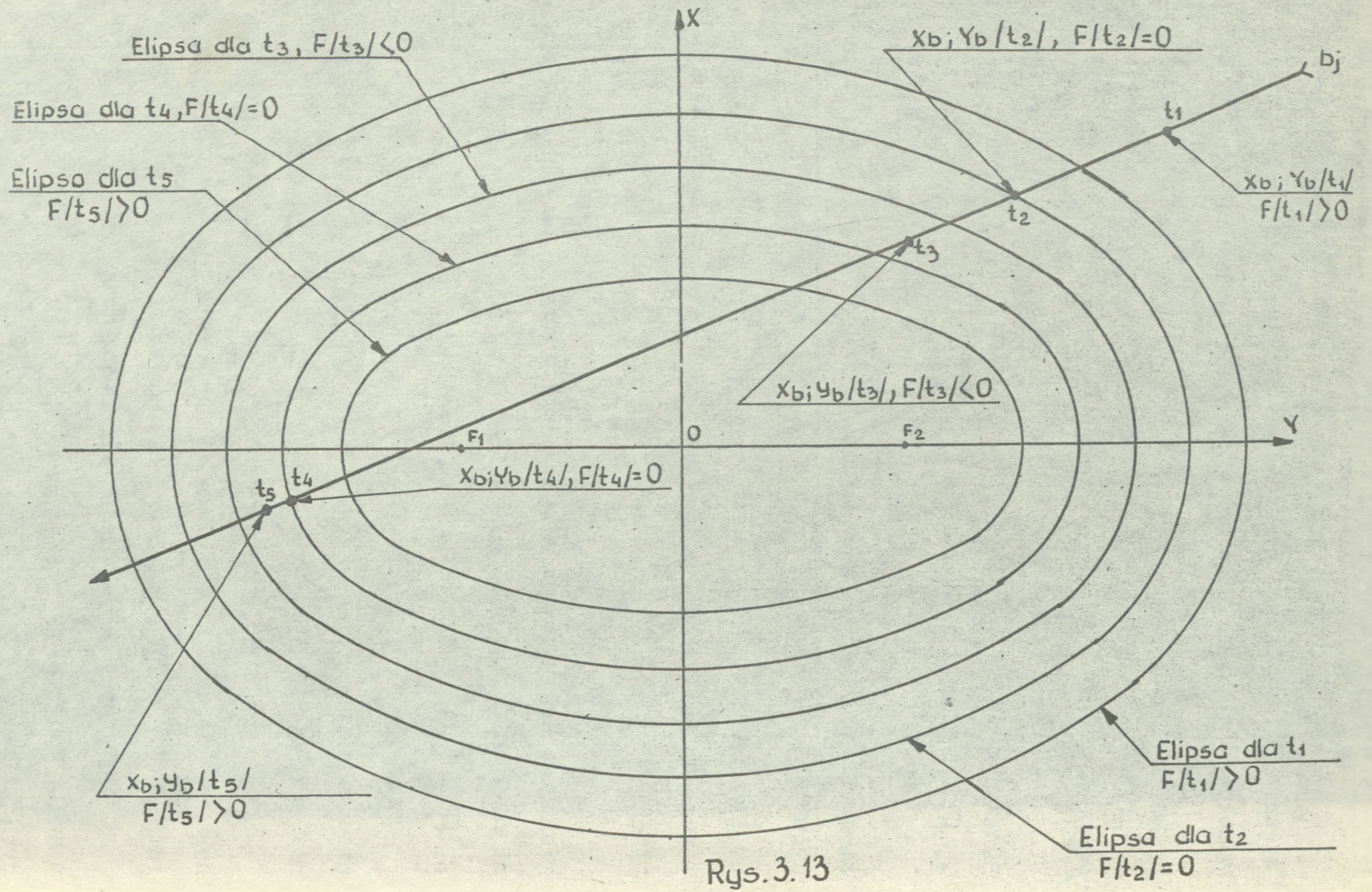
Punkt o współrzędnych x_b, y_b i czas /t/ wyznaczają miejsce i czas wlotu lub wylotu celu powietrznego z przestrzeni działania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania.

c. $F/t/ < 0$

Oznacza to , że cel powietrzny /b_j/ znajduje się w przestrzeni oddziaływania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania /wewnątrz elipsy/.

Na rys. 3.13. czas t_2 oznacza moment wlotu celu powietrznego /b_j/ w przestrzeń działania samolotów myśliwskich z danego lotniska /F_1/, dyżurujących w danej strefie /F_2/.

Odpowiednio czas t_4 oznacza moment wylotu celu powietrznego /b_j/ z przestrzeni działania samolotów myśliwskich, dyżurujących w danej strefie.


X
Y
0
F1
F2
bj
t1
t2
t3
t4
t5
Elipsa dla t3, F/t3/<0
Elipsa dla t4, F/t4/=0
Elipsa dla t5
F/t5/>0
Xb; Yb /t2/, F/t2/=0
Xb; Yb/t1/
F/t1/>0
Xb; yb/t3/, F/t3/<0
Xb; Yb/t4/, F/t4/=0
Xb; yb/t5/
F/t5/>0
Elipsa dla t1
F/t1/>0
Elipsa dla t2
F/t2/=0

Rys. 3.13

Praktycznie należy więc badać położenie celu powietrznego względem elipsy przez cały czas jego lotu $/t_w = t_1 - t_w/$ z założonym krokiem czasowym $/\Delta t/$. Dla każdego kolejnego czasu $/t_w/$ określamy wartość funkcji $F/t_w/$.

Wyniki obliczeń możemy zestawić w następującej tabeli:

Dla: b_j, L_i = 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 podstawie zestawienia wyników obliczeń możemy wyznaczyć najmniejszą i największą wartość czasów $/t_w/$, dla których wartość funkcji $F/t_w/ \leqslant 0$. Najmniejszą wartość t_w przyjmujemy jako czas wlotu $/t_1'/$ celu powietrznego $/b_j/$ w przestrzeń działania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania. Natomiast największą wartość t_w przyjmujemy jako czas wylotu $/t_2'/$ celu powietrznego $/b_j/$ z przestrzeni działania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania.

Ze względu na przyjęty krok 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 $F/t_w/ \leqslant 0$, to oznacza, że samoloty myśliwskie z danej strefy nie mają możliwości oddziaływania na dany cel powietrzny.

3.6.3. Określenie długości odcinka trasy lotu celu przez obszar działań samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania.

Sposób obliczeń - jak w pkt 3.2.3.

3.6.4. Określenie miejsca i czasu pierwszego i ostatniego spotkania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania z danym celem powietrznym z uwzględnieniem czasu jednego oddziaływania.

Sposób i kolejność obliczeń - jak w pkt 3.3.2.

3.6.5. Określenie miejsca i czasu pierwszego i ostatniego spotkania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania z danym celem powietrznym z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

Sposób i kolejność obliczeń - jak w pkt 3.5.1.

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 korpusu;

T_d - czas powzięcia decyzji przez dowódcę korpusu, przekazania komendy nawigatorowi naprowadzania, przekazania pilotowi komendy dotyczącej wykonania manewru zapew-

niającego rozpoczęcie lotu do punktu spotkania z celem.

3.7. Czas osiągania gotowości samolotów myśliwskich do kolejnego lotu bojowego.

Czas osiągnięcia gotowości samolotów myśliwskich do kolejnego lotu bojowego obliczamy z zależności:

$$T_{got} = T_{lot} + T_{lad} + T_{od} \qquad 3.33$$

gdzie:

T_{lot} - czas lotu grupy samolotów od miejsca zakończenia oddziaływania na dany cel powietrzny do lotniska startu;

T_{lad} - czas wykonania manewru do lądowania;

T_{od} - czas odtworzenia gotowości bojowej samolotów po wylądowaniu.

Znamy miejsce i czas rozpoczęcia i zakończenia oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska na dany cel powietrzny.

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 $/x_L, y_L/$:

$$T_L = \frac{\sqrt{/x_L - x_2/^2 + /y_L - y_2/^2}}{V_S} \qquad 3.34$$

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:

$$t = t_2 + \frac{\sqrt{(x_i - x_2)^2 + (y_i - y_2)^2}}{V_s} + T_{lad} + T_{od} \qquad 3.35$$

gdzie: t_2 - moment zakończenia oddziaływania.

3.8. Początkowa ilość jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego na lotniskach i w strefach dyżurowania.

Ilość jednostek kalkulacyjnych określamy na podstawie ilości samolotów myśliwskich i pilotów, jaką korpus OPK może wydzielić do zwalczania SNP nieprzyjaciela w danym nalocie.

Zakładamy, że na danym lotnisku $/L_i/$ mogą bazować samoloty jednego typu $/S/$, mające różne warianty uzbrojenia $/u/$.

Zdolność danego typu samolotu $/S/$, mającego określony wariant uzbrojenia $/u/$, do wykonania zadania uzależniamy od warunków atmosferycznych/WA/i warunków lotu celu powietrznego $/V_b, H_b/$.

Zakładamy , że warunki atmosferyczne dla danego nalotu są stałe. Wobec tego , dla każdego lotniska i strefy dyżurowania,ustalamy przed nalotem:

a. Ilość i typ samolotów myśliwskich $/S_i/$.
b. Ilość i typ samolotów myśliwskich mających dany wariant uzbrojenia $/S_j^{ui}/$.
c. Ilość pilotów $/n_p/$.
d. Warunki atmosferyczne /WA/.

Zmiennymi charakteryzującymi zdolność danego typu samolotu do wykonania zadania w czasie nalotu będą: prędkość $/V_b/$ i wysokość lotu celu $/H_b/$. Natomiast poziom wyszkolenia pilotów, którzy zostali wyznaczeni do działań w danych warunkach atmosferycznych, zapewnia wykonanie zadania bez względu na warunki lotu

celu.

Należy ustalić typy samolotów oraz warianty ich uzbrojenia, zgodnie z aktualnym wyposażeniem danego korpusu OPK.

Biorąc pod uwagę aktualne wyposażenie LM OPK możemy przyjąć następujące typy samolotów oraz warianty ich uzbrojenia.

a. Typy samolotów:

- MiG-21 pfm - $/S_1/$;
- MiG-21M - $/S_2/$;
- MiG-23 - $/S_3/$.

b. Warianty uzbrojenia:

- samonaprowadzające się pociski rakietowe na promieniowanie podczerwone - $/u_1/$;
- pociski rakietowe kierowane w wiązce radiolokacyjnej - $/u_2/$;
- samonaprowadzające się półaktywnie pociski rakietowe na odbite od celu fale elektromagnetyczne - $/u_3/$;
- wariant mieszany.

Ponadto każdy samolot uzbrojony jest w działko GSz-23.

Wyróżniamy dwa typy warunków atmosferycznych:

- ZWA - zwykłe warunki atmosferyczne;
- TWA - trudne warunki atmosferyczne.

Należy również ustalić charakterystyczne przedziały prędkości i wysokości lotu celu powietrznego, warunkujące możliwość użycia danego typu samolotów o danym wariancie uzbrojenia.

Przyjmujemy dwa zakresy prędkości lotu celu:

- $400 \text{ km/h} < V_b \leqslant 2000 \text{ km/h}$ - oznaczamy V_1 ;
- $2000 \text{ km/h} < V_b$ - oznaczamy V_2.

Wprawdzie prędkość lotu uzależniona jest od wysokości, ale ograniczenie to dotyczy zarówno samolotów własnych, jak i nie-

przyjaciela.

Wysokość lotu celu charakteryzujemy również dwoma zakresami:

- $H_b \leqslant$ 1000 m - oznaczamy H_1;
- $H_b >$ 1000 m - oznaczamy H_2.

Możemy ustalić cztery warianty warunków lotu celu w zależności od prędkości i wysokości $/Z_1, Z_2, Z_3, Z_4/$:

- Z_1 - dla V_1 i H_1;
- Z_2 - dla V_2 i H_1;
- Z_3 - dla V_1 i H_2;
- Z_4 - dla V_2 i H_2.

Na podstawie przyjętych ustaleń możemy opracować tabele charakteryzujące zdolność danego typu samolotu o określonym wariancie uzbrojenia do zwalczania celu powietrznego w zależności od warunków lotu /tabela 3.2./.

Zdolność danego typu samolotu do wykonania zadania charakteryzujemy współczynnikiem i_3, który może mieć wartość "1" lub "0":

$$i_3 = f/S, U, Z/ \; ; \quad \text{dla: } WA = \text{constans.} \qquad 3.36$$

Podobną tabelę należy opracować dla trudnych warunków atmosferycznych /TWA/. Różnica polega na tym, że zostaną wyeliminowane samoloty uzbrojone tylko w jeden typ pocisków rakietowych $/u_1/$. Pozostałe wartości pozostaną bez zmian. Z tabeli wynika, że dla samolotu MiG-23 przyjmujemy zdolność wykonania zadania w każdych warunkach lotu celu.

Tabela 3.2.

Wartość współczynników/i_3/ zdolności samolotów myśliwskich do wykonania zadania w zależności od warunków lotu celu /Z/, dla ZWA.

Typ samolotu oraz wariant uzbrojenia \ Warunki lotu celu		Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
S_1	u_1	1	0	1	0
	u_2	0	0	1	0
S_2	u_1	1	0	1	0
	u_1	1	0	1	0
	u_2	0	0	1	0
	u_1 i u_2	1	0	1	0
S_3	u_1	1	1	1	1
	u_3	1	1	1	1
	u_1 i u_3	1	1	1	1

Dla każdego lotniska i strefy dyżurowania możemy dokonać zestawienia ilości samolotów oraz wariantów ich uzbrojenia. Na tej podstawie ustalamy ilość i typ jednostek kalkulacyjnych.

Typ jednostki kalkulacyjnej/K_i/ustalamy w zależności od typu samolotu i wariantu uzbrojenia, tzn:

- k_1 - dla $/S_1, u_1/$;
- k_2 - dla $/S_1, u_2/$;
- k_3 - dla $/S_2, u_1/$;
- k_4 - dla $/S_2, u_2/$;
- k_5 - dla $/S_2, u_1$ i $u_2/$;
- k_6 - dla $/S_3, u_1/$;
- k_7 - dla $/S_3, u_3/$;
- k_8 - dla $/S_3, u_1$ i $u_3/$.

Ilość jednostek kalkulacyjnych $/I'_3/$ danego typu na danym lotnisku określamy z zależności:

$$I'_3 = \frac{n}{n'} \qquad 3.37$$

gdzie:

n - ilość samolotów o danym wariancie uzbrojenia;

n' - ilość samolotów przyjęta jako jednostka kalkulacyjna, w zależności od typu samolotu.

Wynik obliczeń z reguły nie będzie liczbą całkowitą. Wynik ten zapisujemy w postaci:

$$I'_3 = n^I + n^S$$

gdzie:

n^I - ilość pełnych jednostek kalkulacyjnych;

n^S - ilość samolotów pozostałych jako reszta.

Przyjmujemy, że:

a. $I'_3 = n^I$, jeżeli: $n^S \leqslant 0{,}5\,n'$;

b. $I'_3 = n^I + 1$, jeżeli: $n^S > 0{,}5\,n'$.

Zakładamy, że ilość pilotów na lotnisku jest większa lub równa ilości samolotów.

Dla każdego lotniska oraz strefy dyżurowania możemy opracować tabelaryczne zestawienie ilości samolotów, wariantów uzbro-

jenia oraz ilości i typów jednostek kalkulacyjnych /tabela 3.3/.

Tabela 3.3.

Typ samolotu	Uzbrojenie		Jednostki kalkulacyjne	
	Wariant	Ilość	typ	ilość
S = constans	u_1	n_1	k_1	I'_3
	•	•	•	•
	u_i	n_i	k_i	I'_3

W chwili rozpoczęcia nalotu tabela 3.3. obejmuje tylko te samoloty, które znajdują się w gotowości bojowej nr 1. W trakcie nalotu uzupełniamy dane zawarte w tabeli uwzględniając samoloty osiągające gotowość bojową nr 1 z gotowości nr 2 oraz odtwarzające gotowość do kolejnego lotu bojowego po wykonaniu zadania.

Na podstawie wartości współczynnika /i_3/ w tabeli 3.2. możemy określić ilość jednostek kalkulacyjnych /I'_3/ danego typu /k_i/ na lotnisku /L_i/, jaka może być użyta do zwalczania celu powietrznego /b_j/ w zależności od warunków jego lotu /Z_i/.

Jest to możliwe , ponieważ typ jednostki kalkulacyjnej odpowiada typowi samolotu /S_j/ oraz wariantowi jego uzbrojenia /u_i/ w tabeli 3.2.

Wobec tego wartość współczynnika i_3 dla danego lotniska /L_i/ jest równa "1", jeżeli współczynnik ten w odniesieniu do przynajmniej jednej jednostki kalkulacyjnej na tym lotnisku jest równy "1" , tzn. $i_3/L_i/ = 1$, jeżeli: $i_{3k_i}/L_i/ = 1$ lub $i_{3(k_{i+1})}/L_i/ = 1$ lub $i_{3(k_{i+2})}/L_i/ = 1, \ldots i_{3(k_{i+n})}/L_i/ = 1$.

3.9. Potrzebna ilość oddziaływań samolotów myśliwskich na dany cel powietrzny /q/

Potrzebną ilość oddziaływań jednostek kalkulacyjnych na dany cel powietrzny obliczamy z zależności:

$$q = \frac{N_m}{n'} \qquad 3.38$$

gdzie:

N_m - potrzebna ilość samolotów myśliwskich do zniszczenia celu powietrznego z określonym prawdopodobieństwem;

n' - ilość samolotów przyjęta jako jednostka kalkulacyjna.

Potrzebną ilość samolotów myśliwskich do zniszczenia celu powietrznego obliczamy z zależności:

$$N_m = N_1 \cdot N_c$$

gdzie:

N_1 - potrzebna ilość samolotów myśliwskich do zniszczenia pojedynczego SNP nieprzyjaciela;

N_c - ilość SNP nieprzyjaciela.

Potrzebną ilość samolotów myśliwskich do zniszczenia pojedynczego SNP nieprzyjaciela obliczamy z zależności:

$$N_1 = \frac{\log/1-R_g/}{\log/1-P_p/} \qquad 3.39$$

gdzie:

R_g - gwarantowane /nakazane/ prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego SNP nieprzyjaciela;

P_p - prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego SNP nieprzyjaciela przez pojedynczy samolot myśliwski.

Wobec tego:

$$q = \frac{\frac{\log/1-R_g/}{\log/1-P_p/} \cdot N_c}{n'} \qquad 3.40$$

Wartość prawdopodobieństwa gwarantowanego możemy przyjąć jako stałą w odniesieniu do wszystkich celów powietrznych.

Prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego SNP $/P_p/$ zależy od wielu zmiennych czynników, w zależności od warunków działań, środków rażenia, sposobów ataków, sposobów strzelania, typów SNP i manewrów obronnych SNP.

W celu uproszczenia obliczeń możemy przyjąć średnie prawdopodobieństwo zniszczenia $/P_p/$ dla danego typu samolotu $/S_j/$, bez względu na wariant uzbrojenia, jako wartość stałą. Na tej podstawie możemy obliczyć potrzebną ilość oddziaływań jednostek kalkulacyjnych danego typu $/k_i/$ na dany cel powietrzny $/b_j/$:

$$q/k_i/ = \frac{\frac{\log/1-R_g/}{\log/1-P_{pi}/} \cdot N_c}{n'} \qquad 3.41$$

gdzie:

P_{pi} - prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego SNP nieprzyjaciela przez pojedynczy samolot myśliwski typu S_j.

Ilość samolotów myśliwskich w jednostce kalkulacyjnej uzależniamy od typu samolotów, zgodnie z następującą zależnością:

$$P_{pki}/S_1/ = P_{pki}/S_2/ = P_{pki}/S_3/$$

gdzie:

$P_{pki}/S_j/$ - prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego SNP nieprzyjaciela przez jednostkę kalkulacyjną

samolotów myśliwskich danego typu.

Jako dane wyjściowe do obliczeń przyjmujemy ilość samolotów myśliwskich typu S_1 w jednostce kalkulacyjnej. Możemy przyjąć, że jest to klucz samolotów, tzn.: $n'/S_1/ = 4$.

Obliczamy prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego SNP nieprzyjaciela przez cztery samoloty typu S_1:

$$P_p/4S_1/ = 1 - /1 - P_{p1}/^4$$

gdzie:

P_{p1} - prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego SNP przez pojedynczy samolot myśliwski typu S_1.

Obliczamy potrzebną ilość samolotów myśliwskich typu S_2 i S_3 do zniszczenia celu powietrznego, zakładając $P_p/4S_1/$ jako prawdopodobieństwo gwarantowane:

$$n'/S_2/ = \frac{\log[1 - P_p/4S_1/]}{\log/1 - P_{p2}/} \qquad 3.42$$

$$n'/S_3/ = \frac{\log[1 - P_p/4S_1/]}{\log/1 - P_{p3}/}$$

gdzie:

P_{p2}, P_{p3} - prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego SNP nieprzyjaciela przez pojedynczy samolot myśliwski typu S_2 i S_3.

Na podstawie powyższych obliczeń możemy ustalić jednostki kalkulacyjne, w zależności od typu samolotu, o zbliżonych możliwościach oddziaływania na SNP nieprzyjaciela.

4. PRZYDZIAŁ ŚRODKÓW OBRONY DO ZWALCZANIA CELÓW POWIETRZNYCH

Przydział środków obrony /lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK/ do zwalczania celów powietrznych jest rozpatrywany w trzech zakresach /pierwszy, drugi i trzeci/.

W pierwszym zakresie zakładamy, że informacja radiolokacyjna /ogólna i dokładna/ zapewnia pełne wykorzystanie przestrzennych i czasowych możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego względem danego /przyjętego/ nalotu celów powietrznych.
W związku z powyższym dokonując przydziału uwzględniamy:

- zasięg i czas bojowego oddziaływania lotnictwa myśliwskiego ze względu na taktyczny promień działania samolotów myśliwskich;
- ilość samolotów myśliwskich /jednostek kalkulacyjnych/ na lotniskach / w strefach dyżurowania/, jaka może być użyta do zwalczania danego nalotu SNP;
- sumaryczny wskaźnik ważności celu powietrznego;
- potrzebną ilość oddziaływań samolotów myśliwskich na dany cel powietrzny.

W drugim zakresie uwzględniamy dodatkowo wpływ ogólnej informacji radiolokacyjnej na zasięg i czas bojowego oddziaływania lotnictwa myśliwskiego.

W trzecim zakresie uwzględniamy wszystkie czynniki zakresu pierwszego i drugiego oraz dodatkowo wpływ dokładnej informacji radiolokacyjnej /możliwości punktów naprowadzania/ na zasięg i czas bojowego oddziaływania lotnictwa myśliwskiego.

4.1. Pierwszy zakres przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych.

Zadanie przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych rozwiązujemy w oparciu o metody transportowe programowania liniowego.

Sformułowanie problemu.

W rejonie obrony korpusu OPK rozmieszczone są środki obrony /L_i/[1] z zadaniem osłony obiektów, na które wykonują nalot cele powietrzne /b_j/ . Środki obrony mają możliwość I_4 - krotnego oddziaływania na dany cel powietrzny /b_j/ . Natomiast cel powietrzny, aby mógł być zniszczony z założonym prawdopodobieństwem, wymaga q - krotnego oddziaływania środków obrony. Zadanie polega na znalezieniu takiej wartości przydziału /x_{ij}/ środków obrony /L_i/ do zwalczania celów powietrznych /b_j/ , aby iloczyn tej wartości i przyjętego wskaźnika efektywności /$x_{ij} \cdot d_{ij}$/ osiągnął wartość maksymalną. Sformułowany problem można przedstawić w postaci:

$$\max F = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} x_{ij} \cdot d_{ij} \,, \quad \text{dla: } d_{ij} \geqslant 0 \qquad 4.1$$

Ograniczenia:

1. $\sum_{j=1}^{J} x_{ij} \leqslant I_{3i}$; dla: i = constans;
2. $\sum_{i=1}^{I} x_{ij} \leqslant q_j$; dla: j = constans;
3. $x_{ij} \leqslant I_{4ij}$; dla: i,j = constans.

1/ Samoloty myśliwskie, dyżurujące na lotniskach w gotowości bojowej nr I lub w strefach dyżurowania w powietrzu.

gdzie:

I_3 - ilość samolotów myśliwskich /jednostek kalkulacyjnych/ możliwych do użycia;

I_4 - możliwa ilość oddziaływań samolotów myśliwskich na cel powietrzny;

δ - przyjęty wskaźnik efektywności w pierszym zakresie przydziału środków obrony;

X_{ij} - szukana wartość przydziału środka obrony /L_i/ do zwalczania celu powietrznego /b_j/;

Q_j - potrzebna ilość oddziaływań samolotów myśliwskich, zapewniająca zniszczenie celu powietrznego /b_j/ z założonym prawdopodobieństwem.

Jeżeli do równań 4.2 dodamy fikcyjne cele powietrzne o numerach b_j i środki obrony L_i, których współczynnik efektywności $\delta_{ij} = 0$, a ilość możliwych oddziaływań $I_4 = \infty$, to zadanie powyższe możemy przedstawić w postaci:

$$\begin{aligned} &1.\ \sum_{j=1}^{J} X_{ij} = I_{3i} \ ; && \text{dla: } i = \text{constans} \ ; \\ &2.\ \sum_{i=1}^{I} X_{ij} = Q_j \ ; && \text{dla: } j = \text{constans} \ ; \\ &3.\ 0 \leqslant X_{ij} < I_{4ij} \ ; && \text{dla: } i,j = \text{constans} . \end{aligned} \qquad 4.3$$

$$\max F = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} X_{ij} \cdot \delta_{ij} \ ; \ \text{dla: } \delta_{ij} > 0 \qquad 4.4$$

gdzie: $I_3 \geqslant 0 \ ; \ Q \geqslant 0 \ ; \ I_4 \geqslant 0.$

Jeżeli przyporządkujemy każdemu celowi powietrznemu /b_j/ jednostkowe zapotrzebowanie /$Q_j = 1$/ na oddziaływanie

jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego w jednoetapowej sytuacji oraz określimy wskaźnik efektywności /δ/ dla oddziaływania jednej jednostki kalkulacyjnej, to powyższe równania /4.3. i 4.4/ możemy rozwiązać metodą transportową, stosując algorytm Forda- Fulkersona /tabela 4.1./.

Tabela 4.1.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J
		q'_1	q'_2	.	q'_J
L_1	I'_{31}	δ_{11} x_{11}	δ_{12} x_{12}	.	δ_{1J} x_{1J}
L_2	I'_{32}	δ_{21} x_{21}	δ_{22} x_{22}	.	δ_{2J} x_{2J}
.	.	.	.	.	.
L_I	I'_{3I}	δ_{I1} x_{I1}	δ_{I2} x_{I2}	.	δ_{IJ} x_{IJ}

Powyższą macierz rozwiązujemy dla jednoetapowej sytuacji powietrznej. Etapy te będą powtarzać się co czas ΔT . W związku z tym, ilość etapów możemy określić z zależności:

$$n_1 = \frac{t_w - t_1}{\Delta T} \qquad 4.5$$

Natomiast numer etapu , dla czasu t_n, obliczamy z zależności:

$$n = \frac{t_n - t_1}{\Delta T} \qquad 4.5a$$

gdzie:

n_1 - ilość etapów;

n - numer etapu / n = 1,2,3,4 .... N/;

t_n - czas rozpoczęcia analizy sytuacji powietrznej etapu n;

t_w - końcowy czas analizy sytuacji powietrznej / w = 1,2,3 .....W/;

t_1 - początkowy czas sytuacji powietrznej;

ΔT - odstęp czasowy pomiędzy etapami analizy sytuacji.

Występujący w macierzy wskaźnik efektywności /σ/ określamy na podstawie następującej zależności:

$$\sigma = \eta_{10} \cdot K_2 \qquad 4.6$$

gdzie:

η_{10} - sumaryczna ważność celu powietrznego;

K_2 - współczynnik czasowy, który może mieć wartość 0 lub 1.

Współczynnik ten ma wartość "1" wtedy, gdy na dany cel powietrzny, w czasie $t_w = t_n$, ma możliwość oddziaływania przynajmniej jedna jednostka kalkulacyjna samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania, tzn:

$$K_2 = 1, \text{ gdy: } t_1' \leqslant t_n = t_w < t_2' - T_4 \qquad 4.7$$

Natomiast wartość "0" ma wtedy, gdy w czasie $t_w = t_n$ samoloty myśliwskie z danego lotniska lub strefy dyżurowania

nie mają możliwości oddziaływania na dany cel powietrzny, tzn.

$$K_2 = 0, \text{ gdy: } t_1' > t_n = t_w \geqslant t_2' - T_4 \qquad 4.8$$

gdzie:

t_1' - czas wlotu celu powietrznego w okręg [1] o promieniu równym taktycznemu promieniowi działania samolotów myśliwskich z danego lotniska;

t_2' - czas wylotu celu powietrznego z okręgu o promieniu równym taktycznemu promieniowi działania samolotów myśliwskich z danego lotniska;

T_4 - czas jednego oddziaływania samolotów myśliwskich /bez uwzględniania zakłóceń/.

Wielkość q_w macierzy 4.1, określa chwilowe zapotrzebowanie celów powietrznych /b_j/ na oddziaływanie jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego. Wielkość ta może mieć wartość "0" lub "1".

Wartość "0" ma wtedy, gdy na dany cel powietrzny, w czasie t_n, oddziałuje jedna jednostka kalkulacyjna lotnictwa myśliwskiego lub ogólne potrzeby oddziaływania na ten cel równają się "0".

Natomiast wartość "1" ma wtedy, gdy na dany cel powietrzny, w czasie t_n, nie oddziałuje żadna jednostka kalkulacyjna, a potrzeby ogólne /q/ są większe od "0".

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

1/ Przy użyciu samolotów myśliwskich ze strefy powietrznej jest to elipsa, której ogniskami są punkty o współrzędnych środka strefy i lotniska.

Wartość $2'$, dla etapu $n+1$, możemy obliczyć z zależności:

$$2' = /2_j - \sum_n \sum_{i=1}^{I} X_{ij}^{(n)} / K_3 \qquad 4.9$$

gdzie:

2_j - potrzebna ilość oddziaływań na cel powietrzny;

$X_{ij}^{(n)}$ - wartość przydziału jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego w etapie n_j

K_3 - współczynnik zajętości celu powietrznego.

Ponieważ wyrażenie $2_j - \sum_n \sum_{i=1}^{I} X_{ij}^{(n)} = \mu$

może mieć wartość większą od "1", to dla jednoetapowej sytuacji przyjmujemy:

1. Jeżeli: $2_j - \sum_n \sum_{i=1}^{I} X_{ij}^{(n)} = 0$, to $\mu = 0$.

4.9a

2. Jeżeli: $2_j - \sum_n \sum_{i=1}^{I} X_{ij}^{(n)} \geqslant 1$, to $\mu = 1$.

Współczynnik K_3 może mieć wartości "0" lub "1". Wartość "0" ma wówczas, gdy:

$$t_j \leqslant t_w = t_n < t_j + T_4 \qquad 4.10$$

gdzie:

t_j - czas ostatniego przydzielenia jednostki kalkulacyjnej lotnictwa myśliwskiego do zwalczania danego celu powietrznego.

Współczynnik K_3 ma wartość "1" wtedy, gdy:

$$t_w = t_n \rangle t_j + T_4 \qquad 4.11$$

Wielkość I_3 określa posiadaną ilość jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego, którą dla etapu $n+1$ możemy obliczyć z zależności:

$$I'_{3i} = /I_{3i} - \sum_{n} \sum_{j=1}^{J} x_{ij}^{(n)} / + I_{0i} \qquad 4.12$$

gdzie:

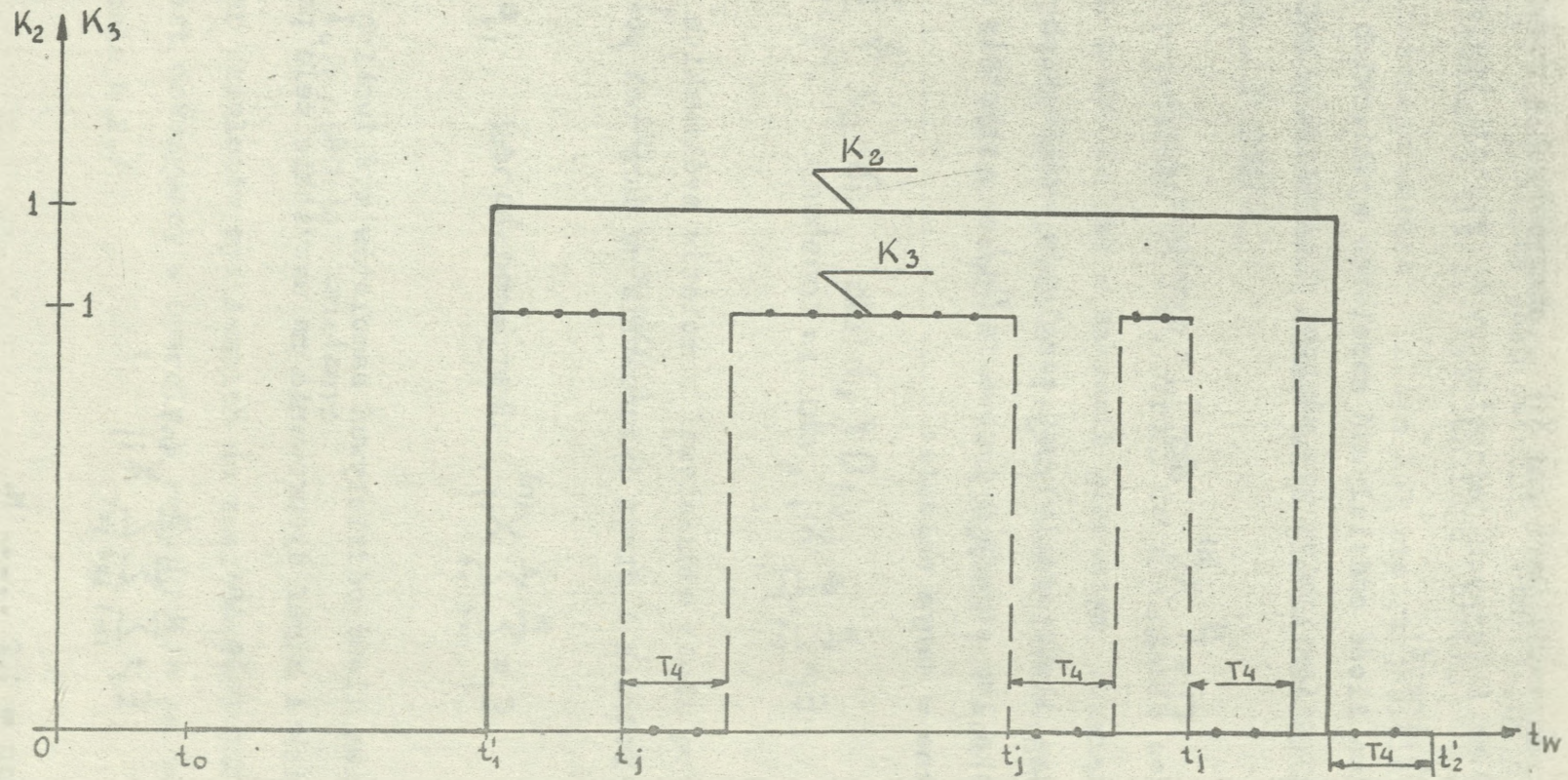
I_3 - początkowa ilość posiadanych jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego;

I_0 - ilość jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego, które w etapie n osiągnęły gotowość bojową nr 1 z gotowości nr 2 oraz tych, które odtworzyły gotowość do kolejnego lotu bojowego po wykonaniu zadania.

Zakładamy, że współrzędne samolotu myśliwskiego /grupy/ w momencie zakończenia oddziaływania są równe współrzędnym celu powietrznego dla czasu $t_j + T_4$.

Na tej podstawie możemy obliczyć czas odtworzenia gotowości samolotów myśliwskich do kolejnego lotu bojowego /rozdział III pkt 3.7./.

Graficzne zobrazowanie wartości współczynników K_2 i K_3 przedstawia rys. 4.1.



Rys. 4.1.

Na podstawie wartości X_{ij} , otrzymanych z rozwiązania macierzy 4.1 dla kolejnych jednoetapowych sytuacji powietrznych, możemy obliczyć:

1. Możliwą ilość oddziaływań samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania /Li/ na dany cel powietrzny /bj/:

$$E_{ij} = \sum_{n=1}^{N} X_{ij}^{(n)}, \quad \text{dla: } i\,j = \text{constans.} \qquad 4.13$$

2. Możliwą ilość oddziaływań samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania /Li/ na wszystkie cele powietrzne w danym nalocie:

$$E_i = \sum_{n=1}^{N} \sum_{j=1}^{J} X_{ij}^{(n)}, \quad \text{dla: } i = \text{constans.} \qquad 4.14$$

3. Możliwą ilość oddziaływań samolotów myśliwskich z wszystkich lotnisk i stref dyżurowania na dany cel powietrzny:

$$E_j = \sum_{n=1}^{N} \sum_{i=1}^{I} X_{ij}^{(n)}, \quad \text{dla: } j = \text{constans.} \qquad 4.15$$

4. Możliwą ilość oddziaływań samolotów myśliwskich z wszystkich lotnisk i stref dyżurowania na wszystkie cele powietrzne w danym nalocie:

$$E_1 = \sum_{n=1}^{N} \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} X_{ij}^{(n)}, \qquad 4.16$$

dla: $n = 1, 2 \ldots\ldots N$.

Liczbę E_1 przyjmujemy jako wskaźnik potencjalnych możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK w odniesieniu do założonego wariantu nalotu SNP nieprzyjaciela.

4.2. Drugi zakres przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych.

Zadanie przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych, podobnie jak w zakresie pierwszym, rozwiązujemy w oparciu o metody transportowe programowania liniowego.

Problem ten możemy zapisać w następującej postaci:

$$\max. F = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} X_{ij} \cdot \sigma_{ij} \quad , \quad \text{dla: } \sigma_{ij} \geqslant 0. \qquad 4.17$$

Ograniczenia:

1. $\sum_{j=1}^{J} X_{ij} = I_{3i}$, dla: i = constans.

2. $\sum_{i=1}^{I} X_{ij} = q_j$, dla: j = constans. 4.18

3. $0 \leqslant X_{ij} < I_{4ij}$, dla: i,j = constans.

Przydział samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych jest dokonywany w oparciu o rozwiązania następującej macierzy /tabela 4.2./

Tabela 4.2.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J
		q'_{k1}	q'_{k2}	.	q'_{kJ}
L_1	I'_{31}	δ_{11} x_{11}	δ_{12} x_{12}	.	δ_{1J} x_{1J}
L_2	I'_{32}	δ_{21} x_{21}	δ_{22} x_{22}	.	δ_{2J} x_{2J}
.	.	.	.	.	.
L_I	I'_{3I}	δ_{I1} x_{I1}	δ_{I2} x_{I2}	.	δ_{IJ} x_{IJ}

Macierz tą /tabela 4.2/ rozwiązujemy n_1 - ilość razy dla jednoetapowych sytuacji powietrznych /patrz zależność 4.5 i 4.5a./.

W macierzy tej wielkości L_i ; I'_3 ; b_j i q'_j są odpowiednio równoznaczne tym samym wielkościom w tabeli 4.1.

Natomiast wskaźnik efektywności /δ/ wyraża sumaryczną ważność celu powietrznego /η_{20}/ i możliwości przestrzenno-czasowe lotnictwa myśliwskiego z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

Wobec powyższego wartość wskaźnika δ, dla jednoetapowej sytuacji powietrznej o numerze n, możemy określić z następującej zależności:

$$\delta = \eta_{20} \cdot K_4 \qquad 4.19$$

gdzie:

η_{20} - sumaryczna ważność celu powietrznego;

K_4 - współczynnik czasowy.

Współczynnik K_4 może mieć wartość "1" lub "0". Wartość "1" ma wtedy, gdy na dany cel powietrzny, w czasie $t_w = t_n$, ma możliwość oddziaływania przynajmniej jedna jednostka kalkulacyjna ssmolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania, tzn:

$$K_4 = 1, \text{ gdy } t'_3 \leqslant t_w = t_n < t'_2 - T_4; \qquad 4.20$$

$$K_4 = 0, \text{ gdy } t'_3 > t_w = t_n \geqslant t'_2 - T_4.$$

gdzie:

t'_3 - możliwy czas rozpoczęcia oddziaływania samolotów z danego lotniska lub strefy dyżurowania na dany cel powietrzny/ z uwzględnieniem taktycznego promienia działania i ogólnej informacji radiolokacyjnej/;

t'_2 - czas wylotu celu powietrznego z przestrzeni działania samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania, ze względu na taktyczny promień działania.

Wartość współczynnika K_4 w czasie przedstawiona jest na rys. 4.2.

Na podstawie wartości X_{ij} , otrzymanych z rozwiązania macierzy 4.2 dla kolejnych jednoetapowych sytuacji powietrznych, /n/ możemy obliczyć możliwą ilość oddziaływań samolotów myśliwskich z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej /E'_{ij}, E'_i, E'_j i E_2/ , odpowiednio według zależności 4.13. , 4.14. , 4.15. i 4.16 - jak w zakresie pierwszym.

Liczbę E_2 przyjmujemy jako wskaźnik możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK,w odniesieniu do założonego wariantu nalotu SNP nieprzyjaciela,z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

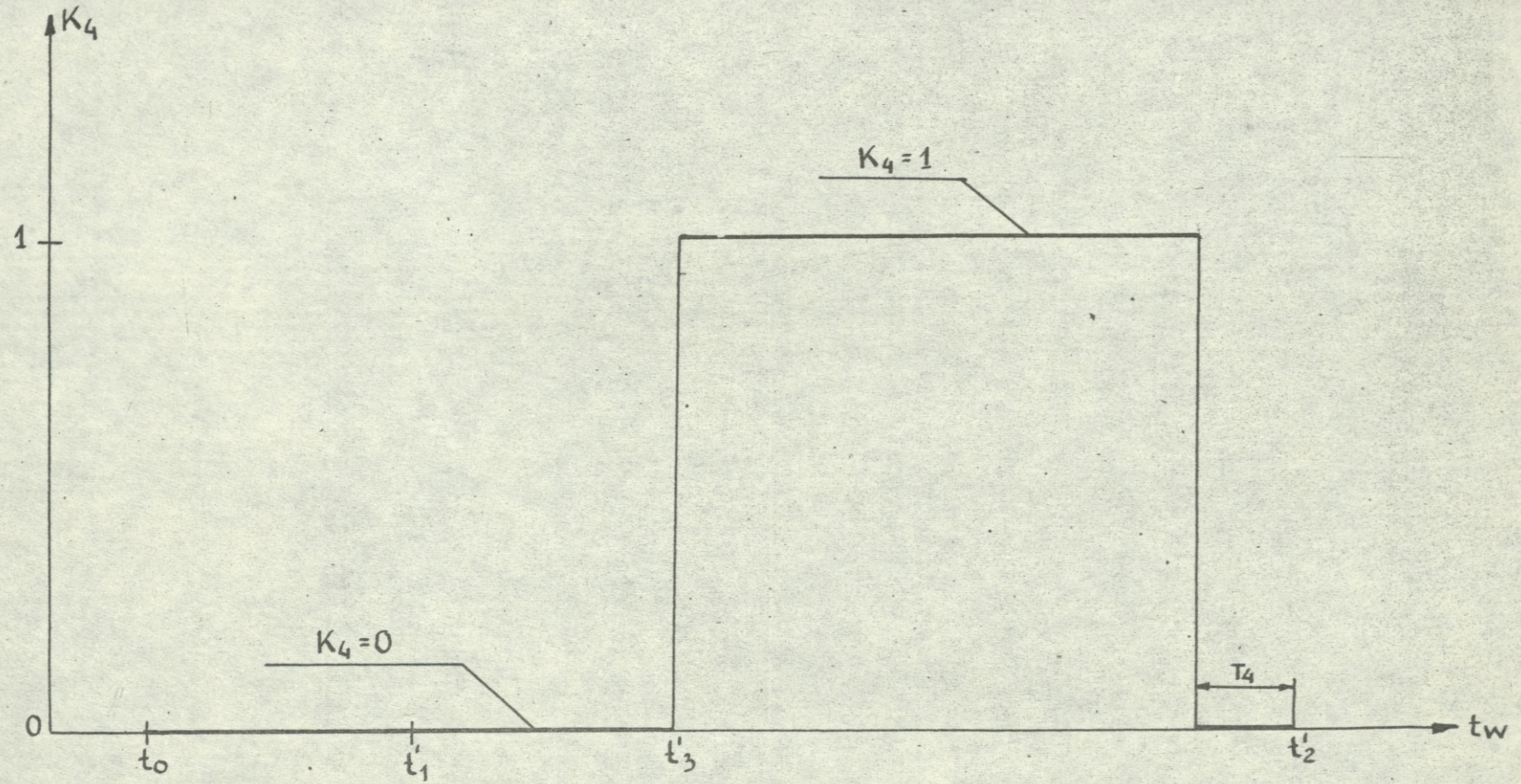
4.3. Trzeci zakres przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych.

Zadanie przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych, podobnie jak w zakresie pierwszym i drugim, rozwiązujemy w oparciu o metody transportowe programowania liniowego.

Zadanie to, przyjmując odpowiednie założenia, możemy rozwiązać w dwóch wariantach.

W wariancie pierwszym uwzględniamy przestrzenne i ilościowe możliwości punktów naprowadzania.

W wariancie drugim uwzględniamy tylko przestrzenne możliwości punktów naprowadzania, zakładając, że ilość kanałów naprowadzania jest wystarczająca i nie ma wpływu na możliwości bojowe lotnictwa myśliwskiego.



Rys. 4.2

4.3.1. Pierwszy wariant trzeciego zakresu przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych.

Zadanie przydziału środków obrony, w pierwszym wariancie, rozwiązujemy w dwóch etapach.

W pierwszym etapie dokonujemy przydziału punktów naprowadzania do zabezpieczenia naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne. W etapie tym uwzględniamy możliwości przestrzenno- ilościowe punktów naprowadzania, sumaryczną ważność celów powietrznych i potrzebną ilość naprowadzeń - równoznaczną potrzebnej ilości oddziaływań samolotów myśliwskich na cele powietrzne.

W drugim etapie dokonujemy przydziału środków obrony /jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego/ do zwalczania celów powietrznych z uwzględnieniem przydzielonych w I etapie kanałów naprowadzania. W etapie tym uwzględniamy ilościowe, przestrzenne i czasowe wskaźniki możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego /jak w zakresie drugim/ oraz sumaryczną ważność celów powietrznych i przestrzenno-ilościowe możliwości punktów naprowadzania na podstawie rozwiązania etapu I.

Etap I - przydział punktów naprowadzania.

Sformułowanie problemu.

W rejonie obrony korpusu OPK rozmieszczone są punkty naprowadzania $/k_o/$ z zadaniem naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne. Każdy cel powietrzny wymaga q_j-krotnego oddziaływania samolotów myśliwskich.

Oddziaływanie samolotów myśliwskich q_j-krotną ilość razy na dany cel powietrzny $/b_j/$ jest równoznaczne z q_j-krotnym ich

naprowadzaniem na ten cel.

Zadanie polega na znalezieniu takiej wartości przydziału /X_{aj}/ kanałów do naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne, aby iloczyn tej wartości i przyjętego wskaźnika efektywności /$X_{aj} \cdot \delta_{aj}$/ osiągnął wartość maksymalną.

Sformułowany problem można przedstawić w postaci:

$$\max. F = \sum_{a=1}^{A} \sum_{j=1}^{J} X_{aj} \cdot \delta_{aj}; \quad dla: \delta_{aj} \geqslant 0. \qquad 4.21$$

Ograniczenia:

1. $$\sum_{j=1}^{J} X_{aj} = I_1 \quad , \quad dla: a, n = constans.$$

2. $$\sum_{a=1}^{A} X_{aj} = q'_j \quad , \quad dla: j, n = constans. \qquad 4.22$$

3. $$0 < X_{aj} \leqslant I'_1 \quad , \quad dla: a, j, n = constans.$$

gdzie:

I_1 - maksymalna ilość jednoczesnych naprowadzeń /kanałów/ danego punktu /k_a/;

q'_j - potrzebna ilość naprowadzeń na cel powietrzny b_j, równa potrzebnej ilości oddziaływań samolotów myśliwskich w etapie n;

I'_1 - możliwa ilość jednoczesnych naprowadzeń przez punkt k_a w etapie n;

X_{aj} - szukana wartość przydziału kanałów naprowadzania;

n - numer etapu;

δ - wskaźnik efektywności.

Problem ten możemy przedstawić w postaci macierzy /tabela 4.3/.

Tabela 4.3.

k_a \ b_j		b_1	b_2	.	b_J
		q'_1	q'_2	.	q'_J
k_1	I'_1	δ_{11} x_{11}	δ_{12} x_{12}	.	δ_{1J} x_{1J}
k_2	I'_2	δ_{21} x_{21}	δ_{22} x_{22}	.	δ_{2J} x_{2J}
.	.	.	.	.	.
k_A	I'_A	δ_{A1} x_{A1}	δ_{A2} x_{A2}	.	δ_{AJ} x_{AJ}

Powyższą macierz /tabela 4.2/ rozwiązujemy n_1 - ilość razy, dla kolejnych jednoetapowych sytuacji powietrznych /patrz zależności 4.5 i 4.5a /.

Wartość I'_1, dla jednoetapowej sytuacji powietrznej o numerze n, możemy określić z zależności:

$$I'_1 = \sum_{r=1}^{r=I_1} K_r \quad , \quad \text{dla: } a = \text{constans.} \qquad 4.23$$

gdzie:

K_r - wskaźnik zajętości kanału naprowadzania;

r - numer kanału naprowadzania.

Wskaźnik zajętości kanału naprowadzania ma wartość "0" lub "1" i określa, czy dany kanał naprowadzania jest "wolny", czy "zajęty".

Wartość wskaźnika zajętości jest równa "0", jeżeli dany kanał został przydzielony do naprowadzania w jednym z poprzednich etapów, a II etap cyklu bezpośredniego naprowadzania nie jest zakończony, tzn.

$$K_r = 0, \text{ jeżeli } t_w = t_n \leqslant t_r + T_{30} + T_4 ; \qquad 4.24$$

dla : a, r = constans.

gdzie:

t_r - czas ostatniego przydziału kanału /r/ punktu naprowadzania /ka/;

T_{30} - czas realizacji I etapu cyklu bezpośredniego naprowadzania.

Wartość wskaźnika jest równa "1", jeżeli w poprzednich etapach dany kanał nie był przydzielony do naprowadzania lub cykl ostatniego naprowadzania został zakończony, tzn:

$$K_r = 1, \text{ jeżeli } t_w = t_n \rangle t_r + T_{30} + T_4 ; \qquad 4.25$$

dla: a, r = constans.

Wielkość q'_j, w macierzy 4.3, określa potrzebną ilość naprowadzeń na cel powietrzny b_j w etapie $n+1$.

Wartość q'_j określamy z zależności:

$$q'_j = /q_j - \sum_n \sum_{a=1}^{A} x_{aj}^{(n)} / K_{30} \qquad 4.26$$

dla: j = constans.

gdzie:

q_j - potrzebna ilość naprowadzeń, równa potrzebnej ilości oddziaływań na dany cel powietrzny;

K_{30} - współczynnik zajętości celu powietrznego.

Wyrażenie $q_j - \sum_n \sum_{a=1}^{A} x_{aj}^{(n)}$, dla jednoetapowej sytuacji, może mieć wartość "0" lub "1" - według zależności 4.9a.

Współczynnik K_{30} może mieć wartość "0" lub "1". Wartość "0" ma wówczas, gdy do danego celu powietrznego jest przydzielony kanał naprowadzania , a II etap naprowadzania nie jest zakończony, to jest:

$$K_{30} = 0, \text{ jeżeli } t_r \leq t_w = t_n < t_r + T_{30} + T_4 ; \qquad 4.27$$

dla: j = constans.

Wartość współczynnika jest równa "1" , jeżeli do danego celu powietrznego nie był przydzielony kanał naprowadzania lub II etap cyklu naprowadzania został zakończony, tzn:

$$K_{30} = 1, \text{ jeżeli } t_w = t_n > t_r + T_{30} + T_4 ; \qquad 4.28$$

dla: j = constans.

Wskaźnik efektywności $/\delta/$ wyraża ważność celu powietrznego i punktu naprowadzania oraz możliwości przestrzenne tego punktu.

Wartość tego wskaźnika możemy obliczyć z zależności:

$$\delta = \eta_{30} \cdot K_5 \qquad 4.29$$

gdzie:

η_{30} - sumaryczna ważność celu powietrznego;

K_5 - współczynnik czasowy, który określa możliwości przestrzenne punktu naprowadzania.

Współczynnik ten może mieć wartość "0" lub "1". Wartość "1" ma wtedy, gdy możliwości przestrzenne danego punktu zapewniają naprowadzanie samolotów myśliwskich na cel powietrzny, to jest:

$$K_5 = 1, \text{ jeżeli } t'_{10} + T_{30} \leqslant t_w = t_n < t'_{30} - T_{30} - T_4 \qquad 4.30$$

gdzie:

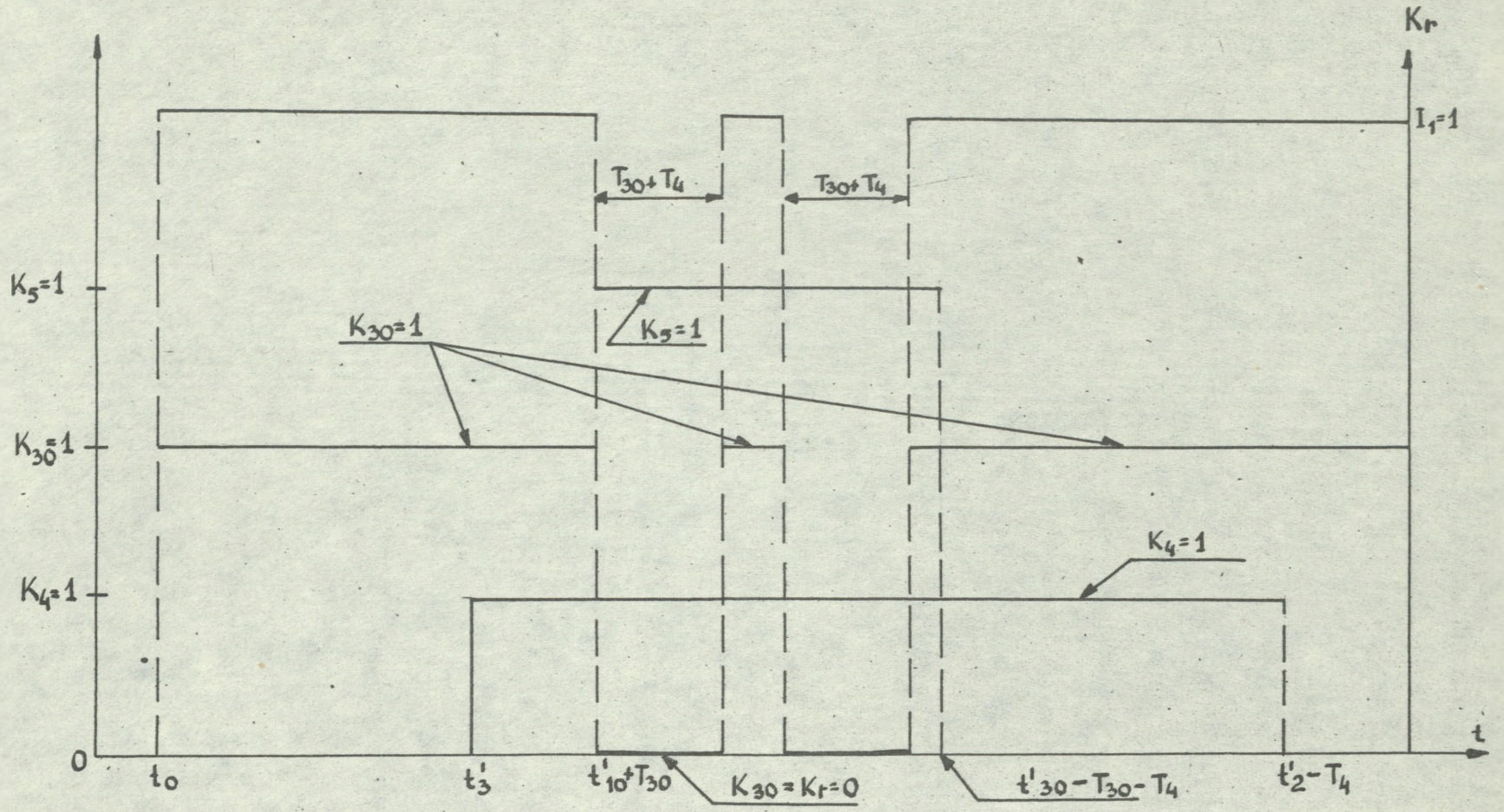
t'_{10} - czas wlotu celu powietrznego w strefę wykrywania stacji radiolokacyjnej, w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania;

t'_{30} - czas wylotu celu powietrznego ze strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej, w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania.

Natomiast w pozostałym przedziale czasu współczynnik K_5 ma wartość "0", to jest:

$$K_5 = 0, \text{ jeżeli } t'_{10} + T_{30} > t_w = t_n \geqslant t'_{30} - T_{30} - T_4 \qquad 4.31$$

Graficzne zobrazowanie wartości współczynników K_r, K_{30} i K_5 przedstawia rysunek 4.3.


Kr
I1=1
T30+T4
T30+T4
K5=1
K30=1
K5=1
K30=1
K4=1
K4=1
0
t
t0
t'3
t'10+T30
K30=Kr=0
t'30-T30-T4
t'2-T4

Rys. 4.3

Etap II - przydział środków obrony.

Sformułowanie problemu:

W rejonie obrony korpusu OPK rozmieszczone są środki obrony /L_i/ i punkty naprowadzania /k_a/.

Środki obrony /L_i/ mogą oddziaływać na cele powietrzne /b_j/ z wykorzystaniem punktów naprowadzania /k_a/, które zostały przydzielone do poszczególnych celów powietrznych w pierwszym etapie.

Oznacza to, że oddziaływanie samolotów myśliwskich na cele powietrzne jest uwarunkowane możliwościami przydzielonych punktów naprowadzania.

Zadanie polega na znalezieniu takiej wartości przydziału /X_{ij}/ środków obrony / w ramach przydzielonych kanałów naprowadzania/ do zwalczania celów powietrznych /b_j/ , aby iloczyn tej wartości i przyjętego wskaźnika efektywności /$X_{ij} \cdot \sigma_{ij}$/ osiągnął wartość maksymalną.

Sformułowany problem można rozwiązać , podobnie jak w zakresie pierwszym i drugim. W związku z tym problem ten możemy przedstawić w postaci:

$$\max F = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} X_{ij} \cdot \sigma_{ij} \,, \quad \text{dla: } \sigma_{ij} \geqslant 0. \qquad 4.31$$

Ograniczenia:

1. $\sum_{j=1}^{J} X_{ij} = I_{3i}$, dla: i = constans.

2. $\sum_{i=1}^{I} X_{ij} \leqslant q_j$, dla: j = constans. 4.32

3. $0 \leqslant x_{ij} < I_{4ij}$, dla: i, j = constans.

Zapisany problem w postaci równań 4.31 i 4.32, możemy również przedstawić w postaci macierzy /tabela 4.4./.

Tabela 4.4.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J
		q'_1	q'_2	.	q'_J
L_1	I'_{31}	δ_{11} x_{11}	δ_{12} x_{12}	.	δ_{1J} x_{1J}
L_2	I'_{32}	δ_{21} x_{21}	δ_{22} x_{22}	.	δ_{2J} x_{2J}
.	.	.	.	.	.
L_I	I'_{3I}	δ_{I1} x_{I1}	δ_{I2} x_{I2}	.	δ_{IJ} x_{IJ}

Powyższą macierz /tabela 4.4 / rozwiązujemy n_1 - ilość razy, dla jednoetapowych sytuacji powietrznych /patrz zależności 4.5. i 4.5a./. Wielkości L_i , b_j , I'_{3i} , δ_{ij} są odpowiednio równoznaczne tym samym wielkościom w tabeli 4.2.

Wielkość q_j określa ilość przydzielonych kanałów naprowadzania /etap I/, co przyjmujemy jako potrzebną ilość oddziaływań na dany cel powietrzny /b_j/ w jednoetapowej sytuacji /n/.

Na podstawie wartości X_{ij}, otrzymanych z rozwiązania macierzy 4.4. dla kolejnych jednoetapowych sytuacji powietrznych /n/, możemy obliczyć możliwą ilość oddziaływań samolotów myśliwskich z uwzględnieniem ogólnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej /E''_{ij}, E''_i, E''_j i E_3/, odpowiednio według zależności 4.13, 4.14., 4.15. i 4.16 - jak w zakresie pierwszym i drugim.

Liczbę E_3 przyjmujemy jako wskaźnik możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK, w odniesieniu do założonego wariantu nalotu SNP nieprzyjaciela, z uwzględnieniem ogólnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej.

4.3.2. Drugi wariant trzeciego zakresu przydziału środków obrony do zwalczania celów powietrznych.

Zadanie przydziału środków obrony w drugim wariancie rozwiązujemy w jednym etapie.

Rozwiązując zadanie postępujemy podobnie jak w zakresie drugim. Różnica polega na tym, że do określenia wartości wskaźnika efektywności /δ/ wprowadzamy dodatkowo współczynnik /K_5/, charakteryzujący możliwości przestrzenno-czasowe punktów naprowadzania.

Wobec tego wskaźnik efektywności /δ/ obliczamy z następującej zależności:

$$\delta = \eta_{20} \cdot K_4 \cdot K_5 \qquad 4.33$$

gdzie:

η_{20} i K_4 - jak w zakresie drugim /zależność 4.19/;

K_5 - współczynnik czasowy, który uwzględnia możliwości przestrzenne punktów naprowadzania /zależność 4.29/.

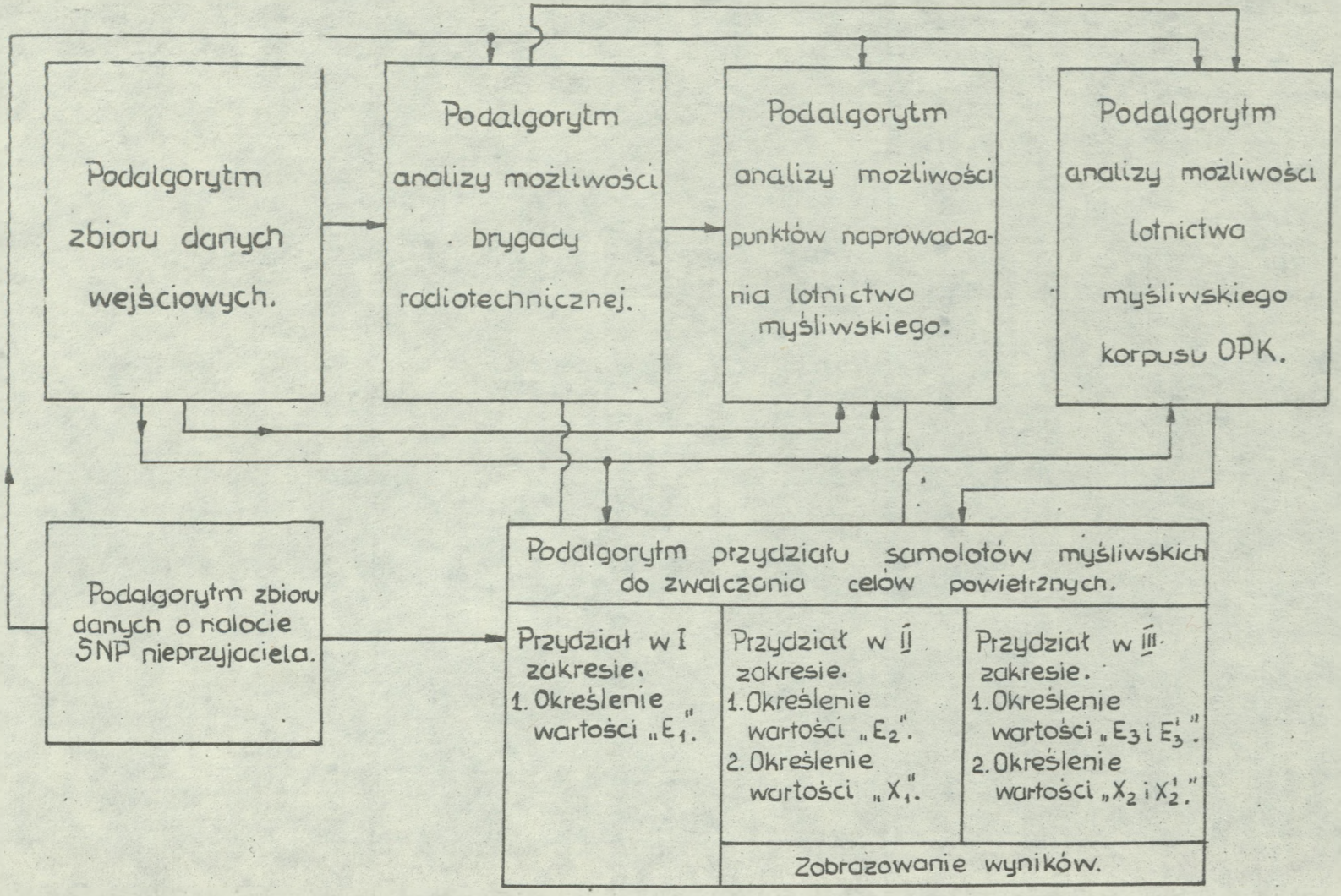
Jeżeli więc $K_4=1$ oraz $K_5=1$ /dla czasu t_n /, to oznacza, że w czasie $t_n=t_w$ jest możliwe spotkanie samolotów myśliwskich z danym celem powietrznym, przy jednoczesnej możliwości zrealizowania I etapu cyklu bezpośredniego naprowadzania.

5. ALGORYTM OCENY EFEKTYWNOSCI WYKORZYSTANIA LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO KORPUSU OPK

Ogólna budowa algorytmu

Algorytm oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK zbudowany jest z sześciu zasadniczych, ściśle że sobą współpracujących , podalgorytmów /rys.5.1./.

1. Podalgorytm zbierania i opracowywania danych wejściowych /przed nalotem/ o ugrupowaniu, wyposażeniu i możliwościach środków rozpoznania radiolokacyjnego oraz lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK /pkt 5.1./.
2. Podalgorytm zbierania danych o nalocie SNP nieprzyjaciela /pkt 5.2./.
3. Podalgorytm analizy możliwości brygady radiotechnicznej w zakresie wykrywania i określania charakterystyk celów powietrznych /pkt 5.3./.
4. Podalgorytm analizy możliwości punktów naprowadzania /pkt 5.4/.
5. Podalgorytm analizy możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK na cele powietrzne /pkt 5.5./.
6. Podalgorytm przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych oraz opis sposobu zobrazowywania wyników obliczeń /pkt 5.6./.


Podalgorytm zbioru danych wejściowych.
Podalgorytm analizy możliwości brygady radiotechnicznej.
Podalgorytm analizy możliwości punktów naprowadzania lotnictwa myśliwskiego.
Podalgorytm analizy możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK.
Podalgorytm zbioru danych o nalocie SNP nieprzyjaciela.
Podalgorytm przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych.
Przydział w I zakresie.
1. Określenie wartości „E1".
Przydział w II zakresie.
1. Określenie wartości „E2".
2. Określenie wartości „X1".
Przydział w III zakresie.
1. Określenie wartości „E3 i E3'".
2. Określenie wartości „X2 i X2'".
Zobrazowanie wyników.

Rys. 5.1

5.1. Podalgorytm zbierania i opracowywania danych wejściowych o ugrupowaniu, wyposażeniu i możliwościach środków rozpoznania radiolokacyjnego oraz lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK.

5.1.1. Zasadnicze dane ogólne.

(2)

1. Określenie położenia rejonu działań bojowych korpusu OPK.

Położenie rejonu działań bojowych korpusu OPK określamy z mapy, na którą wrysowane jest ugrupowanie bojowe tego korpusu.

Wyznaczamy współrzędne początku i końca odcinków /j/, stanowiących granice rejonu działań bojowych.

Wartości współrzędnych zapisujemy w następującej tabeli:

Tabela 5.1.

x,y \ j	1	2	3	4	.	J
X_1						X_{1J}
y_1						y_{1J}
x_2						X_{2J}
y_2						y_{2J}

(2)

2. Położenie i ważność obiektów osłony.

Położenie obiektów osłony określamy na podstawie mapy, podając współrzędne prostokątne /x,y/ środka obiektu.

Średni promień obiektu /r/ określamy według opisu podanego w podręczniku "Taktyka artylerii rakietowej obrony powietrznej kraju" - sygn. 369/69 OPK.

Wartości współrzędnych prostokątnych, średniego promienia oraz ważności obiektów /O_i/ wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.2.

O_i / x,y r,η'	O_1	O_2	O_3	·	O_I
x					x_I
y					y_I
r					r_I
η'					η'_I

5.1.2. Dane o środkach rozpoznania radiolokacyjnego.

(2)

1. Określenie położenia pozycji posterunków radiolokacyjnych i ich wyposażenie w sprzęt radiolokacji.

Współrzędne prostokątne i wysokość bezwzględna /x,y,H/ położenia pozycji posterunków radiolokacyjnych oraz wyposażenie tych posterunków w stacje radiolokacyjne /B_j/ określamy na podstawie mapy, na którą wrysowane jest ugrupowanie bojowe korpusu OPK.

Dane te wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.3.

Dane o RLP \ P_i	P_1	P_2	P_3	.	P_i
x					x_I
y					y_I
H					H_I
B_1					B_{1I}
B_2					B_{2I}
.					.
B_J					B_{JI}

2. Określenie średnich kątów zakrycia pozycji.

Średnie kąty zakrycia pozycji posterunku radiolokacyjnego określamy według opisu podanego w p.2.4.1.A.

Danymi wejściowymi do określenia średnich kątów zakrycia są kąty zakrycia pozycji określone w terenie / na pozycji/ za pomocą teodolitu lub obliczone z mapy, na podstawie poprzecznych przekrojów terenu.

Wartości kątów zakrycia wpisujemy do następującej tabeli:

β	0°	.	.	.	360°
α					

Dla:
p_i, B_j = constans/

Na podstawie kątów zakrycia pozycji obliczamy, według zależności 2.4 i 2.5, średnie kąty zakrycia /α_1/, których wartości wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.4.

β_i	β_1	β_2	β_3	.	β_I
α_1					

(5)

3. Zestawienie parametrów technicznych stacji radiolokacyjnych.

Parametry techniczne stacji radiolokacyjnej odczytujemy z formularza technicznego i wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.5.

Parametry / B_j	ΔF_i	ε_1	ε_2	τ	τ'	C_1	l_1	L_1	K_2	h_1
B_1										
B_2										
.										
B_J										

W celu uproszczenia obliczeń odległości od RLS do granicy strefy wykrywania tej stacji przyjmujemy, że:

- wysokość względna nasypu - $h_2 = 6m$ = constans;
- zastępczy promień Ziemi - $R_o = 8500\,km$ / dla normalnej refrakcji/;
- średni promień odbić od przedmiotów terenowych na wskaźniku RLS: - $z_2 = 30\,km$ /teren równinny/;
  - $z_2 = 45\,km$ / teren wyżynny/;
  - $z_2 = 60\,km$ / teren górski/.

4. Obliczenie odległości od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji w przedziale małych wysokości /Z_1/.

Odległość Z_1 obliczamy zgodnie z opisem podanym w p. 2.4.1.A.

Danymi wejściowymi do obliczeń są:

- średnie wartości kątów zakrycia /α_1/ - podane w tabeli 5.4.;
- współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego /K_2/, którego wartość podana jest w tabeli 5.5 ;
- bezwzględna wysokość zawieszenia elementu promieniującego /H_1/ stacji radiolokacyjnej.

Wartość H_1 obliczamy z zależności:

$$H_1 = H + h_1 + h_2$$

gdzie:

H - bezwzględna wysokość pozycji - podana w tabeli 5.3;

h_1 - względna wysokość zawieszenia elementu promieniują-

cego RLS - podana w tabeli 5.5.;

h_2 - względna wysokość nasypu.

Odległości Z_1 obliczamy dla następujących bezwzględnych wysokości lotu celu powietrznego : H = 50, 100, 300, 500, 1000, 1500 m.

Wartości Z_I wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.6.

β_i \ H	50	100	300	500	1000	1500
β_1						
β_2						
.						
β_I						Z_1

5. Zestawienie odległości od stacji radiolokacyjnej do zewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji w przedziale średnich i dużych wysokości $/Z_{ij}/$.

Odległości Z_{ij} odczytujemy z formularza technicznego danej stacji radiolokacyjnej i wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.7.

B_j \ h	3000	4000	6000	8000	10000	12000	16000	18000	24000	30000	35000	45000
B_1												
B_2												
B_3												
.												
B_J												Z_{II}

6. Obliczenie odległości od stacji radiolokacyjnej dowewnętrznej granicy strefy wykrywania tej stacji /z/.

Wartości z obliczamy wg opisu podanego w pkt 2.4.2. Danymi wejściowymi do obliczeń są:

- średni promień odbić od przedmiotów terenowych /z_2/, /wartość z_2 uwzględniamy dla tych RLS , które nie posiadają układów TES/;
- maksymalny kąt podniesienia charakterystyki promieniowania /ε_1/ - wartości podane w tabeli 5.5 ;
- czas trwania impulsu i dejonizacji zwieraków /τ i τ'/ w stacji radiolokacyjnej - wartości podane w tabeli 5.5.;
- długość i skala podstawy czasu /l_1 i L_1/ wskaźnika stacji radiolokacyjnej - wartości podane w tabeli 5.5 ;
- średnica plamki świetlnej /C_1/ na ekranie wskaźnika - wartości podane w tabeli 5.5.

Wyniki obliczeń wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.8.

B_j \ h	50	100	300	500	1000	1500	3000	4000	6000	8000	10000	12000	16000	18000	24000	30000	35000	45000
B_1																		
B_2																		
B_3																		
.																		
B_J																		Z

7. Obliczenie odległości Z_I i z dla stacji radiolokacyjnej rozwiniętej na pozycji kompanii radiotechnicznej.

Odległości te obliczamy zgodnie z opisem podanym w p. 2.4.2. Danymi wejściowymi do obliczeń są wartości Z_I i z podane w tabelach 5.6 i 5.8 oraz wysokość górnej granicy pierwszej warstwy przestrzeni wykrywania brygady /H_I/ i maksymalna odległość wykrywania /D_I/ celów powietrznych przez kompanię radiotechniczną.

Wartości Z_I i z wpisujemy do następujących tabel:

Tabela 5.9.

β_i \ H	50	100	300	500	.	H_J
β_1						
β_2						
β_3						
.						
β_I						Z_I

Tabela 5.10.

B_j \ h	50	100	300	500	.	H_I
B_1						
B_2						
B_3						
.						
B_J						z

8. Dane dotyczące opóźnienia ogólnej informacji radiolokacyjnej na stanowisku dowodzenia korpusu OPK.

W pierwszej kolejności ustalamy rodzaj /rodzaje/ systemu zdejmowania i przesyłania informacji radiolokacyjnej w danym korpusie OPK.

Następnie określamy czasy opóźnienia ogólnej informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK, zgodnie z opisem podanym w pkt 2.6 i wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.11.

Rodzaj systemu \ P_i	P_1	P_2	P_3	.	P_I
I					
II					
III					T_o

5.1.3. Dane o punktach naprowadzania lotnictwa myśliwskiego.

1. Położenie i wyposażenie punktów naprowadzania oraz ilość nawigatorów - operatorów.

Dane te określamy na podstawie zamiaru /planu walki/ dowódcy korpusu OPK lub w oparciu o przyjęte założenia i wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.12.

Dane o PN / ka	X	y	I	I'	WOO	WH	RT	N	I_2
k_1									
k_2									
.									
k_A									

5.1.4. Dane o lotnictwie myśliwskim korpusu OPK.

1. Położenie lotnisk bazowania i stref dyżurowania oraz ilość i typ jednostek kalkulacyjnych samolotów myśliwskich.

Położenie lotnisk i stref dyżurowania określamy z mapy, podając współrzędne środka lotniska oraz strefy dyżurowania. Ilość i typy jednostek kalkulacyjnych samolotów myśliwskich na danym lotnisku lub w strefie dyżurowania określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 3.8 i wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.13.

Dane o LM / L_i	X	y	H	S_1		S_2			S_3		
				u_1	u_2	u_1	u_2	u_1/u_2	u_1	u_3	u_1/u_3
L_1											
L_2											
.											
L_I	X_I	y_I	H_I	$I_{3I}^{(1,1)}$	$I_{3I}^{(1,2)}$	$I_{3I}^{(2,1)}$	$I_{3I}^{(2,2)}$	$I_{3I}^{(2,1/2)}$	$I_{3I}^{(3,1)}$	$I_{3I}^{(3,3)}$	$I_{3I}^{(3,1/3)}$

Danymi wejściowymi do obliczeń, które ustalamy na podstawie zamiaru / planu walki/ dowódcy korpusu lub w oparciu o przyjęte założenia, są:

- ilość i typ samolotów myśliwskich /S/;
- ilość i typ samolotów myśliwskich o danym wariancie uzbrojenia /S_u/;
- ilość samolotów danego typu przyjęta jako jednostka kalkulacyjna.

W celu uproszczenia dalszych obliczeń przyjmujemy następujące założenia:

- na danym lotnisku bazują samoloty myśliwskie jednego typu;
- warunki atmosferyczne w czasie nalotu są stałe;
- ilość pilotów jest większa lub równa ilości samolotów.

2. Określenie wielkości taktycznego promienia działania samolotów myśliwskich.

Wielkość taktycznego promienia działania określamy zgodnie z opisem podanym w punkcie 3.2.1.

Danymi wyjściowymi do określania wartości R są:

- typ samolotu /S_j/;
- wariant uzbrojenia /u_i/;
- całkowity zapas paliwa /Θ/.

Srednie wartości taktycznego promienia działania, dla danego typu samolotów, w zależności od prędkości i wysokości lotu wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.14

H_j \ V_i	V_1	V_2	V_3	.	V_I
H_1					
H_2					
H_3					
.					
H_J					$R=f(V_I, H_J)$

Dla:

S = constans;

u = constans;

Θ = constans;

i = 1,2,3 ... I /przedziały prędkości/;

j = 1,2,3 ... J /przedziały wysokości/.

3. Dane do określania przestrzeni oddziaływania samolotów myśliwskich ze stref dyżurowania.

Danymi wejściowymi do określania przestrzeni oddziaływania samolotów myśliwskich ze stref dyżurowania są:

- odległość /d/ od lotniska startu samolotów myśliwskich do strefy dyżurowania;
- typ samolotów myśliwskich /S/ i wariant ich uzbrojenia /u/ - podane w tabeli 5.13;
- wysokość i prędkość lotu samolotów myśliwskich w strefie dyżurowania;

- czas rozpoczęcia /t_1/ i czas zakończenia /t_2/ dyżurowania samolotów myśliwskich w danej strefie .

Odległość /d/ od lotniska startu do strefy dyżurowania określamy na podstawie współrzędnych środka lotniska i środka strefy dyżurowania, podanych w tabeli 5.13.

Wysokość i prędkość lotu samolotów myśliwskich oraz czas rozpoczęcia dyżurowania ustalamy na podstawie zamiaru /planu walki/ dowódcy korpusu lub w oparciu o przyjęte założenia.

Na podstawie wysokości i prędkości lotu odczytujemy w tabeli 5.14 wartość taktycznego promienia działania /R/ dla danego typu samolotu /S/, wariantu uzbrojenia /u/ i zapasu paliwa /θ/. Przyjmujemy maksymalny zapas paliwa w danym wariancie podwieszeń zewnętrznych.

Czas zakończenia dyżurowania /t_2/ określamy według zależności:

$$t_2 = t_1 + T_{dyż}$$

gdzie:

$T_{dyż}$ - maksymalny czas dyżurowania samolotów myśliwskich w danej strefie.

Maksymalny czas dyżurowania samolotów myśliwskich, w zależności od wysokości i prędkości lotu oraz odległości strefy dyżurowania od lotniska startu, określamy na podstawie tabel /wykresów/ zawartych w odpowiednich instrukcjach lub na podstawie obliczeń służby nawigatorskiej danego korpusu.

Dane do określania przestrzeni oddziaływania samolotów myśliwskich ze stref dyżurowania zestawiamy w następującej tabeli:

Tabela 5.15

Dane o strefach / L_i	L_1	L_2	L_3	.	L_I
d					
R					
t_1					
t_2					

Dane zawarte w tabeli 5.15 są niezbędne do określania przestrzeni oddziaływania /elipsy/ samolotów myśliwskich ze stref dyżurowania w płaszczyźnie poziomej /pkt 3.6.1/.

Natomiast przestrzeń oddziaływania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania w płaszczyźnie pionowej ograniczamy przedziałem wysokości lotu celu, który dla danego nalotu przyjmujemy jako wartość stałą, według następującej zależności /pkt 3.6.1/.

$$0 < H_b \leqslant H_{dyż} + \Delta H$$

4. Określenie czasu jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na cel powietrzny.

Czas jednego oddziaływania $/T_4/$ samolotów myśliwskich określamy przed nalotem , zgodnie z opisem podanym w pkt. 3.3 i 3.3.3.

Czasy te wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.15.a

W^{IO}	0	W_1^{IO}	W_2^{IO}	W_3^{IO}
T_4				

5.2. Podalgorytm zbierania danych o nalocie SNP nieprzyjaciela.

Na podstawie modelu nalotu, wykonanego przez sztab korpusu OPK, opracowujemy niezbędne dane dotyczące położenia i charakterystyki celów powietrznych.

1. Położenie oraz warunki lotu celów powietrznych.

Położenie oraz warunki lotu celów powietrznych określamy następującymi danymi:

- współrzędnymi prostokątnymi /x,y/ w czasie t_w;
- bezwzględną wysokością lotu celu /H/;
- prędkością i kierunkiem lotu celu /V, $\bar{\beta}$/.

Dane te wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.16

Dane o celu / t_w	X	Y	H	V	$\bar{\beta}$
t_1					
t_2					
t_3					
.					
t_w					

2. Charakterystyka celów powietrznych.

Charakterystyka celów powietrznych obejmuje następujące dane:

- rodzaj zakłóceń radiolokacyjnych /K_1/;
- podzakres generowanych zakłóceń aktywnych /Δf_i/;
- gęstość mocy generowanych zakłóceń /W^I/;
- skład celu powietrznego /N_4/.

Dane te wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.17

Dane o celu / t_w	K_1	Δf_i	W^I	N_4
t_1				
t_2				
t_3				
.				
t_w				

Określając dane o nalocie SNP nieprzyjaciela przyjmujemy następujące założenia /ograniczenia/:

a/ Wszystkie cele powietrzne wykonują lot po liniach prostych.

b/ Prędkość /V_b/ i wysokość /H_b/ lotu dla danego celu powietrznego /b_j/ są wartościami stałymi na całej trasie jego lotu.

Dane zestawione w tabelach od 5.1 do 5.15 charakteryzują obiekty osłony oraz środki rozpoznania i obrony korpusu

OPK.

Natomiast dane zawarte w tabelach 5.16 i 5.17 charakteryzują SNP nieprzyjaciela.

5.3. Podalgorytm analizy możliwości brygady radiotechnicznej w zakresie wykrywania i określania charakterystyk celów powietrznych.

W podalgorytmie tym dokonuje się analizy możliwości wykrywania i określania charakterystyk wszystkich celów powietrznych przez każdy środek rozpoznania, od momentu rozpoczęcia do momentu zakończenia nalotu.

5.3.1. Określenie strat informacji radiolokacyjnej ze względu na zakłócenia aktywne.

1. Określenie zakresu radiolokacyjnych zakłóceń aktywnych.

Zakres radiolokacyjnych zakłóceń aktywnych określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 2.11.2.

Danymi wejściowymi do obliczeń są:

- parametry źródeł zakłóceń - podane w tabeli 5.17;
- parametry stacji radiolokacyjnych - podane w tabeli 5.5.

Wyniki obliczeń wpisujemy do następującej tabeli / w postaci cyfr 0 lub 1/:

Tabela 5.18

t_w	t_1	t_2	.	t_w
f_{10}				

Jeżeli dla dowolnego czasu t_w wystąpi w tabeli wartość "1" / co oznacza, że występują zakłócenia zaporowe/, to uwzględniamy straty informacji radiolokacyjnej.

2. Określenie strat informacji radiolokacyjnej.

Straty w informacji radiolokacyjnej, spowodowane aktywnymi zakłóceniami zaporowymi, określamy zgodnie z opisem w pkt 2.11.4.

Danymi wejściowymi do obliczeń są:

- ilość celów powietrznych w założonym modelu nalotu;
- współczynnik strat /μ/ informacji radiolokacyjnej w zależności od gęstości mocy zakłóceń /W^{IO}/.

Na podstawie obliczeń dokonujemy zestawienia celów powietrznych, które w dalszych rozważaniach nie będą uwzględniane /tabela 5.19/.

Tabela 5.19

b_j	.	.	.	.

5.3.2. Obliczanie odległości Z_I i Z_{II} przy włączonym układzie TES.

Odległości Z_I i Z_{II} przy włączonym układzie TES obliczamy zgodnie z p. 2.11.6.

Danymi wejściowymi do obliczeń są:

- rodzaj zakłóceń /K_1/ - podany w tabeli 5.17;
- współczynnik zmniejszenia odległości Z_I i Z_{II} przy włączonym układzie TES /$\mu = 0{,}8$/;

- odległości Z_I i Z_{II} - podane w tabelach 5.6 , 5.7 i 5.9.

Na podstawie wyników obliczeń uaktualniamy wartości Z_I i Z_{II} w tabelach 5.6 , 5.7 i 5.9, nadając im numery 5.20 , 5.21 i 5.22.

5.3.3. Sprawdzenie , czy cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej /odległościomierza i wysokościomierza/.

Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajduje się w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej wykonujemy zgodnie z opisem w pkt 2.7.1 i 2.7.3.

Czynność tą realizujemy od momentu rozpoczęcia do momentu zakończenia nalotu, dla kolejnych jednoetapowych sytuacji powietrznych.

Danymi do obliczeń są:

- współrzędne prostokątne i bezwzględna wysokość lotu celów powietrznych /b_j/ - tabela 5.16;
- współrzędne prostokątne i wysokość bezwzględna pozycji stacji radiolokacyjnej - tabela 5.3;
- odległości Z_I , Z_{II} i Z - podane w tabelach 5.8 i 5.10 oraz 5.20, 5.21 i 5.22.

Wyniki wpisujemy do następującej tabeli , w postaci cyfr 0 i 1 / 0 - brak celu, 1 - jest cel/.

Czas t_o , w tabeli 5.23, oznacza moment wykrycia /najwcześniejszy/ danego celu powietrznego /b_j/ przez środki rozpoznania brygady radiotechnicznej.

Tabela 5.23.

P_i / b_j	P_1				.				P_I				t_o
	B_1	B_2	.	B_J	.	.	.	.	B_1	B_2	.	B_J	
b_1													
b_2													
b_3													
.													
b_J													

5.3.4. Określenie położenia celów powietrznych.

1. Określenie współrzędnych biegunowych celu powietrznego.

Współrzędne biegunowe /β i D/ celu powietrznego określamy zgodnie z opisem podanym w p 2.7.4. Danymi wejściowymi są:

- numer RLP i typ RLS, w strefie wykrywania której znajduje się cel powietrzny - tabela 5.23;
- współrzędne prostokątne i wysokości bezwzględne pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej , w strefie wykrywania której znajduje się cel powietrzny - podane w tabeli 5.3;
- współrzędne prostokątne i bezwzględna wysokość lotu celu powietrznego /b_j/ , który znajduje się w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej - podane w tabeli 5.16.

Wartości β i D wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.24.

β i D \ b_j	b_1	b_2	b_3	.	b_J
D					
β					

2. Określenie odległości poziomej do celu powietrznego i względnej wysokości jego lotu.

Odległość poziomą do celu powietrznego i względną wysokość jego lotu określamy zgodnie z opisem podanym w p.2.7.5 i 2.7.6.

Danymi wejściowymi do obliczeń są:

- bezpośrednia odległość /D/ od RLS do celu powietrznego - podana w tabeli 5.24;
- bezwzględna wysokość zawieszenia elementu promieniującego, którą obliczamy zgodnie z opisem podanym w pkt 5.1.2 , ppkt 4;
- bezwzględna wysokość lotu celu powietrznego - podana w tabeli 5.16;
- zastępczy promień Ziemi /R_o/ - podany w pkt 5.1.2 ppkt 3.

Wartości $\bar{D}$ i h wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.25

$\bar{D}$ i h \ b_j	b_1	b_2	b_3	.	b_J
$\bar{D}$					
h					

3. Określenie współrzędnych prostokątnych celu powietrznego.

Współrzędne prostokątne celu powietrznego /x,y/ określamy zgodnie z opisem podanym w p.2.7.7.

Danymi wejściowymi do określania wartości współrzędnych /x,y/ są:

- współrzędne prostokątne pozycji stacji radiolokacyjnej, za pomocą której określamy współrzędne biegunowe - wartości te określamy na podstawie danych zawartych w tabelach 5.23, 5.24 i 5.3;
- odległość pozioma /$\bar{D}$/ od stacji radiolokacyjnej do celu powietrznego - podana w tabeli 5.25;
- azymut topograficzny /β/ celu powietrznego - wartość podana w tabeli 5.24.

Wartości współrzędnych /y,x/ wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.26

x,y \ bj	b_1	b_2	b_3	.	b_j
x					
y					

5.3.5. Określenie czasu opóźnienia informacji radiolokacyjnej na SD korpusu OPK.

Czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej określamy po wykryciu celu powietrznego /b_j/ przez dowolny posterunek radiolokacyjny /P_i/ - pkt 2.9.

Danymi wejściowymi są:

- numer pododdziału /pododdziałów/ radiotechnicznego /P_i/, który pierwszy wykrył dany cel powietrzny /b_j/ w czasie t_o - tabela 5.23;
- dane dotyczące rodzaju systemu zdejmowania i przesyłania informacji - tabela 5.11.

Czasy opóźnienia informacji radiolokacyjnej wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.27

b_j	b_1	b_2	b_3	.	b_J
T_o					

5.3.6. Określenie kierunku i prędkości lotu celów powietrznych.

1. Określenie kierunku lotu celu powietrznego.

Kierunek lotu /$\bar{\beta}$/ celu powietrznego określamy zgodnie z opisem podanym w p.2.8 . Danymi wejściowymi są współrzędne prostokątne celu powietrznego, podane w tabeli 5.26.

Wartości $\bar{\beta}$ wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.28

b_j	b_1	b_2	b_3	.	b_J
$\bar{\beta}$					

2. Określenie prędkości lotu celu powietrznego.

Prędkość lotu /V/ celu powietrznego określamy zgodnie z p.2.10. Danymi wejściowymi są współrzędne prostokątne celu

powietrznego /podane w tabeli 5.26/ i względna wysokość jego lotu / podana w tabeli 5.25/.

Wartości V wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.29.

b_j	b_1	b_2	b_3	.	b_J
V					

5.3.7. Określenie ważności celów powietrznych /η^I/

Ważność celów powietrznych określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 2.14 i 2.14.1.

Danymi wejściowymi są:

- charakterystyka oraz kierunek lotu celu powietrznego - podane w tabelach 5.16, 5.17 i 5.28;
- ważność i charakterystyka obiektu osłony - podane w tabeli 5.2.

Wyniki obliczeń , w postaci odpowiedniej ilości punktów odpowiadającej ważności celu powietrznego, wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.30

b_j	b_1	b_2	b_3	.	b_J
η^I					

5.3.8. Zobrazowanie danych z rozpoznania radiolokacyjnego.

Na podstawie analizy możliwości brygady radiotechnicznej dokonujemy zobrazowania /zestawienia/ następujących danych:

a. Zobrazowanie /zestawienie/ danych niezbędnych do prowadzenia dalszych obliczeń /analizy możliwości lotnictwa myśliwskiego/.

b. Zobrazowanie danych niezbędnych do oceny możliwości brygady radiotechnicznej w zakresie wykrywania celów powietrznych.

1. Zobrazowanie danych z rozpoznania radiolokacyjnego, niezbędnych do prowadzenia dalszych obliczeń.

Dane z rozpoznania radiolokacyjnego , niezbędne do prowadzenia dalszych obliczeń, zestawiamy w następującej tabeli:

Tabela 5.31.a

Dane / b_j	$X/t_o/$	$Y/t_o/$	t_o	T_o	η^I	V	$\bar{\beta}$	h
b_1								
b_2								
b_3								
.								
b_J								

Tabelę 5.31.a zestawiamy na podstawie danych zawartych w tabelach : 5.23 , 5.25, 5.26 , 5.27 , 5.28 , 5.29 , 5,30.

2. Zobrazowanie danych niezbędnych do oceny możliwości brygady radiotechnicznej w zakresie wykrywania celów powietrznych.

Dane do oceny możliwości brygady radiotechnicznej zestawiamy w następującej tabeli:

Tabela 5.31.b.

Dla: t_w = constans

P_i / b_j	P_1				·	·	·	·	P_I				X	Y
	B_1	B_2	·	B_J	·	·	·	·	B_1	B_2	·	B_J		
b_1														
b_2														
·														
b_j														

Tabelę 5.31.b opracowujemy dla jednoetapowych sytuacji, od momentu rozpoczęcia do momentu zakończenia nalotu, na podstawie danych zawartych w tabelach 5.23 i 5.26.

Na podstawie powyższych danych możemy zobrazować graficznie odcinki tras lotu celów powietrznych w strefie wykrywania brygady radiotechnicznej.

5.4. Podalgorytm analizy możliwości punktów naprowadzania.

W podalgorytmie tym dokonuje się analizy możliwości wszystkich punktów naprowadzania, względem każdego celu powietrznego, od momentu rozpoczęcia do momentu zakończenia nalotu.

5.4.1. Określenie czasu przebywania celu powietrznego w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej , w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania.

Czas przebywania celu powietrznego w strefie wykrywania stacji radiolokacyjnej określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 2.12.

Danymi wejściowymi są:

- współrzędne położenia punktunaprowadzania i typ stacji radiolokacyjnej - podane w tabeli 5.12;
- wartości Z_I , Z_{ij} i z - podane w tabelach 5.20, 5.21, 5,8;
- parametry lotu celu powietrznego - podane w tabeli 5.31.a.

Wyniki obliczeń wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.32.

k_a / t'_{10}, t'_{30}	k_1				·	·	·	·	k_A			
	B_1	B_2	·	B_J	·	·	·	·	B_1	B_2	·	B_J
t'_{10}												
t'_{30}												

Czas t'_{10} oznacza moment wlotu celu powietrznego w strefę wykrywania stacji radiolokacyjnej , w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania.

Czas t'_{30} oznacza moment wylotu celu powietrznego z tej strefy.

5.4.2. Określenie czasu realizacji I etapu bezpośredniego naprowadzania /T_{30}/.

Czas realizacji I etapu bezpośredniego naprowadzania określ-

lamy zgodnie z opisem podanym w pkt 3.4.

Średnią wartość T_{30} przyjmujemy w dalszych obliczeniach jako stałą.

5.4.3. Określenie średniej gęstości mocy zakłóceń stacji radiolokacyjnych, w oparciu o które zorganizowane są punkty naprowadzania.

Średnią gęstość mocy radiolokacyjnych zakłóceń aktywnych określamy zgodnie z opisem podanym w p.2.11.3 i 2.11.5.

Danymi wejściowymi są:

- parametry lotu celu powietrznego, który stosuje zakłócenia aktywne - dane zawarte są w tabeli 5.16;
- dane charakteryzujące źródło zakłóceń - podane w tabeli 5.17;
- współrzędne punktu naprowadzania i typ stacji radiolokacyjnej - dane te podane są w tabeli 5.12;
- wartości Z_I, Z_{II} i z - podane w tabelach 5.20, 5.21 i 5.8.

Średnią gęstość mocy zakłóceń $/W^{IO}/$ danego punktu naprowadzania $/k_a/$, dla danego czasu t_w, wpisujemy do następującej tabeli.

Tabela 5.33.

k_a \ t_w	t_1	t_2	t_3	.	t_w
k_1					
k_2					
.					
k_A					W_i^{IO}

5.4.4. Określenie ilości jednoczesnych naprowadzeń samolotów myśliwskich na cele powietrzne.

Ilość jednoczesnych naprowadzeń określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 2.13.

Danymi wejściowymi są:

- ilość wskaźników /WOO i WH/ stacji radiolokacyjnej, aparatury APN i sprzętu łączności /RT/ oraz nawigatorów-operatorów /I/ realizujących proces naprowadzania z punktu /k_a/- wartości te podane są w tabeli 5.12.

Ilość /I_1/ jednoczesnych naprowadzeń wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.34

k_a	k_1	k_2	k_3	.	k_A
I_1					

5.4.5. Określenie sumarycznej ważności celu powietrznego z uwzględnieniem ważności punktu naprowadzania.

1. Określenie ważności punktu naprowadzania.

Ważność punktu naprowadzania określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 2.14.3.

Danymi wejściowymi są:

- współczynnik ι_4 , który charakteryzuje wpływ zakłóceń aktywnych na możliwości punktu naprowadzania - tabela 2.7, rozdział II;
- czasy wlotu /t'_{10}/ celu powietrznego w strefy wykrywania

punktów naprowadzania - tabela 5.32.

W pierwszej kolejności porządkujemy numery punktów naprowadzania według czasów t'_{10} / od najmniejszego do największego - tabela 5.32/ i określamy ich wartość punktową /η_4/.

Wyniki obliczeń wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.36

k_a / t'_{10}, η_4	k_1	k_2	k_3	·	k_A
t'_{10}	minimalny	·	·	·	maksymalny
η_4	100	·	·	·	10

Na podstawie wartości współczynnika i_4 i wartości η_4 określamy ważność punktów naprowadzania względem danego celu powietrznego /η^{III}/.

Wyniki obliczeń wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.37

k_a	k_1	k_2	k_3	·	k_A
η^{III}					

2. Określenie sumarycznej ważności celu powietrznego z uwzględnieniem ważności punktu naprowadzania:

Sumaryczną ważność celu powietrznego z uwzględnieniem ważności punktu naprowadzania określamy zgodnie z p.2.14.4.

Danymi wejściowymi są:

- ważność celu powietrznego - tabela 5.30;
- ważność punktu naprowadzania - tabela 5.37.

Sumaryczną ważność celu powietrznego /η_{30}/ wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.38

k_a	k_1	k_2	k_3	.	k_A
η_{30}					

5.5. Podalgorytm analizy możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK na cele powietrzne.

W podalgorytmie tym dokonuje się analizy możliwości oddziaływania na wszystkie cele powietrzne przez samoloty myśliwskie z każdego lotniska /strefy dyżurowania/, od momentu rozpoczęcia do momentu zakończenia nalotu.

5.5.1. Określenie czasu jednego oddziaływania samolotów myśliwskich na cel powietrzny . w zależności od gęstości mocy zakłóceń danego punktu naprowadzania.

Danymi wejściowymi są:

- średnia gęstość mocy zakłóceń /W^{IO}/ danego punktu naprowadzania /k_a/, dla czasu t_W - tabela 5.33;
- czas jednego oddziaływania /T_4/ w zależności od gęstości mocy zakłóceń - tabela 5.15.a.

Na podstawie powyższych danych zestawiamy tabelę wartości T_4:

Tabela 5.39

k_o \ t_w	t_1	t_2	t_3	.	t_w
k_1					
k_2					
k_3					
.					
k_A					T_4

5.5.2. Określenie potrzebnej ilości oddziaływań /q_j/na cel powietrzny /b_j/

Potrzebną ilość oddziaływań na dany cel powietrzny określamy zgodnie z opisem podanym w p. 3.9.

Danymi wejściowymi są:

- skład celu powietrznego - podany w tabeli 5.17;
- założone /gwarantowane/ prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego /R_g/- jako wartość stała;
- średnie prawdopodobieństwo /P_p/ zniszczenia pojedynczego SNP przez pojedynczy samolot myśliwski - jako wartość stała;
- średnia ilość samolotów myśliwskich w jednostce kalkulacyjnej /n'/ - jako wartość stała.

Wartości q_j wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.40

b_j	b_1	b_2	b_3	.	b_J
q_j					

5.5.3. Analiza możliwości oddziaływania na cele powietrzne ze względu na taktyczny promień działania samolotów myśliwskich.

1. Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajdzie się w przestrzeni działania samolotów myśliwskich z danego lotniska.

Obliczenia wykonujemy zgodnie z opisem podanym w pkt 3.2.2. i 3.2.3.

Danymi wejściowymi do obliczeń są:

- współrzędne /x,y/ środka lotniska bazowania /Li/ - tabela 5.13;
- typ samolotów myśliwskich /S/ na danym lotnisku , wariant ich uzbrojenia /u/ oraz zapas paliwa /Θ/ - tabela 5.13;
- wysokość /h/ lotu celu powietrznego /bj/ - tabela 5.16;
- prędkość /V/ lotu celu powietrznego /bj/ - tabela 5.16;
- wartość taktycznego promienia działania samolotów myśliwskich typu /S/, dla danej prędkości /V/ i wysokości /H/ lotu celu - tabela 5.14;
- kierunek /$\bar{\beta}$/ lotu celu powietrznego /bj/ - tabela 5.16.

Na podstawie obliczeń określamy współrzędne punktów przecięcia trasy lotu celu powietrznego /bj/ z okręgiem koła o promieniu /R/, charakteryzującym przestrzeń działania samolotów myśliwskich z danego lotniska /Li/.

Wartości współrzędnych wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.41

X, Y / Li	X_1	Y_1	X_2	Y_2
L_1				
L_2				
.				
L_I				

2. Sprawdzenie, czy cel powietrzny znajdzie się w przestrzeni działania samolotów myśliwskich z danej strefy dyżurowania.

Obliczenia wykonujemy zgodnie z opisem podanym w pkt 3.6.

Danymi wejściowymi do obliczeń są:

- odległość/d/ od lotniska startu samolotów myśliwskich do strefy dyżurowania - tabela 5.15;
- taktyczny promień działania samolotów myśliwskich - tabela 5.15;
- czas rozpoczęcia /t_1/ i czas zakończenia /t_2/ dyżurowania - tabela 5.15;
- wysokość dyżurowania /H/ - tabela 5.13;
- współrzędne, wysokość, prędkość i kierunek lotu celu powietrznego - tabela 5.16.

Na podstawie obliczeń określamy współrzędne punktów przecięcia trasy lotu celu powietrznego /bj/ z elipsą charakteryzującą przestrzeń działania samolotów myśliwskich z danej strefy .

Wartości współrzędnych wpisujemy do tabeli 5.41.a.

Tabela 5.41.a

L_i \ x,y	X_1	y_1	X_2	y_2
L_1				
L_2				
.				
L_I				

3. Określenie czasu wlotu /t_1'/ i czasu wylotu /t_2'/ celu powietrznego z przestrzeni oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania.

Czasy te określamy zgodnie z opisem podanym w punkcie 3.2.5 i 3.6.2.

Danymi wejściowymi są:

- współrzędne /x,y/ celu powietrznego /bj/ w czasie pierwszego namiaru/t_w/- tabela 5.16;
- prędkość /V/ lotu celu powietrznego /bj/ - tabela 5.16;
- współrzędne /x_1, y_1 ; x_2, y_2/ - tabela 5.41 i 5.41.a.

Wyniki obliczeń /czasy t_1' i t_2' / wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.41.b.

L_i \ t_1', t_2'	L_1	L_2	L_3	.	L_I
t_1'					
t_2'					

Czasy t_1' i t_2' możemy również określić na podstawie porównania wartości współrzędnych x_1, y_1 ; x_2, y_2 w tabelach 5.41, 5.41.a i odpowiadającym im czasów t_w w tabeli 5.16.

4. Określenie sumarycznej ważności celu powietrznego z uwzględnieniem ważności oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania:

a. Określenie ważności oddziaływania /Ω''/ samolotów myśliwskich:

Ważność oddziaływania samolotów myśliwskich określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 2.14.2.

Danymi wejściowymi są:

- współczynnik t_3 charakteryzujący zdolność samolotów myśliwskich typu S do wykonania zadania , w zależności od warunków lotu celu - pkt 3.8. , tabela 3.2;
- możliwy czas rozpoczęcia oddziaływania /t_1'/ samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania na dany cel powietrzny - tabela 5.41.b.

W pierwszej kolejności porządkujemy numery lotnisk i stref dyżurowania według czasów t_1' / od najmniejszego do największego - tabela 5.41.b/ i określamy ich wartość punktową /t^v/.

Wyniki obliczeń wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.42.

t_1', t^V \ L_i	L_1	L_2	L_3	·	L_I
t_1'	minimalny	·	·	·	maksymalny
t^V	100	·	·	·	10

Na podstawie wartości t^V oraz współczynnika L_3 określamy ważność oddziaływania $/\eta^{II}/$ samolotów myśliwskich z danego lotniska /strefy dyżurowania/ na dany cel powietrzny.

Wartości η^{II} wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.43.

L_i	L_1	L_2	L_3	·	L_I
η^{II}					

b. Określenie sumarycznej ważności $/\eta_{10}/$ celu powietrznego z uwzględnieniem ważności oddziaływania $/\eta^{II}/$ samolotów myśliwskich.

Sumaryczną ważność celu powietrznego określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 2.14.5.

Danymi wejściowymi są:

- ważność $/\eta^{I}/$ celu powietrznego - tabela 5.30;
- ważność oddziaływania $/\eta^{II}/$ samolotów myśliwskich z danego lotniska /sterfy dyżurowania/ - tabela 5.43.

Wartości η_{10} wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.44

L_i	L_1	L_2	L_3	·	L_I
η_{10}					

5.5.4. Analiza możliwości oddziaływania samolotów myśliwskich na cele powietrzne z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

1. Określenie czasu rozpoczęcia i czasu zakończenia oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania na dany cel powietrzny.

Czas rozpoczęcia oddziaływania /pierwszy punkt spotkania/ określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 3.5.1.

Danymi wejściowymi są:

- współrzędne celu powietrznego w momencie wykrycia /t_o/ - tabela 5.31.a;
- czas obiegu informacji /T_o/- tabela 5.31.a;
- czas podjęcia decyzji /T_d/, czas startu/T_{st}/ i czas manewru /T_{man}/samolotów myśliwskich - jako wartości stałe;
- prędkość /V/, wysokość /h/ i kierunek /$\bar{\beta}$/ lotu celu powietrznego - tabela 5.31.a;
- współrzędne środka lotniska lub strefy dyżurowania - tabela 5.13.

Czas zakończenia oddziaływania przyjmujemy jako równy czasowi wylotu /t_2'/ z przestrzeni działania samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania, który odczytujemy z tabeli 5.41.b.

Wartości czasów rozpoczęcia /t_3'/ i zakończenia oddziaływania /t_2'/ wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.45

t'_3, t'_2 \ L_i	L_1	L_2	L_3	.	L_I
t'_3					
t'_2					

2. Określenie sumarycznej ważności /η_{20}/ celu powietrznego z uwzględnieniem ważności oddziaływania samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania.

a/ Określenie ważności oddziaływania samolotów myśliwskich z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

Ważność oddziaływania samolotów myśliwskich określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 2.14.2.

Danymi wejściowymi są:

- współczynnik t_3 charakteryzujący zdolność samolotów myśliwskich typu /S/ do wykonania zadania , w zależności od warunków lotu celu - pkt 3.8, tabela 3.2.;
- możliwy czas rozpoczęcia oddziaływania /t'_3/ samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania na dany cel powietrzny z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej - tabela 5.45.

W pierwszej kolejności porządkujemy numery lotnisk i stref dyżurowania według czasów t'_3 / od najmniejszego do największego - tabela 5.45/ i określamy ich wartość punktową /t^v/

Wyniki obliczeń wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.46

L_i / t'_3, t^V	L_1	L_2	L_3	.	L_I
t'_3	minimalny				maksymalny
t^V	100				10

Na podstawie wartości t^V oraz współczynnika i_3 określamy ważność oddziaływania $/\eta''/$ samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

Wartości η'' wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.47

L_i	L_1	L_2	L_3	.	L_I
η''					

b. Określenie sumarycznej ważności $/\eta_{20}/$ celu powietrznego z uwzględnieniem ważności oddziaływania samolotów myśliwskich.

Sumaryczną ważność celu powietrznego określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 2.14.5.

Danymi wejściowymi są:

- ważność celu powietrznego - tabela 5.30;
- ważność oddziaływania samolotów myśliwskich - tabela 5.47.

Wartości η_{20} wpisujemy do następującej tabeli:

Tabela 5.48

L_i	L_1	L_2	L_3	.	L_I
η_{20}					

5.6. Podalgorytm przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych oraz opis sposobu zobrazowywania wyników obliczeń.

5.6.1. Przydział samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych w pierwszym zakresie /pkt 4.1/.

1. Dane wejściowe do obliczeń

- sumaryczna ważność /η_{16}/ celu powietrznego - tabela 5.44;
- czas wlotu /t'_1/ i czas wylotu /t'_2/ celu powietrznego z przestrzeni działania samolotów myśliwskich z danego lotniska lub strefy dyżurowania - tabela 5.41.b.;
- czas jednego oddziaływania /T_4/ w warunkach bez zakłóceń, jako wartość stała - tabela 5.15.a;
- początkowa ilość jednostek kalkulacyjnych /I_3/ samolotów myśliwskich na lotniskach oraz w strefach dyżurowania - tabela 5.13;
- potrzebna ilość oddziaływań /q/ - tabela 5.40.

2. Sposoby zobrazowywania wyników obliczeń.

Wyniki obliczeń możemy zobrazowywać w postaci zestawień tabelarycznych oraz graficznie.

Tabelaryczne zestawienie wyników obliczeń.

Na podstawie wartości przydziału /x_{ij}/ zakresu I, w kolejnych jednoetapowych sytuacjach /n/ , dokonujemy zestawienia ilości oddziaływań samolotów myśliwskich /E/ z poszczególnych lotnisk /stref dyżurowania/ na cele powietrzne /bj/ , w odniesieniu do założonego wariantu nalotu /tabela 5.49/.

Tabela 5.49.

Dla: n = 1,2,3 ... N.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J	$\sum_{j=1}^{J} E_{ij}$
L_1	I_{31}					
L_2	I_{32}					
.	.					
L_I	I_{31}				E_{IJ}	E_I
$\sum_{i=1}^{I} E_{ij}$					E_J	E_1

W tabeli 5.49. wartość E_1 oznacza możliwą ilość oddziaływań z wszystkich lotnisk i stref dyżurowania na wszystkie cele powietrzne, którą przyjmujemy jako wskaźnik potencjalnych możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK,

w odniesieniu do założonego wariantu nalotu.

Na podstawie dotychczas uzyskanych danych można również obliczyć:

a. Stosunek /e_1/ początkowej ilości jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK do potrzebnej ilości oddziaływań na cele powietrzne /jako wartość stała dla wszystkich zakresów przydziału/:

$$e_1 = \frac{\sum_{i=1}^{I} I_{3i}}{\sum_{j=1}^{J} q_j}$$

Początkowa ilość jednostek kalkulacyjnych na danym lotnisku /I_{3i}/ zawarta jest w tabeli 5.13.

Potrzebna ilość oddziaływań na dany cel powietrzny /q_j/ zawarta jest w tabeli 5.40.

b. Stosunek /e_2^I/ możliwej do potrzebnej ilości oddziaływań lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK na cele powietrzne:

$$e_2^I = \frac{E_1}{\sum_{j=1}^{J} q_j}$$

c. Stosunek /e_3^I/ możliwej ilości oddziaływań do początkowej ilości jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK:

$$e_3^I = \frac{E_1}{\sum_{i=1}^{I} I_{3i}}$$

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń.

W celu graficznego zobrazowania wyników obliczeń w pierwszej kolejności należy wykreślić rejon obrony korpusu OPK z wrysowanym ugrupowaniem bojowym. Następnie wykreślamy trasy lotu celów powietrznych. Na każdej trasie lotu zaznaczamy odcinki oddziaływania /współrzędne początku i końca/ jednostek kalkulacyjnych z danego lotniska lub strefy dyżurowania /numer lotniska lub strefy/ na dany cel powietrzny.

Trasy lotu wykreślamy na podstawie wartości współrzędnych celów powietrznych dla czasów t_w do t_w - tabela 5.16.

Danymi wejściowymi do określania początku i końca odcinka oddziaływania jednostki kalkulacyjnej z lotniska /Li/ na cel powietrzny /bj/ są:

- czas przydzielenia jednostki kalkulacyjnej z lotniska /Li/ do zwalczania celu powietrznego /bj/, który określamy na podstawie rozwiązania macierzy przydziału zakresu I w jednoetapowej sytuacji o numerze n , dla czasu t_n . Czas $t_w = t_n$ oznacza moment rozpoczęcia oddziaływania;
- czas zakończenia oddziaływania , który określamy z zależności $t_w = t_n + T_4$.

Na podstawie tabeli 5.16 określamy współrzędne celu powietrznego dla czasu $t_w = t_n$ /początek odcinka oddziaływania/ oraz dla czasu $t_w = t_n + T_4$ /koniec odcinka oddziaływania/.

5.6.2. Przydział samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych w drugim zakresie /pkt 4.2 /.

1. Dane wejściowe do obliczeń.

- sumaryczna ważność /η_{20}/ celu powietrznego - tabela 5.48;
- czas rozpoczęcia oddziaływania /t'_3/ samolotów myśliwskich z danego lotniska /Li/ na dany cel powietrzny /bj/ - tabela 5.45;
- czas zakończenia oddziaływania /t'_2/ samolotów myśliwskich z danego lotniska /Li/ na dany cel powietrzny /bj/ - tabela 5.45;
- czas jednego oddziaływania /T_4/ w warunkach bez zakłóceń, jako wartość stała - tabela 5.15.a;
- początkowa ilość jednostek kalkulacyjnych /I_3/ samolotów myśliwskich na lotniskach oraz w strefach dyżurowania - tabela 5.13;
- potrzebna ilość oddziaływań / q / - tabela 5.40.

2. Sposoby zobrazowania wyników obliczeń.

Wyniki obliczeń zobrazowujemy w postaci tabel oraz graficznie, w sposób analogiczny jak w zakresie pierwszym.

Tabelaryczne zestawienie wyników obliczeń.

Na podstawie wartości przydziału /Xij/ zakresu II, w kolejnych jednoetapowych sytuacjach /n/ , dokonujemy zestawienia ilości oddziaływań samolotów myśliwskich /E'/ na cele powietrzne /bj/ , w odniesieniu do założonego wariantu nalotu /tabela 5.50/.

Tabela 5.50

Dla: n = 1,2,3 ... N.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J	$\sum_{j=1}^{J} E'_{ij}$
L_1	I_{31}					
L_2	I_{32}					
.	.					
L_I	I_{31}				E'_{IJ}	E'_I
$\sum_{i=1}^{I} E'_{ij}$					E'_J	E_2

W tabeli 5.50 wartość E_2 oznacza możliwą ilość oddziaływań z wszystkich lotnisk i stref dyżurowania na wszystkie cele powietrzne, którą przyjmujemy jako wskaźnik możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK, w odniesieniu do założonego wariantu nalotu, z uwzględnieniem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

Na podstawie dotychczas uzyskanych danych /podobnie jak w zakresie I/ możemy również obliczyć:

a. Stosunek $/e''_2/$ możliwej do potrzebnej ilości oddziaływań lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK na cele powietrzne:

$$e_2^{II} = \frac{E_2}{\sum_{j=1}^{J} q_j}$$

b. Stosunek $/e_3^{II}/$ możliwej ilości oddziaływań do początkowej ilości jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK:

$$e_3^{II} = \frac{E_2}{\sum_{i=1}^{I} I_{3i}}$$

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń.

Graficzne zobrazowanie wyników /analogicznie jak w zakresie I / polega na wykreśleniu tras lotu celów powietrznych z zaznaczeniem odcinków oddziaływania jednostek kalkulacyjnych z danego lotniska lub strefy dyżurowania na dany cel powietrzny.

Trasy lotu wykreślamy na podstawie wartości współrzędnych celów powietrznych dla czasów t_w do t_W - tabela 5.31.b.

Danymi wejściowymi do określania początku i końca odcinka oddziaływania jednostki kalkulacyjnej z lotniska /Li/ na cel powietrzny /bj/ są:

- czas przydzielenia jednostki kalkulacyjnej z lotniska /Li/ do zwalczania celu powietrznego /bj/, który określamy na podstawie rozwiązania macierzy przydziału zakresu II, w jednoetapowej sytuacji o numerze n , dla czasu t_n . Czas $t_w = t_n$ oznacza moment rozpoczęcia oddziaływania;
- czas zakończenia oddziaływania , który określamy z zależności $t_w = t_n + T_4$.

Współrzędne celu powietrznego , dla czasów $t_W = t_n$ oraz $t_W = t_n + T_4$, określamy na podstawie tabeli 5.31.b.

3. Zestawienie wyników obliczeń I i II zakresu przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych.

Wyniki obliczeń I i II zakresu przydziału samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych zestawiamy w postaci tabel oraz zobrazowujemy graficznie.

Tabelaryczne zestawienie wyników obliczeń.

Na podstawie tabel 5.49 i 5.50 dokonujemy zestawienia wyników obliczeń w następującej tabeli :

Tabela 5.51

Dla: n = 1,2,3..... N.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J	$\frac{\sum_{i=1}^{J} E'_{ij}}{\sum_{j=1}^{J} E_{ij}}$
L_1	I_{31}					
L_2	I_{32}					
.	.					
L_I	I_{3I}				$\frac{E'_{IJ}}{E_{IJ}}$	$\frac{E'_I}{E_I}$
$\frac{\sum_{i=1}^{I} E'_{ij}}{\sum_{i=1}^{I} E_{ij}}$					$\frac{E'_J}{E_J}$	$X_1 = \frac{E_2}{E_1}$

E, E_1 - dane dotyczące wyników obliczeń w I zakresie przydziału - tabela 5.49.

E', E_2 - dane dotyczące wyników obliczeń w II zakresie przydziału - tabela 5.50.

Wartość X_1 przyjmujemy jako wskaźnik efektywności wykorzystania /stopień wykorzystania/ potencjalnych możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK , w odniesieniu do założonego wariantu nalotu, który jest jednocześnie wskaźnikiem efektywności zabezpieczenia jego działań bojowych pod względem ogólnej informacji radiolokacyjnej.

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń w I i II zakresie przydziału.

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń polega na wykreśleniu tras lotu celów powietrznych /jak w zakresie I/ z zaznaczeniem odcinków oddziaływania jednostek kalkulacyjnych na podstawie przydziału zakresu I i II.

Na tej podstawie możemy dokonać analizy efektywności wykorzystania potencjalnych możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK, pod względem przestrzeni oddziaływania na cele powietrzne,w odniesieniu do założonego wariantu nalotu.

5.6.3. Przydział samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych w pierwszym wariancie trzeciego zakresu /pkt 4.3.1 /.

1. Dane wejściowe do obliczeń:

- sumaryczna ważność $/\eta_{30}/$ celu powietrznego /bj/ z uwzględnieniem ważności punktu naprowadzania - tabela 5.38;

- sumaryczna ważność /η_{20}/ celu powietrznego /bj/ - tabela 5.48;
- czas /T_{30}/ realizacji I etapu bezpośredniego naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne , który określamy zgodnie z opisem podanym w pkt 3.4 i przyjmujemy jako wartość stałą;
- ilość /I_1/ kanałów danego punktu naprowadzania - tabela 5.34;
- czas /t'_{10}/ wlotu i czas /t'_{30}/ wylotu celu powietrznego ze strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej, w oparciu o którą zorganizowany jest punkt naprowadzania - tabela 5.32;
- możliwy czas rozpoczęcia oddziaływania /t'_3/ samolotów myśliwskich z danego lotniska /Li/ na dany cel powietrzny /bj/ - tabela 5.45;
- czas zakończenia oddziaływania /t'_2/ samolotów myśliwskich z danego lotniska /Li/ na dany cel powietrzny /bj/ - tabela 5.45;
- czas jednego oddziaływania /T_4/ w zależności od gęstości mocy zakłóceń /W^{ro}/ danego punktu naprowadzania /k_a/, dla danego czasu $t_W = t_n$ - tabela 5.39;
- początkowa ilość jednostek kalkulacyjnych /I_3/ na lotniskach oraz w strefach dyżurowania - tabela 5.13;
- potrzebna ilość oddziaływań /q/ - tabela 5.40.

2. Sposoby zobrazowania wyników obliczeń.

Wyniki obliczeń zobrazowujemy w postaci tabel oraz graficznie, w sposób analogiczny jak w pierwszym i drugim zakresie przydziału.

Tabelaryczne zestawienie wyników obliczeń.

Na podstawie wartości przydziału /X_{ij}/ pierwszego wariantu zakresu III, w kolejnych jednoetapowych sytuacjach /n/, dokonujemy zestawienia ilości oddziaływań samolotów myśliwskich /E''/ z poszczególnych lotnisk /stref dyżurowania/ na cele powietrzne /bj/ , w odniesieniu do założonego wariantu nalotu /tabela 5.52/.

Tabela 5.52

Dla: n = 1,2,3 .... N.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J	$\sum_{j=1}^{J} E''_{ij}$
L_1	I_{31}					
L_2	I_{32}					
.	.					
L_I	I_{3I}				E''_{IJ}	E''_I
$\sum_{i=1}^{I} E''_{ij}$					E''_J	E_3

W tabeli 5.52 wartość E_3 oznacza możliwą ilość oddziaływań z wszystkich lotnisk i stref dyżurowania na wszystkie cele powietrzne, którą przyjmujemy jako wskaźnik możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK , w odniesieniu do założonego wariantu nalotu z uwzględnieniem ogólnej i dokładnej

informacji radiolokacyjnej / z uwzględnieniem ilości kanałów naprowadzania/.

Na podstawie dotychczas uzyskanych danych /podobnie jak w zakresie II/ możemy również obliczyć:

a. Stosunek $/e_2^{III}/$ możliwej do potrzebnej ilości oddziaływań lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK na cele powietrzne:

$$e_2^{III} = \frac{E_3}{\sum_{j=1}^{J} q_j}$$

b. Stosunek $/e_3^{III}/$ możliwej ilości oddziaływań do początkowej ilości jednostek kalkulacyjnych lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK:

$$e_3^{III} = \frac{E_3}{\sum_{i=1}^{I} I_{3i}}$$

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń.

Sposób zobrazowania wyników obliczeń jest analogiczny jak w zakresie II.

Trasy lotu wykreślamy na podstawie wartości współrzędnych celów powietrznych dla czasów t_w do t_w - tabela 5.31.b.

Danymi wejściowymi do określenia początku i końca odcinka oddziaływania jednostki kalkulacyjnej z lotniska /Li/ na cel powietrzny /bj/ są:

- czas przydzielenia jednostki kalkulacyjnej z lotniska /Li/ do zwalczania celu powietrznego /bj/, który określamy na podstawie rozwiązania macierzy przydziału pierwszego wariantu zakresu III, w jednoetapowej sytuacji o numerze n, dla czasu t_n . Czas $t_w=t_n$ oznacza moment rozpoczęcia oddziaływania;
- czas zakończenia oddziaływania, który określamy z zależności: $t_w=t_n+T_4$.

Współrzędne celu powietrznego, dla czasów $t_w=t_n$ oraz $t_w=t_n+T_4$, określamy na podstawie tabeli 5.31.b.

3. Zestawienie wyników obliczeń I i III zakresu przydziału /wariant I/ samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych.

Wyniki obliczeń I i III zakresu przydziału /wariant I/ samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych zestawiamy w postaci tabel oraz zobrazowujemy graficznie.

Tabelaryczne zestawienie wyników obliczeń.

Na podstawie tabel 5.49 i 5.52 dokonujemy zestawienia wyników obliczeń w następującej tabeli /tabela 5.53/.

Wartość X_2 przyjmujemy jako wskaźnik efektywności wykorzystania /stopień wykorzystania/ potencjalnych możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK , w odniesieniu do założonego wariantu nalotu, który jest jednocześnie wskaźnikiem efektywności zabezpieczenia jego działań bojowych pod względem ogólnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej / z uwzględnieniem ilości kanałów naprowadzania/.

Tabela 5.53

Dla: n = 1,2,3 ....N.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J	$\frac{\sum_{j=1}^{J} E''_{ij}}{\sum_{j=1}^{J} E_{ij}}$
L_1	I_{31}					
L_2	I_{32}					
.	.					
L_I	I_{3I}				$\frac{E''_{IJ}}{E_{IJ}}$	$\frac{E''_I}{E_I}$
$\frac{\sum_{i=1}^{I} E''_{ij}}{\sum_{i=1}^{I} E_{ij}}$					$\frac{E''_J}{E_J}$	$X_2 = \frac{E_3}{E_1}$

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń I i III zakresu przydziału / w pierwszym wariancie/.

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń polega na wykreśleniu tras lotu celów powietrznych /jak w zakresie I/ z zaznaczeniem odcinków oddziaływania jednostek kalkulacyjnych na podstawie przydziału zakresu I i pierwszego wariantu zakresu III.

5.6.4. Przydział samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych w drugim wariancie trzeciego zakresu /pkt 4.3.2/.

1. Dane wejściowe do obliczeń:

- sumaryczna ważność /η_{20}/ celu powietrznego /bj/ - tabela 5.48;
- czas /T_{30}/ I etapu bezpośredniego naprowadzania - jak w wariancie pierwszym;
- czas /t'_{10}/ wlotu i czas /t'_{30}/ wylotu celu powietrznego ze strefy wykrywania punktu naprowadzania - tabela 5.32;
- możliwy czas rozpoczęcia oddziaływania /t'_3/ samolotów myśliwskich z danego lotniska /Li/ na dany cel powietrzny /bj/ - tabela 5.45;
- czas zakończenia oddziaływania /t'_2/ samolotów myśliwskich z danego lotniska /Li/ na dany cel powietrzny /bj/ - tabela 5.45;
- czas jednego oddziaływania /T_4/ w zależności od gęstości mocy zakłóceń /W^{IO}/ danego punktu naprowadzania/k_o/, dla danego czasu $t_W = t_n$ - tabela 5.39;
- początkowa ilość jednostek kalkulacyjnych/I_3/ na lotniskach oraz w strefach dyżurowania - tabela 5.13;
- potrzebna ilość oddziaływań /q/ - tabela 5.40.

2. Sposoby zobrazowania wyników obliczeń.

Wyniki obliczeń zobrazowujemy w sposób analogiczny jak w odniesieniu do pierwszego wariantu trzeciego zakresu przydziału.

Tabelaryczne zestawienie wyników obliczeń.

Na podstawie wartości przydziału /X_{ij}/ drugiego wariantu zakresu III, w kolejnych jednoetapowych sytuacjach /n/, dokonujemy zestawienia ilości oddziaływań samolotów myśliwskich /E'''/ z poszczególnych lotnisk /stref dyżurowania/ na cele powietrzne /bj/ , w odniesieniu do założonego wariantu nalotu /tabela 5.54/.

Tabela 5.54

Dla: n = 1,2,3 .... N.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J	$\sum_{j=1}^{J} E'''_{ij}$
L_1	I_{31}					
L_2	I_{32}					
.	.					
L_I	I_{3I}				E'''_{IJ}	E'''_I
$\sum_{i=1}^{I} E'''_{ij}$					E'''_J	E'_3

W tabeli 5.54 wartość E'_3 oznacza możliwą ilość oddziaływań z wszystkich lotnisk i stref dyżurowania na wszystkie cele powietrzne, którą przyjmujemy jako wskaźnik możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK , w odniesieniu do założonego wariantu nalotu z uwzględnieniem ogólnej i dokład

nej informacji radiolokacyjnej / bez uwzględniania ilości kanałów naprowadzania/.

Podobnie jak w pierwszym wariancie możemy również obliczyć wartości e_2^{III} i e_3^{III}.

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń.

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń jest analogiczne jak w pierwszym wariancie III zakresu.

3. Zestawienie wyników obliczeń I i III zakresu przydziału /wariant II/ samolotów myśliwskich do zwalczania celów powietrznych.

Tabelaryczne zestawienie wyników obliczeń.

Na podstawie tabel 5.49 i 5.54 dokonujemy zestawienia wyników obliczeń w następującej tabeli /tabela 5.55/.

Wartość X_2' przyjmujemy jako wskaźnik efektywności wykorzystania /stopień wykorzystania/ potencjalnych możliwości lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK , w odniesieniu do założonego wariantu nalotu, który jest jednocześnie wskaźnikiem efektywności zabezpieczenia jego działań bojowych pod względem ogólnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej /bez uwzględnienia ilości kanałów naprowadzania/.

Tabela 5.55

Dla: n = 1,2,3 ... N.

L_i \ b_j		b_1	b_2	.	b_J	$\frac{\sum_{j=1}^{J} E'''_{ij}}{\sum_{j=1}^{J} E_{ij}}$
L_1	I_{31}					
L_2	I_{32}					
.	.					
L_I	I_{3I}				$\frac{E'''_{IJ}}{E_{IJ}}$	$\frac{E'''_{I}}{E_{I}}$
$\frac{\sum_{i=1}^{I} E'''_{ij}}{\sum_{i=1}^{I} E_{ij}}$					$\frac{E'''_{J}}{E_{J}}$	$X'_2 = \frac{E'_3}{E_1}$

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń I i III zakresu przydziału / w drugim wariancie/.

Graficzne zobrazowanie wyników obliczeń polega na wykreśleniu tras lotu celów powietrznych /jak w zakresie I/ z zaznaczeniem odcinków oddziaływania jednostek kalkulacyjnych na podstawie przydziału zakresu I i drúgiego wariantu zakresu III.

WNIOSKI

Przedstawiona w pracy metoda, po opracowaniu programu na elektroniczne maszyny cyfrowe, może być wykorzystywana przez sztab korpusu OPK podczas planowania działań bojowych do wypracowania /wyboru/ najkorzystniejszego wariantu użycia lotnictwa myśliwskiego i wojsk radiotechnicznych.

Ponadto metoda ta może być wykorzystana do analizowania i oceny wpływu zmian w ugrupowaniu, wyposażeniu i możliwościach samolotów myśliwskich oraz środków dowodzenia na oczekiwane rezultaty działań bojowych.

Proponowana metoda może służyć do rozwiązywania takich zadań jak:

1. Wybór wariantu użycia lotnictwa myśliwskiego korpusu oraz sił i środków brygady radiotechnicznej, zapewniającego zadanie jak największych strat ŚNP nieprzyjaciela.

Zadanie może być rozwiązane w sytuacji, kiedy zostaną opracowane /założone/ przynajmniej dwa warianty użycia środków obrony oraz przynajmniej jeden wariant nalotu ŚNP nieprzyjaciela lub kilka wariantów użycia środków obrony i kilka wariantów nalotu.

W tym przypadku kryterium wyboru jest możliwa ilość oddziaływań przy danym wariancie użycia środków obrony, względem danego wariantu nalotu / wskaźnik E_3 /.

2. Ocena efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych lotnictwa myśliwskiego oraz wybór najlepszego wariantu użycia sił i środków brygady radiotechnicznej.

Kryteriami wyboru są wskaźniki charakteryzujące efektywność wykorzystania potencjalnych możliwości lotnictwa myśliwskiego ze względu na ogólną i dokładną informację radiolokacyjną /wskaźniki: $X_1 = \frac{E_2}{E_1}$, $X_2 = \frac{E_3}{E_1}$/.

3. Ocena stopnia wykorzystania samolotów myśliwskich /ich ilości/ do odparcia nalotu.

Kryterium oceny jest stosunek możliwej ilości oddziaływań, ze względu na czasowo-przestrzenne możliwości lotnictwa myśliwskiego /E/, do ilości samolotów myśliwskich /I_3/:

$$e_3^I = \frac{E_1}{I_3} \; ; \quad e_3^{II} = \frac{E_2}{I_3} \; ; \quad e_3^{III} = \frac{E_3}{I_3} \; .$$

4. Ocena stopnia wykonania zadania przez lotnictwo myśliwskie.

Kryterium oceny jest stosunek możliwej /E/ do potrzebnej ilości oddziaływań /q/:

$$e_2^I = \frac{E_1}{q} \; ; \; e_2^{II} = \frac{E_2}{q} \; ; \quad e_2^{III} = \frac{E_3}{q} \; .$$

Możemy również ocenić , czy ilość samolotów myśliwskich zapewnia wykonanie zadania w oparciu o wskaźnik:

$$e_1 = \frac{I_3}{q}$$

5. Ocena wpływu zmian wybranego czynnika /grupy czynników/, charakteryzującego lotnictwo myśliwskie i środki dowodzenia, na oczekiwane rezultaty działań bojowych, przy założeniu , że pozostałe elementy systemu są stałe, np:

- ugrupowanie lotnictwa myśliwskiego;
- ugrupowanie brygady radiotechnicznej;

- możliwości samolotów myśliwskich;
- możliwości stacji radiolokacyjnych;
- czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej;
- czas podejmowania decyzji.

Problematyka oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK jest bardzo rozległa i złożona. Zaproponowane w pracy kryteria /wskaźniki/ oceny dotyczą skuteczności działania lotnictwa myśliwskiego, z punktu widzenia strat zadanych SNP nieprzyjaciela, przy założeniu, że straty własne /koszty/ nie przekraczają dopuszczalnego/założonego/poziomu.

Do zasadniczych trudności napotykanych w pracy, które zdaniem autorów powinny stanowić kierunki doskonalenia proponowanej metody, należy zaliczyć:

- opracowanie i ujednolicenie wskaźników charakteryzujących czasowo-przestrzenne możliwości samolotów myśliwskich w grupowej walce powietrznej, w zależności od warunków działań;
- opracowanie i ujednolicenie wskaźników charakteryzujących wpływ zakłóceń radioelektronicznych na efektywność zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych lotnictwa myśliwskiego.

Przedstawienie proponowanej metody w postaci modelu matematycznego ma na celu wykazanie podstawowych zależności determinujących efektywność wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK oraz ułatwienie opracowania algorytmu i programu na EMC.

Wydaje się jednak, że zasadniczym celem i kierunkiem

dalszych badań powinno być opracowanie kompleksowej metody oceny efektywności wykorzystania sił i środków korpusu OPK, z wykorzystaniem dotychczasowych rozwiązań w tej dziedzinie, dotyczących jednorodnych środków walki.

BIBLIOGRAFIA

1. R.L. ACKOFF : Decyzje optymalne w badaniach stosowanych. Warszawa 1969.
2. Biuletyn informacyjny nr 2/1976. MON, Warszawa 1976.
3. H. BURLAGA, S. PIASECKI, A. STANEK : Model systemu obrony. WAT, Warszawa 1970.
4. J.W. CZUJEW: Badania operacji w wojsku. Moskwa 1970.
5. J.W. CZUJEW : Podstawy badań operacyjnych w technice wojskowej. Moskwa 1965.
6. H. CEGŁA : Brygada radiotechniczna wojsk OPK. ASG, Warszawa 1975.
7. M.P. DOŁUCHANOW: Rozchodzenie się fal radiowych. Warszawa 1975.
8. W. FINDEISEN : Metody obliczeniowe optymalizacji. Warszawa 1973.
9. Cz. FLANEK : Metodologia oceny efektywności wykorzystania sił i środków w systemie OPL wojsk operacyjnych. Rozprawa doktorska. ASG, Warszawa 1977.
10. L. GODDARD: Metody matematyczne w badaniach operacyjnych. Warszawa 1966.
11. E. GRYSIEWICZ: Metodyka określania możliwości przechwytywania SNP z dyżurowania na lotnisku. ASG, Warszawa 1975.

12. E. GRYSIEWICZ: Metody określania możliwości przechwytywania SNP z dyżurowania w powietrzu i patrolowania. ASG, Warszawa 1976.

13. S. JAKÓBCZYK: Pułk lotnictwa myśliwskiego obrony powietrznej kraju. ASG, Warszawa 1976.

14. Z. KUKUŁA, J. SMOTER: Odpieranie pierwszego zmasowanego nalotu SNP nieprzyjaciela w granicach PRL. Rozprawa habilitacyjna, ASG, Warszawa 1978.

15. R. KULCZYCKI : Algorytmizacja procesów kierowania ogniem jednostek rakietowych i artylerii przeciwlotniczej. Rozprawa doktorska. ASG, Warszawa 1971.

16. Naprowadzanie lotnictwa myśliwskiego na cele na małych wysokościach. MON, Warszawa 1974.

17. Obliczanie skuteczności oddziaływania aktywnych zakłóceń na środki radiolokacyjne. MON, Warszawa 1976.

18. J. PIETER : Z zagadnień pracy naukowej. Warszawa 1976.

19. E. PIĄTKOWSKI: Batalion radiotechniczny wojsk OPK. ASG, Warszawa 1973.

20. Podstawy analizy sytuacji powietrznej na stanowiskach dowodzenia wojsk radiotechnicznych OPK. MON, Warszawa 1971.

21. A. PRZENICZNY: Korpus OPK. ASG, Warszawa 1968.

22. Przygotowanie wojsk radiotechnicznych do prowadzenia działań bojowych w warunkach stosowania zakłóceń radioelektronicznych. MON, Warszawa 1973.

23. Samolot MiG-21M - Metodyka szkolenia lotniczego- Część II. MON, Poznań 1974.

24. M. SIMOMORD: Programowanie liniowe. Warszawa 1967.

25. J. SIWICKI : Normatywy taktyczno-techniczne i zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych WRT. ASG, Warszawa 1975.

26. M. SZTORSKI: Wojsko a badania operacji . Warszawa 1963.

27. R. SZTURMOWICZ : Wskaźniki możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego i wykorzystanie ich w procesie organizacji i prowadzenia działań bojowych. ASG, Warszawa 1968.

28. Taktyka wojsk radiotechnicznych wojsk obrony powietrznej kraju. MON, Warszawa 1977.

29. Technika radiolokacji. MON, Warszawa 1972.

30. A. WAKIN: Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego. Moskwa 1968.

31. E.S. WENCEL: Wstęp do badań operacyjnych. Moskwa 1964.

32. E. ZABŁOCKI: Podstawy taktyki lotnictwa myśliwskiego obrony powietrznej kraju. ASG, Warszawa 1976.

Wydrukowano w 15 egz.
Egz. Nr 1-15 Bibl. Gł.OZS
Wyk. ppłk Zabłocki
mjr Adamczyk
Nr PF-2525/WW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 11773
Akademii Obrony Narodowej

Qk 625