



**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

GŁÓWNY ZARZĄD SZKOLENIA BODOWEGO
Zaś. 2
Do pisania wykład. Nr 4450
wskaz. wchodzący
s. 10/10/1987. CZER. : d. 0. c.

JAWNE

POUFNE

Egz. nr 2



Ppłk dypl. Wiesław PĄCZEK
Kpt. mgr inż. Tadeusz LEWANDOWSKI

**MODELOWANIE DZIAŁAŃ
ŚRODKÓW NAPADU POWIETRZNEGO
Z WYKORZYSTANIEM SYMULACJI
KOMPUTEROWEJ**

Rozprawa doktorska

12701

WARSZAWA 1987





Zak.	Wyższa	Pf456
2	Wschod.	
No.	1387 0202 :d 0.c	

**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

JAWNE

POUFNE

Egz. nr 2



Ppłk dypl. Wiesław PĄCZEK
Kpt. mgr inż. Tadeusz LEWANDOWSKI

**MODELOWANIE DZIAŁAŃ
ŚRODKÓW NAPADU POWIETRZNEGO
Z WYKORZYSTANIEM SYMULACJI
KOMPUTEROWEJ**

Rozprawa doktorska



12101

DUBRAUSKI

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

im. GENERAŁA BRONI KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

POUFNE

Egz. Nr 2

JAWNE

Przeł. Inst. 779/21.08.95

dy

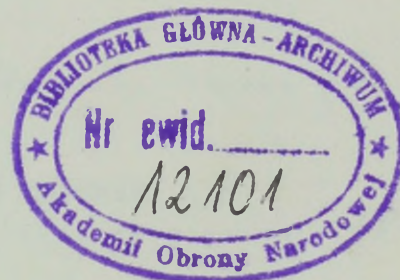
ppłk dypl. Wiesław PACZEK

kpt. mgr inż. Tadeusz LEWANDOWSKI



MODELOWANIE DZIAŁAŃ
ŚRODKÓW NAPADU POWIETRZNEGO
Z WYKORZYSTANIEM SYMULACJI
KOMPUTEROWEJ

ROZPRAWA DOKTORSKA



Opracowana pod naukowym kierownictwem :

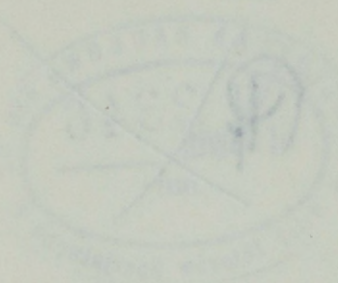
płk. prof. dr. hab. Witolda POKRUSZYŃSKIEGO
płk. doc. dr. hab. Eugeniusza ZABŁOCKIEGO

WARSZAWA 1987

INSTITUT ZA VEŠTAČENJE I
POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA



POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA



POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

POSREDOVANJE U PROMETU NEKRETNIM
PRAVNIM PREDMETIMA

S P I S T R E Ś C I

WSTĘP	5
1. ANALIZA SYSTEMOWA DZIAŁANIA ŚRODKÓW NAFADU POWIETRZNEGO PRZECIWNIKA	9
1.1. GENEZA PROBLEMU I UZASADNIENIE KONIECZNOŚCI JEGO ROZWIĄZANIA	9
1.2. HIPOTEZY ROBOCZE, GŁÓWNE PROBLEMY BADAWCZE, OCZEKIWANE REZULTATY ROZWIĄZANIA	18
1.3. OGÓLNA KONCEPCJA ZASTOSOWANIA ANALIZY SYSTEMOWEJ W BADANIACH SYSTEMU DZIAŁANIA ŚNF	20
1.4. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ŚNF	24
1.5. SYSTEM DZIAŁANIA ŚNF I JEGO DETERMINANTY	30
1.6. ZAŁOŻENIA OPERACYJNO-TAKTYCZNE	49
1.7. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA BUDOWY MODELU SYSTEMU DZIAŁANIA ŚNF	59
1.8. PROCEDURA WYKORZYSTANIA MODELU SYSTEMU DZIAŁANIA ŚNF	61
WNIOSKI KOŃCOWE ROZDZIAŁU PIERWSZEGO	66
2. ZASTOSOWANIE SYMULACJI KOMPUTEROWEJ DO BADANIA SYSTEMU DZIAŁANIA ŚNF	67
2.1. MODEL MATEMATYCZNY NALOTU ŚNF	70
2.2. ALGORYTM FORMOWANIA I OPTYMALIZOWANIA NALOTU ŚNF	104
2.3. ALGORYTM SYMULACJI NALOTU ŚNF	118
WNIOSKI KOŃCOWE ROZDZIAŁU DRUGIEGO	168
3. PRZYKŁAD OPERACYJNO-TAKTYCZNY	169
WNIOSKI KOŃCOWE	173
BIBLIOGRAFIA	176

ZAŁĄCZNIKI:

1. Schemat blokowy algorytmu symulacji nalotu	181
2. Macierz współrzędnych geograficznych wierzchołków trasy nalotu	183
3. Macierz sąsiedztwa wierzchołków trasy nalotu	185
4. Tabela opisu obiektów uderzeń	187
5. Tabela klas obiektów uderzeń	189
6. Tabela opisu elementów systemu OF	191
7. Tabela opisu typów elementów podsystemu OF ^{RRE}	193
8. Tabela opisu typów elementów podsystemu OF ^{HRT}	195
9. Tabela opisu typów elementów podsystemu OF ^{WR}	197
10. Tabela opisu typów elementów podsystemu OF ^{LN}	199
11. Tabela opisu typów elementów podsystemu OF ^{HRE}	201
12. Tabela ilości ŚNF do niszczenia elementów systemu OF	203
13. Tabela opisu lotnisk bazowania ŚNF	205
14. Tabela współczynników jakości ŚNF	207
15. Kalendarz zdarzeń działań ŚNF generowany przez moduły podsystemu OF	209
16. Przykładowe wyniki programu wyliczania odległości pomiędzy dwoma punktami	211
17. Przykładowe wyniki programu interpolacji	213
18. Przykładowe wyniki programu szacowania strat	215
19. Optymalny wariant nalotu (wariant 1)	217
20. Optymalny wariant nalotu (wariant 2)	219
21. Optymalny wariant nalotu (wariant 3)	221
22. Optymalny wariant nalotu (wariant 4)	223
23. Optymalny wariant nalotu (wariant 5)	225
24. Optymalny wariant nalotu (wariant 6)	227
25. Optymalny wariant nalotu (wariant 7)	229
26. Optymalny wariant nalotu (wariant 8)	231
27. Przykład graficznego zobrazowania optymalizacji ugrupowania ŚNF	233
28. Lista rozkazów programu wyliczania odległości pomiędzy dwoma punktami	235
29. Lista rozkazów programu interpolacji za pomocą wielomianu Lagrange'a	239
30. Lista rozkazów programu szacowania strat	241
31. Lista rozkazów programu (DR-01) optymalizacji jakościowej ŚNF	247

WSTĘP

Pomimo pewnych trendów odprężeniowych w polityce międzynarodowej w dalszym ciągu kontynuowana jest eskalacja zbrojeń ze strony państw NATO.

Rola, jaką zachodni specjaliści wojskowi przypisują siłom powietrznym w operacji strategicznej na ETW, sprawia, że kontynuowany jest dynamiczny rozwój środków napadu powietrznego poprzez zmianę struktur organizacyjnych, techniki bojowej, możliwości i zasad ich wykorzystania. Powoduje to konieczność systematycznego doskonalenia struktury systemu obronnego państw Układu Warszawskiego.

Zdobycie i utrzymanie panowania w powietrzu jest jednym z podstawowych warunków powodzenia w działaniach bojowych. Szerokie wykorzystanie lotnictwa w realizacji tego zadania doprowadzi do konfrontacji działań ŚNP z systemem obrony powietrznej. Powoduje to obiektywną konieczność ciągłego ulepszania struktury i zwiększania możliwości bojowych systemu obrony powietrznej.

Systematyczny rozwój jakościowy ŚNP i systemu obrony powietrznej sprawia, że dotychczasowe teorie i twierdzenia naukowe o przyszłej walce z przeciwnikiem powietrznym ulegają przewartościowaniu. Istnieje zatem potrzeba ciągłego ponawiania badań tego problemu z zastosowaniem coraz doskonalszych, nowoczesnych metod i narzędzi badawczych w celu wypracowania i weryfikacji nowych rozwiązań na przyszłym polu walki.

Walka środków napadu powietrznego z systemem obrony powietrznej, jako przedmiot badań, ma specyficzny charakter. Po pierwsze - nie istnieje w czasie pokoju, po drugie - badanie jej procesów wymaga uwzględniania jednocześnie obydwu systemów: ŚNP i obrony powietrznej. Dlatego też, w tym przedmiocie badań, stosowane są metody badań systemowych, z których jedną jest analiza systemowa i modelowanie jako jej integralny element.

Modelowanie działań systemu obrony powietrznej musi uwzględniać oddziaływanie ŚNP. Racjonalne ustalenie wzajemnych oddziaływań ŚNP i elementów systemu OP wymaga przeprowadzenia badań każdego z tych systemów. Wynika więc jednoznaczny wniosek, że dla badania systemu obrony powietrznej konieczne jest zbudowanie modelu działania ŚNP i przeprowadzenie z nim eksperymentów. Model działania ŚNP umożliwi przeprowadzenie badań i uzyskanie wiarygodnych rezultatów jedynie wtedy, gdy zostaną w nim odzwierciedlone podstawowe elementy systemu, procesy

i relacje między tymi elementami zachodzące oraz uwzględnione oddziaływanie czynników zewnętrznych w działaniu dynamicznym.

Spełnienie tych warunków może zapewnić komputerowy model symulacyjny. Zbudowanie takiego modelu wymaga udziału zespołu specjalistów z dziedziny sztuki operacyjnej i taktyki wojsk ODK oraz informatyków.

Potrzeba dokonania chociażby niewielkiego postępu w zastosowaniu symulacji komputerowej do badań systemu ŚNF stała się podstawą powstania zespołu autorskiego, podjęcia tematu i celu badań.

Celem badań jest zbudowanie symulacyjnego modelu działania ŚNF jako narzędzia umożliwiającego badania systemu rzeczywistego oraz ocenę efektywności funkcjonowania systemu obrony powietrznej.

Jako metodę - sposób podejścia z punktu widzenia założeń badawczych, jak również metodę - sposób działania z punktu widzenia stosowanych zobiektywizowanych metod badawczych, zastosowano w badaniach analizę systemową.

Natomiast z punktu widzenia powtarzalnego sposobu postępowania zastosowano symulację komputerową jako metodę umożliwiającą umowne, wielokrotne odzwierciedlanie procesów działań bojowych ŚNF oraz wyznaczanie mierzalnych wskaźników efektywności. Inaczej mówiąc, symulacja komputerowa stanowi integralny element analizy systemowej i jest w tym przypadku ogniwem wiążącym między teorią i praktyką.

Zastosowane metody badawcze determinowały kolejność i treść badań, co odzwierciedla również układ rozprawy, która składa się z trzech rozdziałów.

W rozdziale pierwszym rozprawy, po uzasadnieniu tematu i celu badań oraz sformułowaniu hipotez roboczych, na podstawie analizy systemu działania ŚNF i czynników determinujących jego funkcjonowanie, sprecyzowano podstawowe założenia do budowy modelu symulacyjnego i przedstawiono procedurę jego wykorzystania.

W rozdziale drugim dokonano formalizacji elementów systemu działania ŚNF, zbudowano model matematyczny nalotu oraz opracowano podstawowe algorytmy funkcjonowania jego modułów.

Rozdział trzeci przedstawia przykład założonej sytuacji operacyjno-taktycznej, dla której na podstawie opracowanego programu na EMC ODRA-1325 wykonano przykładowe obliczenia. Przykład ten prezentuje jeden z możliwych wariantów zastosowania modelu symulacyjnego oraz obrazuje sposób weryfikacji przyjętych w procesie badań założeń teoretycznych.

Rozdział pierwszy opracował ppłk Wiesław FACZEK.
Rozdział drugi opracował kpt. Tadeusz LEWANDOWSKI.

Układ rozprawy i treść poszczególnych jej rozdziałów obrazują generalny podział zadań badawczych. Autorzy pragną jednak zaznaczyć, że ogólna koncepcja (całość rozwiązania) jest ich wspólnym dorobkiem zarówno w zakresie układu pracy, jak i poglądów na rozwiązanie problemu.

Autorzy wyrażają wdzięczność i podziękowania kierownikom naukowym rozprawy płk.prof.dr.hab. Witoldowi POKRUSZYŃSKIEMU i płk.doc.dr.hab. Eugeniuszowi ZABŁOCKIEMU za życzliwy stosunek oraz ukierunkowanie w procesie badań i opracowania rozprawy doktorskiej.

Jesteśmy wdzięczni Komendzie Wydziału Wojsk Lotniczych i OFK Akademii Sztabu Generalnego WP oraz Oficerom Katedry Taktyki Wojsk OFK ASG WP za umożliwienie przeprowadzenia badań, Przełożonym i Kolegom z Wyższej Oficerskiej Szkoły Radiotechnicznej za pomoc i życzliwe uwagi.

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice to ensure transparency and accountability.

2. The second part of the document outlines the procedures for handling discrepancies. It states that any variance between the recorded amounts and the actual amounts should be investigated immediately and reported to the appropriate authority.

3. The third part of the document provides a detailed list of the items and services provided during the period. It includes a breakdown of the quantities and values for each category, along with a summary of the total amounts. This section is intended to provide a clear overview of the financial activity.

4. The fourth part of the document contains a table summarizing the key financial metrics. The table includes columns for the item name, quantity, unit price, and total value. This tabular format allows for easy comparison and analysis of the data.

5. The fifth part of the document concludes with a statement of the total amount and a declaration of the accuracy of the information provided. It is signed by the responsible officer and dated.

6. The final part of the document includes a section for additional remarks or observations. This area is reserved for any further details or clarifications that may be necessary.

1. ANALIZA SYSTEMOWA DZIAŁANIA ŚRODKÓW NAPADU POWIETRZNEGO

PRZECIWNIAK

1.1. GENEZA PROBLEMU I UZASADNIENIE KONIECZNOŚCI JEGO ROZWIĄZANIA

Analiza rozwoju sytuacji polityczno-militarnej w świecie sugeruje, że w dalszym ciągu trwać będzie eskalacja agresywnej natowskiej polityki wyścigu zbrojeń i dążenia do bezpośredniej konfrontacji.

Państwa NATO konsekwentnie realizują długofalowy plan rozwoju sił zbrojnych. Na podstawie treści, zakresu i tempa realizacji planowanych przedsięwzięć można stwierdzić, że rozwój ten dotyczy nie tylko techniki bojowej, środków rażenia i taktyki ich działania, lecz obejmuje również szereg zmian doktrynalnych.

Kierownictwo NATO podejmuje wysiłki mające na celu zwiększenie możliwości bojowych oraz doskonalenie koncepcji użycia taktycznych sił powietrznych. Bazę wyjściową rozwoju lotnictwa taktycznego stanowią badania teoretyczne oraz wnioski z wojen i konfliktów lokalnych.

1.1.1. Główne kierunki rozwoju i modernizacji lotnictwa

taktycznego państw NATO

Państwa NATO systematycznie dążą do zwiększania możliwości i gotowości bojowej taktycznych sił powietrznych. Podejmowane są kompleksowe przedsięwzięcia mające na celu doskonalenie struktur organizacyjnych i systemów dowodzenia lotnictwem oraz wprowadzanie nowego sprzętu lotniczego, środków rażenia i zabezpieczenia bojowego działań.

Bazujące na obszarze ETW siły powietrzne NATO utrzymywane są w wysokim stopniu gotowości bojowej.

W skład sił powietrznych Norwegii, Danii i RFN na północnoeuropejskim TDW (PE TDW) wchodzi łącznie ponad 200 samolotów typu: F-16, F-35, Alpha Jet, RF-4. Siły te mogą być znacznie wzmocnione w wyniku mobilizacji i przerzutu eskadr lotnictwa taktycznego z terytorium Stanów Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii. Zasadnicze zgrupowanie - lotnictwa taktycznego, liczące około półtora tysiąca samolotów F-15, F-16, Tornado, A-10, Alpha Jet, F-4, znajduje się w składzie połączonych sił powietrznych środkowoeuropejskiego TDW (SE TDW). Potencjał bojowy tego zgrupowania jest sukcesywnie zwiększany. Zgodnie z planami NATO skład tych sił może ulec niemal dwukrotnemu wzmocnieniu w wyniku uzupełnień mobilizacyjnych i przerzutów.

Przewidywany jest wzrost możliwości przerzutowych lotnictwa taktycznego.

Zgodnie z aktualnymi planami siły powietrzne Stanów Zjednoczonych mogą w ciągu 10 dni dokonać przerzutu do Europy około 60 eskadr (1200 samolotów), a w przyszłości zamierza się zwiększyć liczbę przerzucanych eskadr do 80 (1900 samolotów) [37].

Przewiduje się możliwość wzmocnienia sił powietrznych NATO na ŚE TDW samolotami lotnictwa strategicznego Stanów Zjednoczonych, które mogą być wykorzystane do działań zarówno z bronią jądrową, jak i konwencjonalną.

Siły i środki lotnictwa taktycznego zaliczane są do jednostek utrzymywanych w najwyższej gotowości bojowej. Wysoki jest również współczynnik sprawności technicznej, który w warunkach stałej gotowości bojowej wynosi 0.7, a w okresie zagrożenia może być zwiększony do 0.8-0.9.

Dowództwo sił powietrznych NATO podejmuje szereg przedsięwzięć mających na celu osiągnięcie gotowości do wykonania zmasowanych uderzeń lotnictwa w ramach zaczepnej operacji powietrznej siłami okresu pokojowego po krótkim przygotowaniu, trwającym do kilkunastu godzin. Przy utrzymaniu wysokiego współczynnika sprawności technicznej, zdaniem dowództwa NATO, pozwoli to na uzyskanie stosunkowo dużej siły uderzeniowej nalotów, przy jednoczesnym zachowaniu czynnika zaskoczenia.

Rozwój lotnictwa taktycznego NATO charakteryzuje się przede wszystkim wprowadzaniem do uzbrojenia nowych typów wielozadaniowych samolotów bojowych przystosowanych do wykonywania różnorodnych zadań z użyciem broni konwencjonalnej i jądrowej.

Doskonalenie parku samolotowego realizowane jest poprzez wprowadzanie do uzbrojenia jednostek lotniczych samolotów trzeciej generacji. Kontynuowane są dostawy samolotów F-15, F-16, A-10, Tornado, Jaguar, Alpha Jet, EF-111, TR-1A. Na podstawie programów przezbrajania lotnictwa można przewidywać, że do roku 1990 siły powietrzne NATO będą dysponowały ponad 4200 samolotami bojowymi nowej generacji.

Wprowadzaniu do wyposażenia sił powietrznych samolotów nowych generacji towarzyszy ich systematyczna modernizacja. W ramach modernizacji konstruowane są samoloty F-15 w wersji myśliwsko-bombowej (F-15E¹⁾, które będą nosicielami broni jądrowej. Do uzbrojenia lotnictwa taktycznego Stanów Zjednoczonych ma wejść w niedalekiej przyszłości samolot F-16E²⁾ o całkowicie nowej konstrukcji skrzydeł (powierzchnia ponad dwukrotnie większa od skrzydeł wersji podstawowej F-16) wykonanej z włókna węglowego.

¹⁾ W latach 1986-94 przewiduje się wyprodukowanie 392 samolotów tej wersji. Maksymalny udźwig samolotu ma wynosić ponad 7000 kg, promień działania - 1300-1850 km (w zależności od wariantu uzbrojenia).

²⁾ F-16E ma posiadać dwukrotnie większy udźwig użyteczny, zakres wysokości i prędkości lotu, zwiększony o 25% promień działania.

W dalszym ciągu prowadzone są badania nad konstrukcjami kolejnej generacji samolotów myśliwskich. Konstruktorzy amerykańscy prowadzą prace nad nowym samolotem myśliwskim ATF. Samolot ten, zgodnie z założeniami amerykańskich sił powietrznych, powinien mieć mało cech demaskujących, krótką drogę startu i lądowania, duży promień działania i naddźwiękową prędkość przelotową.^{3/} Wejście tego typu samolotu do uzbrojenia przewidywane jest po 1990 roku.

Sprecyzowano wymagania taktyczno-techniczne europejskiego samolotu myśliwskiego lat 90-tych (program EFA). Zgodnie z założeniami będzie to dwusilnikowy, bardzo zwrotny samolot myśliwski, o krótkiej drodze rozbiegu i lądowania (500 m), promieniu działania 550 km, wyposażony w wielofunkcyjną stację radiolokacyjną zapewniającą jednoczesne śledzenie i ostrzeliwanie do trzech celów na odległość do 90 km.

Siła uderzeniowa lotnictwa taktycznego zwiększana jest przez wprowadzanie do uzbrojenia nowych pocisków raketowych, bomb kierowanych laserowo i telewizyjnie, bomb kasetowych, kulkowych, paliwowo-powietrznych, o większej precyzji i skuteczności rażenia. Systematyczne doskonalenie tych środków rażenia doprowadziło do zdolności bojowych broni konwencjonalnych porównywalnych ze środkami jądrowymi.

Wraz ze wzrostem dokładności i siły rażenia, zmniejsza się potrzebna ilość samolotów do wykonania uderzenia (Dla przykładu: do zniszczenia jednego pasa startowego wystarczy użyć dwa samoloty z zasobnikami MW-1 lub 2-4 samolotów przenoszących 8-10 bomb kasetowych. Do wykonania tego samego zadania przy użyciu bomb burzących należałoby użyć około 30 samolotów [37]).

Opracowywane są konstrukcje nowych typów bomb kasetowych z dodatkowym napędem raketowym, które mają być zrzucane z małych wysokości (ok. 50 m) i mieć zasięg: bomba (zasobnik) LAD i MW-1B - do 20 km, bomba ATM-130 - do 30 km [37].

Pod koniec lat 80-tych wejdą do uzbrojenia samolotów lotnictwa taktycznego nowe pociski raketowe do zwalczania celów powietrznych - AIM-120 AMRAAM. Samolot uzbrojony w pociski tego typu będzie mógł zwalczać jednocześnie do ośmiu celów, z większej odległości niż jest to możliwe obecnie.

W państwach NATO prowadzone są w szerokim zakresie prace nad nowymi, wielofunkcyjnymi pokładowymi stacjami radiolokacyjnymi, pokładowymi maszynami cyfrowymi, celownikami elektronicznymi i innymi urządzeniami, które mają zapewnić dokładne wyjście samolotu w nakazany rejon na małej wysokości i atak z pierwszego zajścia.

^{3/} Zmniejszenie skutecznej powierzchni odbicia i emitowanego promieniowania podczerwonego zamierza się uzyskać dzięki szerokiemu zastosowaniu materiałów pochłaniających energię. Promień działania na małych wysokościach ma wynosić 1500 km, zasięg - 6500 km, prędkość przelotowa 1.8-2.2 Ma, maksymalna masa startowa - 36300 kg.

Duże znaczenie przywiązuje się do automatyzacji procesów wykrywania celów powietrznych oraz prowadzenia ognia. Na samolotach myśliwskich montowane są stacje radiolokacyjne o zasięgu wykrywania 90-160 km, a w przyszłości - 200-300 km. W nowych, wielofunkcyjnych urządzeniach radiolokacyjnych, łączy się funkcje wykrywania celów, nawigacji i naprowadzania środków rażenia.^{4/}

W rozwoju systemów radioelektronicznych szczególną rolę odgrywa technika laserowa. Zastosowanie laserów w naprowadzaniu bomb i pocisków raketowych znacznie zwiększa prawdopodobieństwo zniszczenia celu punktowego w porównaniu z klasycznymi technikami celowania [37] oraz umożliwia niszczenie celów przez lotnictwo taktyczne w trudnych warunkach atmosferycznych. ..

Ważną część składową systemu zabezpieczenia działań bojowych sił powietrznych stanowi rozpoznanie. Systematycznie doskonalone są systemy rozpoznania, w tym środki rozpoznania radioelektronicznego i kosmicznego.

Prowadzone są intensywne prace nad zautomatyzowanym, kompleksowym systemem rozpoznania ASAS,^{5/} który zintegruje wszystkie dane z rozpoznania powietrznego i radioelektronicznego oraz umożliwi ściśle koordynowanie działalności środków walki, rozpoznania i kierowania uzbrojeniem.

Szczególnie ważne znaczenie dla zapewnienia wykonania zadań bojowych lotnictwa uderzeniowego będzie miało rozpoznanie radioelektroniczne systemu obrony powietrznej przeciwnika. Zadanie to wykonywane jest już w okresie pokoju przy wykorzystaniu satelitów, samolotów, okrętów i naziemnych kompleksów rozpoznawczych. W okresie bezpośredniego zagrożenia uaktualnienie tych danych ma być dokonywane za pomocą specjalnych samolotów rozpoznania radioelektronicznego.^{6/}

Znacznie zaawansowane są już prace nad nowymi typami termoradiolokatorów pracujących w zakresie submilimetrycznym, przeznaczonych do rozpoznania obiektów naziemnych spoza pokrywy chmur.

Na uwagę zasługują znajdujące się w fazie opracowywania nowe konstrukcje kamer telewizyjnych z możliwością bezpośredniego zapisu na magnetowidach lub transmisją obrazu drogą radiową do zainteresowanych stanowisk dowodzenia w czasie rzeczywistym.

^{4/} System LANTAIN mający wchodzić sukcesywnie od bieżącego roku do wyposażenia samolotów: F-15E, F-15C/F, A-10.

^{5/} Dane informacyjne do tego systemu będą napływały z satelitów rozpoznawczych, pilotowanych i bezpilotowych samolotów rozpoznawczych i pokładowych samolotowych stacji radiolokacyjnych, samolotów systemu AWACS oraz samolotów TR-1 taktycznego lotnictwa rozpoznawczego przystosowanych do prowadzenia rozpoznania celów naziemnych na polu walki i kierowania ogniem środków uderzeniowych [36].

^{6/} Samolot RF-4C TEREC - zasięg rozpoznania stacji radiolokacyjnych na głębokość do 400 km.

Duże znaczenie przywiązuje się do wykorzystania środków walki radioelektronicznej (WRe) w przyszłych działaniach bojowych. Rozwój tych środków zmierza do wprowadzenia na wyposażenie sił powietrznych zautomatyzowanych, kompleksowych systemów rozpoznania i przeciwdziałania radioelektronicznego.

W systemach przeciwdziałania radioelektronicznego wykorzystywane będą nadajniki zakłóceń jednorazowego użytku, aparaty bezpilotowe, pociski przeciwradiolokacyjne oraz zestawy urządzeń zakłócających montowanych na samolotach specjalnych i samolotach bojowych lotnictwa taktycznego.

W przyszłych działaniach bojowych lotnictwa, szczególnie podczas pokonywania systemu obrony powietrznej, istotnym elementem będzie wykorzystanie samolotów specjalnych walki radioelektronicznej EF-111 i F-46. Według poglądów specjalistów zachodnich, jeden samolot EF-111 może skutecznie osłaniać zakłóceniami grupę składającą się z 25 samolotów uderzeniowych, zakłócając pracę stacji radiolokacyjnych na głębokość do 400 km.^{7/}

Samoloty bojowe lotnictwa taktycznego wyposażane są w zestawy obrony indywidualnej w zakresie WRe składające się z urządzenia wykrywania i ostrzegania (np. AN/ALR-45, AN/ALR-46), stacji zakłóceń radiolokacyjnych (np. AN/ALQ-126, AN/ALQ-131) oraz wyrzutni dipoli odbijających (np. AN/ALE-40, AN/ALE-39), umożliwiające wykrycie zagrożenia ze strony środków obrony przeciwlotniczej i przeciwdziałanie im w sposób automatyczny lub z udziałem pilota.

Ogniove obezwładnianie środków radioelektronicznych systemu obrony powietrznej prowadzone będzie głównie z wykorzystaniem systemu rozpoznawczo-uderzeniowego PLS3.^{8/}

Coraz większego znaczenia nabierają w walce z systemami obrony powietrznej środki bezpilotowe wykonujące zadania rozpoznania, zakłócania oraz ogniowego obezwładniania stacji radiolokacyjnych.^{9/}

^{7/}Każdy samolot posiada 10 nadajników zakłócających AN/ALQ-99 pokrywających łącznie pasmo częstotliwości od 0.1 do 7 GHz. Średnia moc tych urządzeń - 1 kW.

^{8/}PLS3 (Precision Location Strike System) - zestaw składający się z 10 samolotów TR-1, naziemnego ośrodka dowodzenia i przetwarzania danych, 12 naziemnych stacji radionawigacyjnych, samolotów uderzeniowych. Posiada możliwość namierzania źródeł emisji elektromagnetycznych w paśmie 0.7-18 GHz na głębokość do 600 km od rejonów patrolowania w pasie o szerokości 500 km. Dokładność namierzania stacji radiolokacyjnych - 15 m [36].

^{9/}Jako przykład: samolot bezpilotowy FAVE TIGER - start z naziemnej wyrzutni kontenerowej, prędkość przelotowa - 85-100 km/h, zasięg - do 500 km, czas przebywania w powietrzu - do 10 godzin.

Istotną rolę w zwiększaniu możliwości zabezpieczenia działań bojowych lotnictwa odgrywa system wczesnego wykrywania i dowodzenia lotnictwem - AWACS. Kontynuowany jest program rozwoju mający na celu zwiększenie możliwości operacyjnej samolotu E-3A. Modernizacja obejmuje instalowanie dodatkowych środków łączności radiowej oraz ich uodpornienie na przeciwdziałanie radioelektroniczne, urządzeń zobrazowania sytuacji, dodatkowego komputera pokładowego i środków WRe. Wersje E-3B i E-3C samolotów AWACS umożliwią wykrywanie i śledzenie do 1000 celów powietrznych lecących na małych i bardzo małych wysokościach na odległościach do 400 km, na wysokościach dużych - do 700 km. Jeden samolot oblicza dane do jednoczesnego śledzenia 400 celów oraz wypracowuje komendy dowodzenia dla samolotów przechwytyjących.

Przedstawiona powyżej ogólna analiza poglądów na wykorzystanie sił powietrznych i zasadnicze kierunki rozwoju lotnictwa taktycznego upoważniają do stwierdzenia, że wzrasta coraz bardziej jego potencjał i możliwości bojowe.

1.1.2. Metody badań systemu działania ŚNP przeciwnika na tle oceny efektywności systemu OPK

Systematyczny rozwój ŚNP, a tym samym wzrost zagrożenia z powietrza ze strony potencjalnego przeciwnika, stwarza obiektywną konieczność doskonalenia systemu obrony powietrznej (OP), zwiększania efektywności i skuteczności jego działania.

Wagę problemu i konieczność jego rozwiązania potwierdzają badania publikowane w literaturze naukowej i periodykach specjalistycznych [16, 20, 22, 32, 64].

Dotychczasowe badania dotyczące oceny efektywności systemu obrony powietrznej kraju (OPK) miały w zdecydowanej większości charakter jednokierunkowy, dotyczyły bowiem poszczególnych rodzajów wojsk [64] i nie uwzględniały wzajemnego oddziaływania ŚNP i systemu obrony powietrznej.

R. Kulczycki [28] w swojej rozprawie habilitacyjnej zajmuje się problemem oceny efektywności i doskonaleniem ugrupowania bojowego wojsk raketowych OPK.

Rozprawa doktorska E. Zabłockiego i A. Adamczyka [63] traktuje o metodach oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK.

Problem zastosowania metod oceny pola radiolokacyjnego brygady radiotechnicznej korpusu OPK przedstawiony jest w rozprawie doktorskiej S. Antczaka [3].

Złożoność struktury systemu OPK powoduje konieczność zastosowania do jego badań odpowiednich metod badawczych, które umożliwią ujęcie w procesie badań wszystkich elementów systemu i zależności istniejących między nimi.

Próbie takiego ujęcia problemu podjęli E. Zabłocki i S. Antczak w rozprawie habilitacyjnej na temat: "Ocena efektywności działań bojowych wojsk Obrony Powietrznej Kraju."

W pracy tej autorzy przedstawiają metodę oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK w walce z przeciwnikiem powietrznym wykorzystując w procesie badań analizę systemową i modelowanie. Model działań bojowych wojsk OPK składa się z modułów przedstawionych na rys.1 [64]. Poszczególne moduły reprezentują podsystemy systemu OPK oraz system działania ŚNP.

Elementy systemu OPK (podsystemy) stanowią na odpowiednim poziomie hierarchicznym systemy niższego rzędu w stosunku do systemu OPK.

Tradycyjne metody w badaniach procesów walki zbrojnej okazały się mało przydatne [17]. Pozytywny rezultat badań zapewnić może zastosowanie metod badań systemowych.

Zasadniczą trudnością w badaniu tych złożonych systemów jest istnienie powiązań oraz wzajemnego wpływu poszczególnych składników i elementów (rys.1).

Dlatego też metody, wykorzystujące dekompozycję na podsystemy i badania każdego z nich w oderwaniu od pozostałych, zakładają z konieczności mniejsze lub większe uproszczenia, które nie pozostają bez wpływu na wyniki analizy. Badania całościowe natomiast prowadzą zawsze do ogromnych, czasami niewykonalnych rozwiązań.

Podejście systemowe, rozumiane jako złożona metodologia rozwiązywania problemów naukowych i praktycznych, przejawia się w samym formułowaniu zadań, ich rozwiązywaniu, jak również w organizacji procesu badawczego.

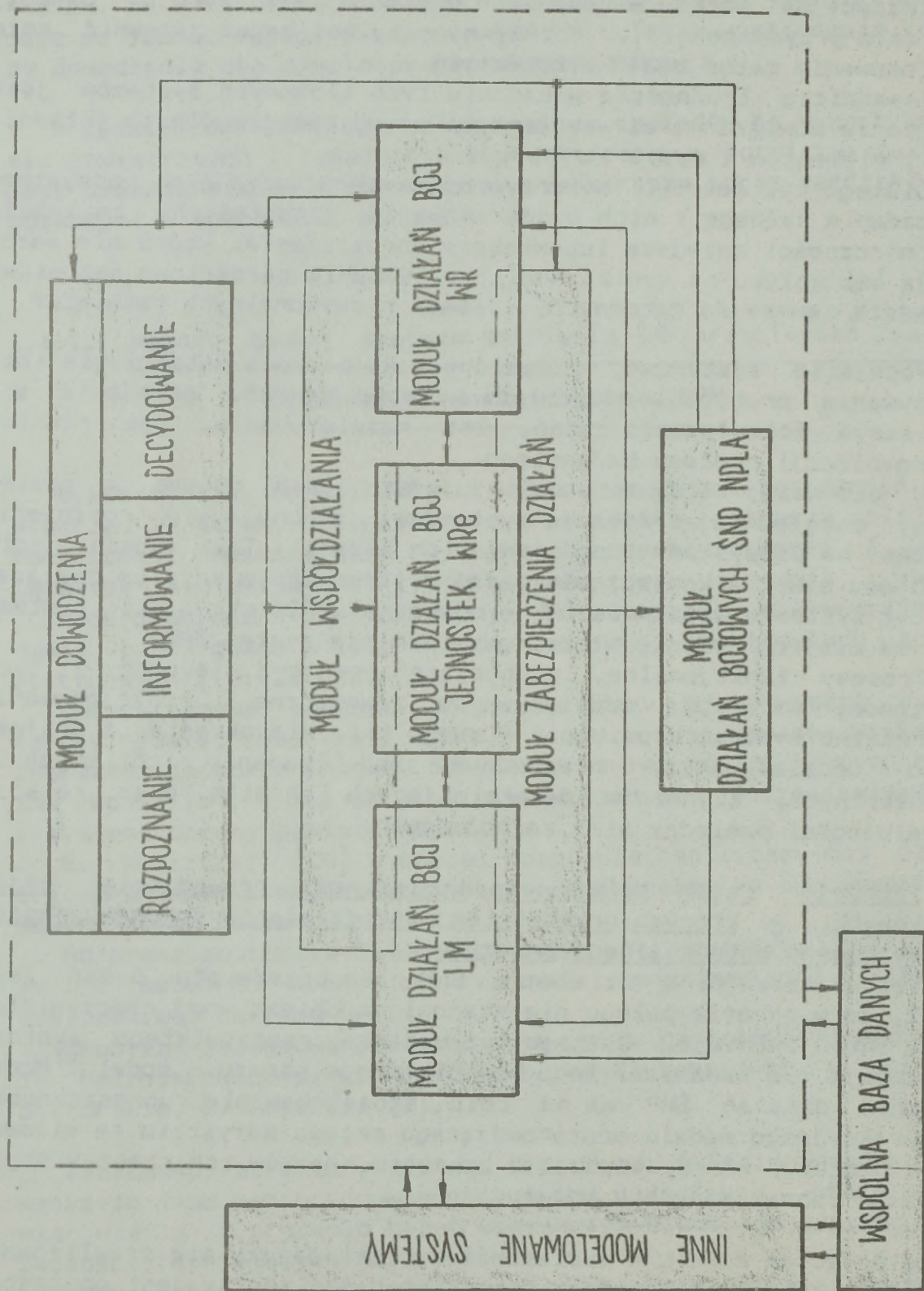
W pierwszej kolejności definiuje się badany obiekt, a następnie, uwzględniając relacje systemowe, dokonuje się rozłożenia systemu na podsystemy i podejmuje ich badania. Taki sposób ujęcia problemu stwarza konieczność badań systemu OPK w ścisłym powiązaniu z systemem działania ŚNP i odwrotnie. Istota i cel systemu OPK ma miejsce jedynie wtedy, gdy istnieje system ŚNP.

Procesy funkcjonalne, zachodzące wewnątrz jednego z tych systemów, warunkują oddziaływanie zewnętrzne i funkcjonowanie wewnętrzne systemu drugiego. Dlatego też, dla określenia wzajemnego oddziaływania, niezbędnym jest zbadanie ich struktur wewnętrznych, czynników determinujących ich stan oraz relacji i zależności pomiędzy nimi zachodzących.

Istnieje zatem obiektywna konieczność prowadzenia badań naukowych, w których przedmiotem jest działanie środków napadu powietrznego potencjalnego przeciwnika.

Cechą szczególną działania ŚNP jako przedmiotu badań jest fakt, że w okresie pokoju nie stanowi on obiektywnej rzeczywistości, nie istnieje. Dlatego też badania rzeczywistego systemu zastępuje się badaniami jego przybliżonego obrazu - modelu.¹⁰⁾ Modelowanie działań ŚNP ma na celu skonstruowanie uproszczonego abstrakcyjnego modelu odwzorowującego przede wszystkim te elementy i procesy, które decydują o zakresie realiów ich rzeczywistych działań zobrazowanych w modelu.

¹⁰⁾ Pod pojęciem modelu rozumieć należy taki dający się zrealizować układ, który odtwarzając przedmiot badań zdolny jest go zastąpić tak, że jego badanie dostarcza nam nowej informacji o tym przedmiocie [52].



Rys.1. Elementy modelu działań bojowych wojsk OPK

W dotychczasowych badaniach działania ŚNP stosowano różne metody modelowania. Wspólną cechą wszystkich dotychczas prowadzonych badań z wykorzystaniem metody modelowania jest ich cel - ustalenie najbardziej prawdopodobnego wariantu nalotu ŚNP.

Modelowanie graficzno-analityczne [56] w istocie rzeczy sprawdza się do oceny potencjalnych możliwości ŚNP i systemu OP w określonej sytuacji operacyjno-taktycznej, intuicyjnego ustalenia kilku wariantów tras nalotu i efektywności systemu OP, a następnie, metodą analizy, wyłonienia najbardziej prawdopodobnego kierunku i ugrupowania ŚNP w nalocie. Pomimo niewątpliwych zalet i osiągnięcia zamierzonych celów badań przy wykorzystaniu tej metody, nie umożliwia ona odzwierciedlenia zasadniczych procesów zachodzących w działaniach ŚNP - walki z systemem obrony powietrznej.

Symulacja grafodynamiczna działania ŚNP [18] w ogólnych założeniach jest zbieżna z metodą graficzno-analityczną. Różnicę stanowią sposoby podejścia i ujęcia problemu. W badaniach systemu ŚNP zastosowano analizę systemową i wielowymiarową analizę porównawczą, ukończono identyfikacji elementów, cech systemu i jego otoczenia oraz przeprowadzono ich formalizację. Dekompozycja elementów systemu i jego cech, analiza i wartościowanie, a następnie agregowanie w postaci syntetycznych wskaźników wartościujących, umożliwiają zbudowanie modelu działania ŚNP. Symulacja grafodynamiczna umożliwia zbudowanie modelu systemu działania ŚNP, nie umożliwia jednak eksperymentowania z tym modelem, badania go z uwzględnieniem dynamiki walki.

System działania ŚNP charakteryzuje się dynamiką oddziaływania na otoczenie, walką z systemem OP, stąd też w jego modelowaniu konieczne jest uwzględnianie przede wszystkim właśnie tych procesów dynamicznych.

Metoda umożliwiająca prowadzenie badań na dynamicznych modelach systemu działania ŚNP jest symulacja komputerowa.

Przegląd dotychczasowego dorobku naukowego w dziedzinie zastosowania symulacji komputerowej do badania systemów działania ŚNP i obrony powietrznej wykazuje, że problem podejmowany był przez wielu naukowców. Zdecydowana większość badaczy nie zajmowała się badaniem systemu działania ŚNP jako głównym przedmiotem badań, lecz traktowała go jako problem cząstkowy [22, 28]. Dlatego też, zarówno sposób podejścia, ujęcia problemu, jak i efekt końcowy, podporządkowane były głównemu problemowi badań. Niemniej jednak dotychczasowe badania stanowią wartościowy materiał naukowy, poszerzając zakres wiedzy o systemie działania ŚNP.

Analiza dotychczasowego dorobku naukowego w badaniach problemu działania systemu ŚNP wykazuje, że do badań przyjmowano różne założenia operacyjno-taktyczne i metodyczne oraz w różny sposób dokonywano formalizacji parametrów nalotu ŚNP [22, 28, 36].

Elementem wspólnym dotychczasowych opracowań naukowych jest uzyskanie efektu finalnego: prawdopodobnego wariantu nalotu ŚNP w założonej sytuacji taktyczno-operacyjnej.

W zdecydowanej większości modelowanie nalotów ŚNP realizowane było z punktu widzenia określonego rodzaju wojsk OPK, co uniemożliwiało wykorzystanie modelu w sposób kompleksowy w badaniach systemu OPK. Zbudowane w ten sposób modele mogą wprawdzie służyć

do oceny efektywności poszczególnych rodzajów wojsk OPK, nie umożliwiają jednak dokonania tego w dynamice działań, nie umożliwiają eksperymentowania z modelem.

Systematyczny rozwój, zarówno środków napadu powietrznego, jak i środków systemu obrony powietrznej, stwarzają obiektywną konieczność ciągłego ponawiania badań tego problemu z zastosowaniem coraz doskonalszych metod i narzędzi badawczych.

Badania efektywności systemu OPK należy prowadzić w sposób kompleksowy traktując jako przedmiot badań cały system wraz z jego otoczeniem i czynnikami wywierającymi wpływ na jego działanie [64]. Istnieje zatem potrzeba zastosowania takiego uniwersalnego narzędzia, które zapewni możliwość kompleksowych badań systemu OPK o dowolnym składzie strukturalnym i na dowolnym szczeblu organizacyjnym.

1.2. HIPOTEZY ROBOCZE, GŁÓWNE PROBLEMY BADAWCZE, OCZEKIWANE REZULTATY ROZWIĄZANIA

Ciągły rozwój jakościowy ŚNF oraz środków obrony powietrznej powoduje, że dotychczasowe teorie i twierdzenia o walce zbrojnej ulegają przewartościowaniu. Istnieje zatem potrzeba ciągłego ponawiania badań tego problemu z zastosowaniem nowoczesnych metod badawczych - analizy systemowej i modelowania.

System obrony powietrznej kraju jest systemem złożonym, wymagającym badań w ścisłym powiązaniu z systemem działania ŚNF przeciwnika. W dotychczasowych badaniach problem ten ujmowany był w aspekcie działania poszczególnych rodzajów wojsk OPK, a nie w sposób kompleksowy, jako jednolity system obrony powietrznej.

W 1985 roku E. Zabłocki i S. Antczak opracowali metodę umożliwiającą wielopłaszczyznową systemową ocenę efektywności działań bojowych wojsk OPK, opisaną w rozprawie habilitacyjnej na temat: "Ocena efektywności działań bojowych wojsk Obrony Powietrznej Kraju".

Do badań systemu obrony powietrznej niezbędne jest zbudowanie modelu działania ŚNF. Problematyka modelowania działań bojowych ŚNF znajduje dość szerokie odzwierciedlenie w wielu pracach naukowych i publicystyce wojskowej. Większość dotychczasowych opracowań wyników badań ujęta jest w formie teoretyczno-opisowej lub statycznych modeli nalotu ŚNF.

Istnieje już pewien dorobek naukowy w dziedzinie zastosowania do badań systemu działania ŚNF potencjalnego przeciwnika symulacji komputerowej. Mimo to, brak jest jednak uniwersalnego modelu systemu działania ŚNF, który umożliwiłby zastosowanie go w badaniach systemu obrony powietrznej w dynamice.

Bazując na rezultatach dotychczasowych badań przyjęto hipotezę, że należy zbudować taki model symulacyjny, który zapewni odwzorowanie podstawowych elementów i procesów w systemie działania środków napadu powietrznego oraz możliwość jego wykorzystania w badaniach efektywności systemu obrony powietrznej.

Zgodnie z celem badań i hipotezą roboczą podjęto następujące problemy badawcze:

- Po pierwsze - analiza metod modelowania działań bojowych ŚNF na podstawie literatury i własnych doświadczeń.
- Po drugie - wybór metody badawczej i jej adaptacja do potrzeb własnych badań.
- Po trzecie - weryfikacja zbudowanego modelu w aspekcie jego wykorzystania dla potrzeb modelowania działań bojowych ŚNF i systemu OPK z zastosowaniem symulacji komputerowej.

Dla praktycznego rozwiązania problemów badawczych opracowano:

1. Charakterystykę analizy systemowej, a w tym symulacji komputerowej jako metod badawczych.
2. Charakterystykę systemu działania ŚNF oraz założenia operacyjno-taktyczne i metodyczne do budowy modelu.
3. Model matematyczny nalotu ŚNF.
4. Algorytmy formowania, optymalizowania i symulacji nalotu ŚNF.
5. Metodykę wykorzystania algorytmu.
6. Przykład operacyjno-taktyczny w celu weryfikacji adekwatności zbudowanego modelu.

Rozwiązanie badanego problemu powinno umożliwić zastosowanie modelu działań ŚNF w wielu dziedzinach.

Zakłada się możliwość wykorzystania modelu w procesie naukowo-badawczym, jako uniwersalnego narzędzia w ocenie efektywności działań wojsk OPK zarówno jako systemu, jak i poszczególnych rodzajów wojsk OPK. Konstrukcja modelu umożliwić powinna określenie wpływu zmian jakościowo-ilościowych wprowadzanych w systemie obrony powietrznej na prawdopodobne działania ŚNF w dowolnej sytuacji operacyjno-taktycznej, a tym samym ustalenie słabych stron systemu i sprecyzowanie kierunków jego doskonalenia.

W wyniku eksperymentowania z modelem możliwe będzie wyciągnięcie wniosków dotyczących kierunków rozwoju jakościowo-ilościowego sił powietrznych potencjalnego przeciwnika.

Model symulacyjny może być również wykorzystany w procesie dydaktycznym w wyjaśnianiu problemów dotyczących działań przeciwnika powietrznego, a swoista dyscyplina myślenia, konieczna przy jego konstruowaniu, stanowi istotny czynnik pobudzający do głębszego spojrzenia na procesy zachodzące na współczesnym polu walki

Proponowana metoda modelowania działań ŚNF może mieć również zastosowanie w prognozowaniu działań przeciwnika powietrznego na dowolnym szczeblu organizacyjnym, głównie jednak na szczeblu operacyjno-taktycznym.

1.3. OGÓLNA KONCEPCJA ZASTOSOWANIA ANALIZY SYSTEMOWEJ W BADANIACH SYSTEMU DZIAŁANIA ŚNF

Ze względu na zróżnicowanie pojęć i definicji spotykanych w literaturze przedmiotu, autorzy uważają za celowe jednoznaczne sprecyzowanie i określenie podstawowych terminów przyjętych w procesie badań.

Dla potrzeb badań zdecydowano przyjąć ogólną definicję systemu podawaną przez G.S. Evans'a [7, s.15]: "System jest zbiorem możliwych do zidentyfikowania elementów, które mogą oddziaływać na siebie w taki sposób, że funkcjonują razem spełniając zbiór określonych warunków."

Przyjętą definicję możemy zapisać w postaci:

$$S = (M, R)$$

gdzie: M - zbiór elementów systemu;

R - zbiór wzajemnych oddziaływań, relacji.

Wszystkie elementy systemu łączy w całość wspólna funkcja, ponieważ przyczyniają się one do realizacji specyficznego celu systemu. System może więc tworzyć zarówno zestaw współzależnych obiektów fizycznych, jak i zestaw współzależnych procesów, relacji, zjawisk.

W sytuacji, gdy system może istnieć tylko w jednym, szczególnym otoczeniu, nazywamy go systemem otwartym, w przeciwieństwie do systemu zamkniętego, który może istnieć w kilku alternatywnych otoczeniach [9, s.21].

System reagujący na zmiany w swoim otoczeniu, kwalifikowany jest jako system adaptacyjny. Nieadaptacyjnym jest taki system, który pozbawiony jest możliwości reakcji na otoczenie [9, s.21].

Istotną właściwością systemu jest to, że na odpowiednim poziomie hierarchicznym może on być uważany za podsystem, a jego elementy często uznawane są jako podsystemy (systemy na niższym poziomie hierarchicznym).

Kwalifikowanie systemów jako otwarte albo zamknięte oraz adaptacyjne lub nieadaptacyjne nabiera szczególnej wagi podczas analizy systemu.

W myśl przyjętych definicji, działanie ŚNF należy identyfikować jako adaptacyjny system otwarty, ponieważ reaguje on na zmiany w swoim otoczeniu (system OP) i może istnieć w jednym, szczególnym otoczeniu - w systemie walki zbrojnej.

W świetle powyższych stwierdzeń badanie systemu działania ŚNF możliwe jest dzięki zastosowaniu metod systemowych [17, 18, 64].

Wyróżnikami podejścia systemowego są następujące cechy praktycznego działania [47]:

- traktowanie badanego obiektu jako systemu;
- traktowanie tego systemu jako elementu (podsystemu) systemu na wyższym poziomie hierarchii;
- traktowanie tego systemu jako obiektu złożonego z podsystemów;
- świadome posługiwanie się modelem systemu o określo-

- nym poziomie rozdzielności w rozwiązywaniu problemów decyzyjnych;
- racjonalne optymalizowanie systemu metodami matematyki i informatyki.

Podjęcie systemowe, rozumiane jako złożona metodologia rozwiązywania problemów naukowych i praktycznych, przejawia się w samym formułowaniu zadań, ich rozwiązywaniu oraz organizacji procesu badawczego.

Na obecnym etapie rozwoju metodologii badań naukowych pojęcie analizy systemowej jako metody badawczej jest powszechnie znane. Dla porządku jedynie należy stwierdzić, że analiza systemowa jest zarówno metodą - sposobem podejścia (z punktu widzenia założeń badawczych), jak i metodą - sposobem działania (z racji stosowanych w niej metod badawczych) [17].

Podstawowym założeniem badawczym w analizie systemowej jako metodzie - sposobie podejścia jest traktowanie obiektu badań jako systemu. Istota analizy systemowej polega na zbudowaniu i badaniach uproszczonego modelu systemu rzeczywistego.

Procedura analizy systemowej przedstawiana jest w różny sposób, w zależności od dziedzin, w których znalazła zastosowanie praktyczne [19, 26, 64].

W rozprawie przyjęto następujące etapy zastosowania analizy systemowej do badań systemu działania ŚNF (rys.2):

1. Analiza identyfikacyjna systemu działania ŚNF.

W tym empirycznym etapie badań dokonuje się zbioru informacji o systemie na podstawie wniosków z konfliktów lokalnych, ćwiczeń, dokumentów bojowych i dotychczasowego dorobku naukowego. Zebrane dane stanowią podstawy wyjściowe do opisu systemu oraz założeń operacyjno-taktycznych do prowadzenia dalszych badań.

2. Sformułowanie założeń operacyjno-taktycznych i metodycznych do budowy modelu.

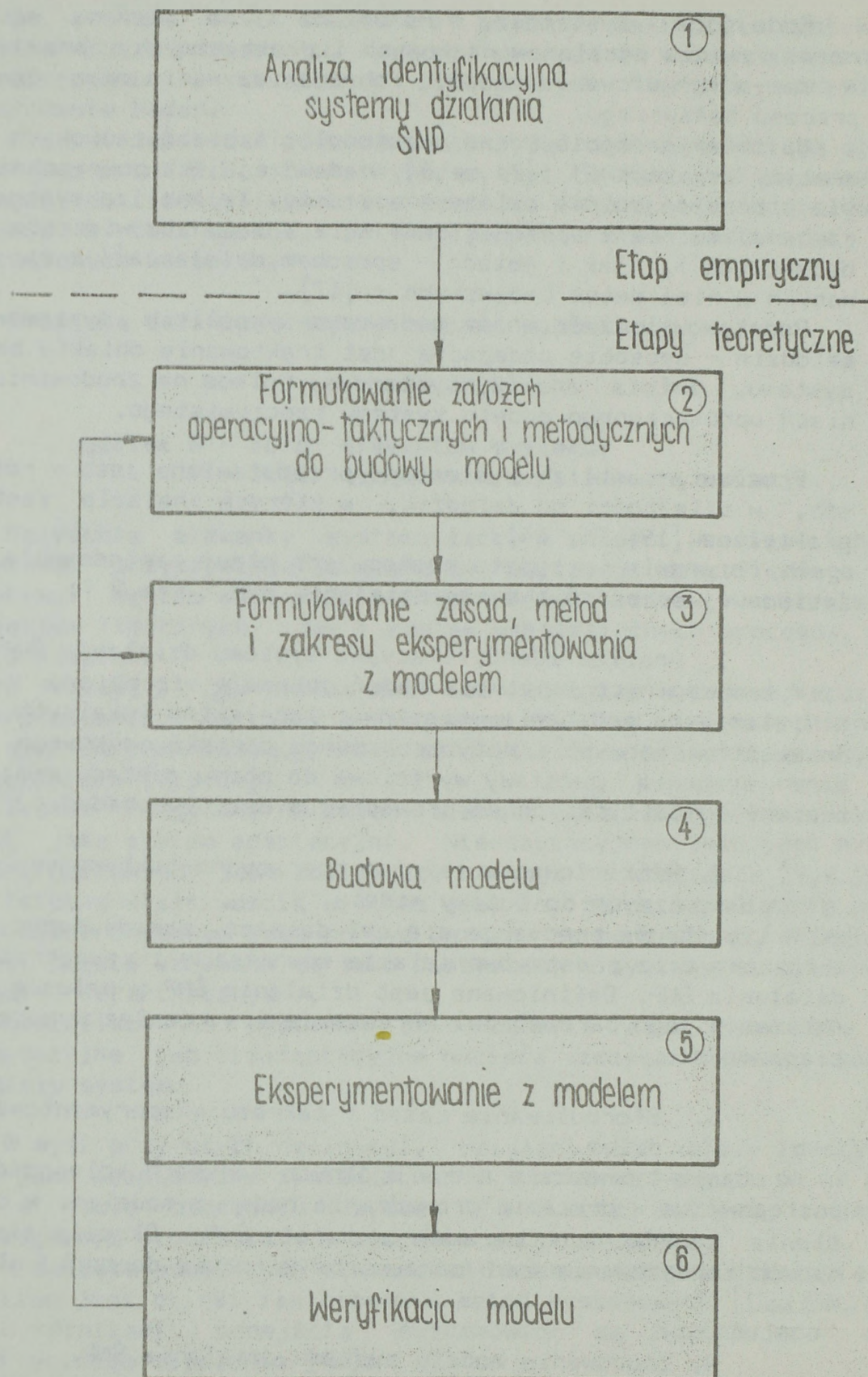
W tym etapie precyzuje się cel działań, zasady funkcjonowania, strukturę oraz podstawowe relacje wewnętrzne i zewnętrzne systemu działania ŚNF. Definiowane jest działanie ŚNF w nalocie oraz formalizacja jego parametrów. Precyzuje się również wymagania dotyczące modelu.

3. Sformułowanie zasad i zakresu eksperymentowania z modelem.

W etapie tym ustala się w ogólnych zarysach kolejność i sposób postępowania w procesie prowadzenia badań z modelem, w celu określenia konkretnych parametrów nalotu ŚNF. Określa się również sposób zobrazowania tych parametrów w formie dogodnej dla użytkownika.

4. Zbudowanie modelu systemu działania ŚNF.

W trakcie budowy modelu dokonuje się wyboru metody eksperymentowania z modelem zapewniającej osiągnięcie celów badawczych, przy uwzględnieniu ustalonych założeń operacyjno-taktycznych.



Rys.2. Procedura zastosowania w badaniach analizy systemowej

5. Eksperymentowanie z modelem.

W etapie tym przeprowadza się badania adekwatności modelu z systemem rzeczywistym na podstawie analizy wpływu zmian wartości danych wejściowych na postać wygenerowanego nalotu.

6. Weryfikacja modelu.

Istota etapu weryfikacji sprowadza się do analizy i oceny wyników otrzymanych w procesie eksperymentowania z modelem. W przypadku niezadowolających wyników, dokonuje się weryfikacji przyjętych założeń operacyjno-taktycznych oraz zasad eksperymentowania z modelem.

Każde badanie systemu określone jest przez następujące elementy [7]: system, pytania dotyczące systemu, na które chcemy uzyskać odpowiedź (problem), model systemu, warunki początkowe i graniczne, metody rozwiązywania, narzędzia umożliwiające zastosowanie metody, rozwiązanie.

Zasadniczym narzędziem badań systemowych jest modelowanie. Pojęcie modelowania występuje w wielu znaczeniach.

Encyklopedia powszechna FWN^{11/} definiuje pojęcie modelowania jako "doświadczalną metodę badań różnych układów, zjawisk i procesów lub rozwiązywania zadań matematycznych na podstawie konstruowanych modeli...".

K. Jagiełło i E. Wiśniewski [19, s.113] interpretują pojęcie modelowania jako "... czynność budowy modeli oraz wykorzystania ich w badaniach w celu głębszego i wszechstronniejszego poznania rzeczywistego obiektu."

L. Jabłoński [16, s.26] stwierdza, że "... modelowanie, to upodobnianie przebiegów zdarzeń do ich odpowiedników rzeczywistych oraz przewidywanie tych przebiegów na podstawie zmiennych i powtarzalnych przesłanek. Jest to jednocześnie proces analitycznego opracowania i wyboru wariantu realizacji założonego celu ..."

Uogólniając przytoczone definicje przyjmujemy, że modelowanie systemu działania ŚNF to konstruowanie uproszczonego abstrakcyjnego modelu, odwzorowującego przede wszystkim te elementy i procesy, które decydują o zakresie realiów rzeczywistych działań ŚNF zobrazowanych w modelu.

Ogólnym celem modelowania systemu działania ŚNF jest jego przebadanie, ukazanie potencjalnych możliwości i sposobów funkcjonowania.

Model [52], to "... taki, dający się pomyśleć lub materialnie zrealizować układ, który odzwierciedlając lub odtwarzając przedmiot badania, zdolny jest zastępować go tak, że jego badanie dostarcza nam nowej informacji o tym przedmiocie."

Żaden model systemu rzeczywistego nie przedstawia wszystkich aspektów systemu; istnieją takie cechy systemu, które z konieczności są pomijane, skracane lub w inny sposób podawane przez model. Racjonalny sposób uwzględniania tych cech w modelu ma decydujący wpływ na jego adekwatność.

^{11/}Encyklopedia Powszechna FWN. FWN, Warszawa 1975, t.III s.152.

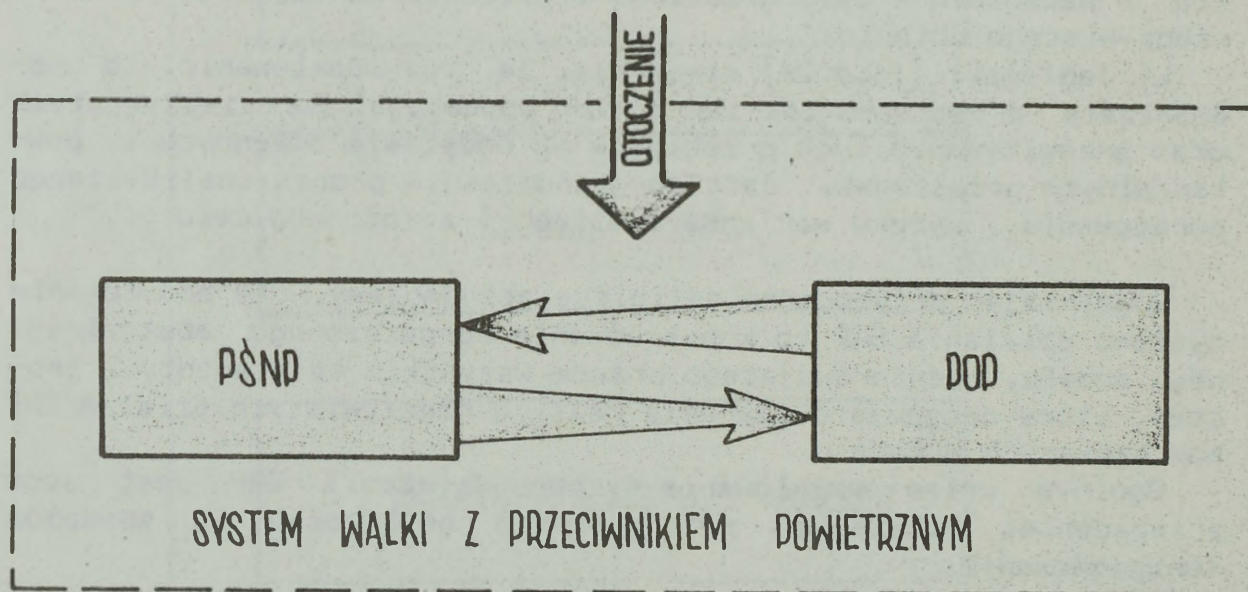
Z punktu widzenia poznawczego model systemu działania ŚNP należy traktować jako hipotezę, której adekwatność mogłoby potwierdzić porównanie wyników eksperymentowania z modelem i badania systemu rzeczywistego.

Ze względu na specyfikę przedmiotu badań (system działania ŚNP w okresie pokoju nie istnieje), najodpowiedniejszą metodą jego badań jest eksperymentowanie z modelem. Metodą, umożliwiającą przeprowadzenie badań zgodnie z założonymi celami jest, zdaniem autorów, symulacja komputerowa.

1.4 CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ŚNP

Wzajemne oddziaływania ŚNP i środków obrony powietrznej podczas działań bojowych możemy rozpatrywać jako konfliktowy aktywny system działania - system walki z przeciwnikiem powietrznym [18].

System ten tworzą dwa złożone podsystemy (elementy systemu walki z przeciwnikiem powietrznym): podsystem środków napadu powietrznego (PŚNP) i podsystem obrony powietrznej (POP). Istotą funkcjonowania tych podsystemów jest ich wzajemne destrukcyjne oddziaływanie energetyczne i informacyjne. Ogólny model systemu walki z przeciwnikiem powietrznym przedstawiony jest na rys.3.



Rys.3. Ogólny model systemu walki z przeciwnikiem powietrznym

Podsystem środków napadu powietrznego i podsystem obrony powietrznej tworzą systemy niższego rzędu na niższym poziomie hierarchicznym. W toku dalszych rozważań szczegółowo badany będzie system środków napadu powietrznego.

W świetle ogólnej charakterystyki systemów [9], system środków napadu powietrznego (SSNF) możemy określić jako adaptacyjny system otwarty. Istota i cel funkcjonowania systemu ŚNF ma sens jedynie wtedy, gdy w jego otoczeniu istnieje system obrony powietrznej (OP), co decyduje o zakwalifikowaniu go do kategorii systemów adaptacyjnych. Otwartość wyrażana jest wieloma relacjami i zależnościami zachodzącymi pomiędzy elementami systemu ŚNF, a otoczeniem determinującym jego stan.

Istotą systemu ŚNF stanowi destrukcyjne oddziaływanie na system OP. Materią systemu ŚNF tworzą konkretne elementy fizyczne (samoloty, środki rażenia) oraz abstrakcyjne (kierowanie, zabezpieczenie działań).

Pomiędzy tymi elementami istnieje szereg powiązań w postaci procesów i zależności determinujących stan całego systemu. Złożoność elementów systemu ŚNF oraz wzajemne relacje zachodzące między nimi decydują o tym, że należy je rozpatrywać jako systemy niższego rzędu.

Na podstawie ogólnej analizy systemu ŚNF przyjmuje się, że strukturę jego tworzą trzy podsystemy: podsystem działania środków napadu powietrznego (PDSNF), podsystem decyzyjny (PD), i podsystem zabezpieczenia działań (FZD).

Możemy to zapisać:

$$SSNF = (PD, FZD, PDSNF)$$

W zależności od przyjętego poziomu, celu i zakresu badań, każdy z wymienionych podsystemów może być ujmowany jako system na niższym poziomie hierarchii i stanowić oddzielny przedmiot badań. Funkcjonowanie tych systemów determinowane jest przez wzajemne oddziaływania oraz czynniki zewnętrzne (rys.4).

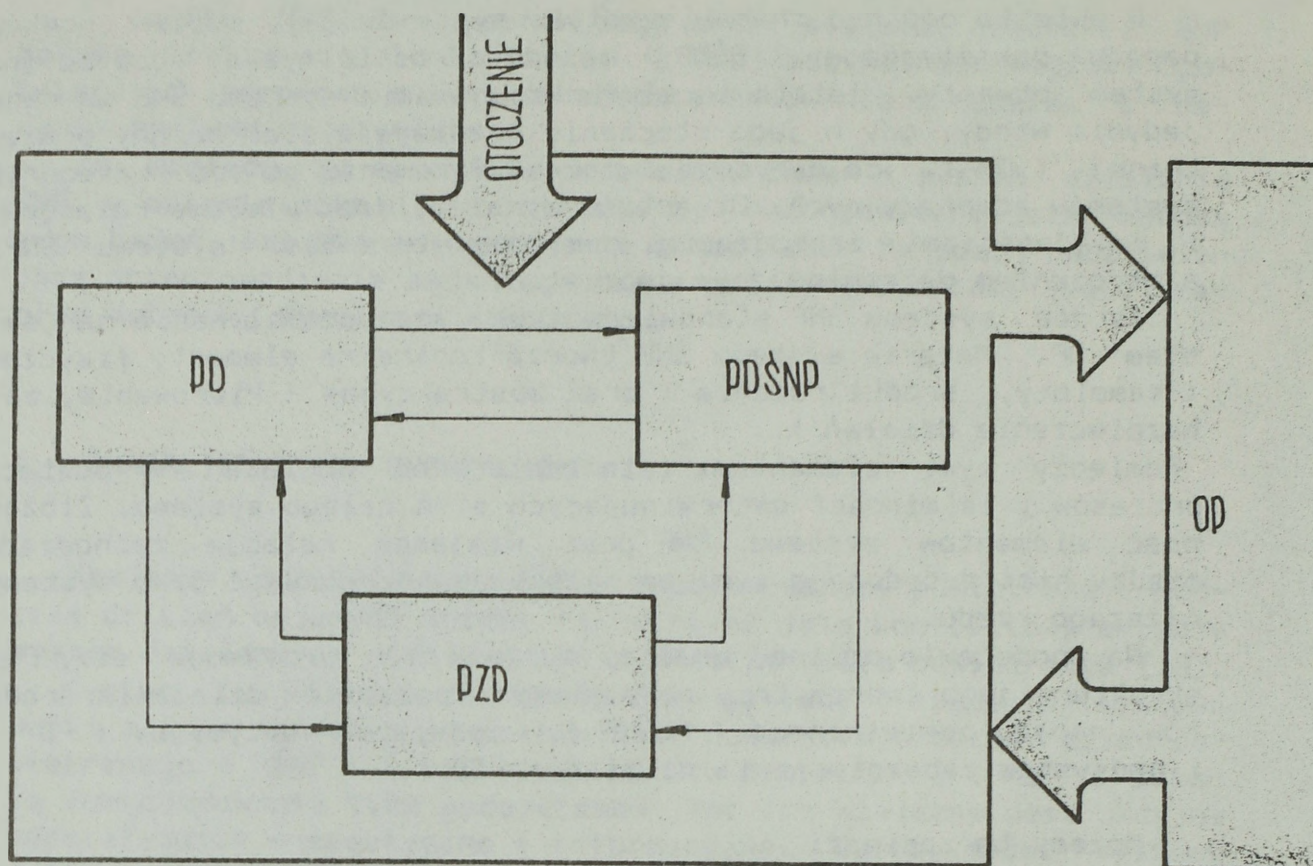
Podsystem decyzyjny stanowi zbiór współzależnych elementów konkretnych i abstrakcyjnych (materialnych i niematerialnych), które łączy w całość wspólna funkcja. Wszystkie te elementy przyczyniają się do realizacji jednego specyficznego celu.

Do zbioru elementów materialnych należą: organa kierowniczo-administracyjne poszczególnych szczebli, systemy informatyczne, zbiory informacji o stanie sił własnych i przeciwnika (systemie OP).

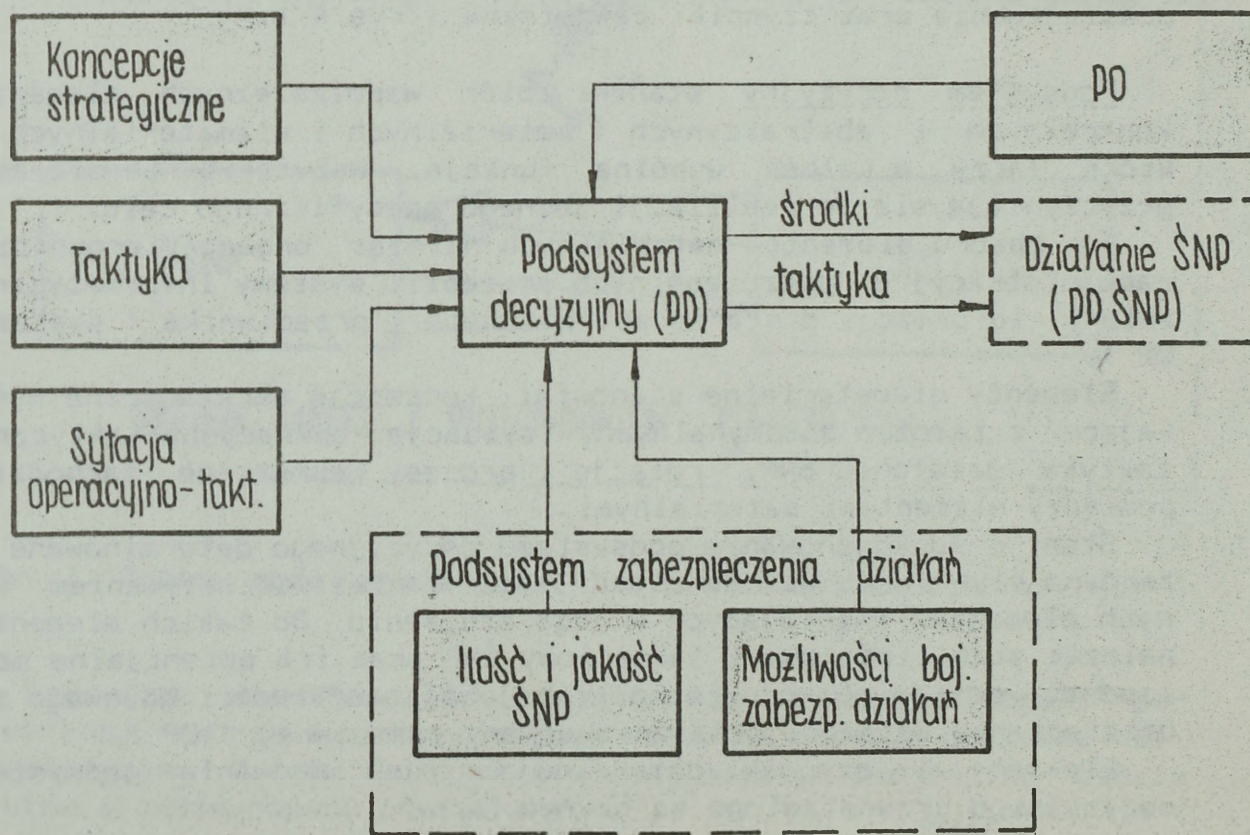
Elementy niematerialne stanowią: koncepcje strategiczne wynikające z założeń doktrynalnych, sytuacja operacyjno-taktyczna, taktyka działania ŚNF, relacje i procesy wewnętrzne zachodzące pomiędzy elementami materialnymi.

Stan i funkcjonowanie podsystemu decyzyjnego determinowane są zarówno czynnikami wewnętrznymi, jak również oddziaływaniem innych elementów istniejących w jego otoczeniu. Do takich elementów należą: stan ilościowy i jakościowy ŚNF oraz ich potencjalne możliwości, poziom rozwoju techniki bojowej, możliwości bojowego zabezpieczenia działań, działania strony przeciwnej (OP).

Elementy i czynniki determinujące funkcjonowanie podsystemu decyzyjnego przedstawione są na rys.5.



Rys.4. Ogólny model systemu ŚNP



Rys.5. Czynniki determinujące działania podsystemu decyzyjnego

Możemy więc zapisać:

$$(KS, SOT, T, PZD, OP) \text{ -----} \rightarrow FD \quad (1.1)$$

gdzie: KS - koncepcje strategiczne;
SOT - sytuacja operacyjno-taktyczna;
T - taktyka działania lotnictwa;
PZD - możliwości podsystemu zabezpieczenia działań;
OP - działania systemu obrony powietrznej.

Podstawowym celem i istotą funkcjonowania podsystemu decyzyjnego jest wybór racjonalnych środków i określenie sposobu ich działania. Można przyjąć, że podsystem decyzyjny inicjuje istnienie i warunkuje funkcjonowanie podsystemu działania ŚNF (PDŚNF) co możemy zapisać:

$$\begin{array}{ccc} & \text{środki} & \\ & \text{-----} \rightarrow & \\ FD & & PDŚNF \\ & \text{taktyka} & \end{array} \quad (1.2)$$

Problem wpływu czynników wewnętrznych (KS, SOT, T) i zewnętrznych (PZD, PO) rozwijany będzie w dalszej części rozprawy.

Poziom rozwoju techniki bojowej, ilość i jakość ŚNF oraz możliwości bojowego zabezpieczenia działań stanowią relacje oddziaływania zewnętrznego podsystemu zabezpieczenia działań.

Podsystem zabezpieczenia działań (PZD) jest zbiorem elementów, których wspólną funkcją jest maksymalnie efektywne zabezpieczenie działań podsystemów: decyzyjnego (PD) i działania ŚNF (PDŚNF). Relacje zachodzące pomiędzy tymi podsystemami możemy zapisać:

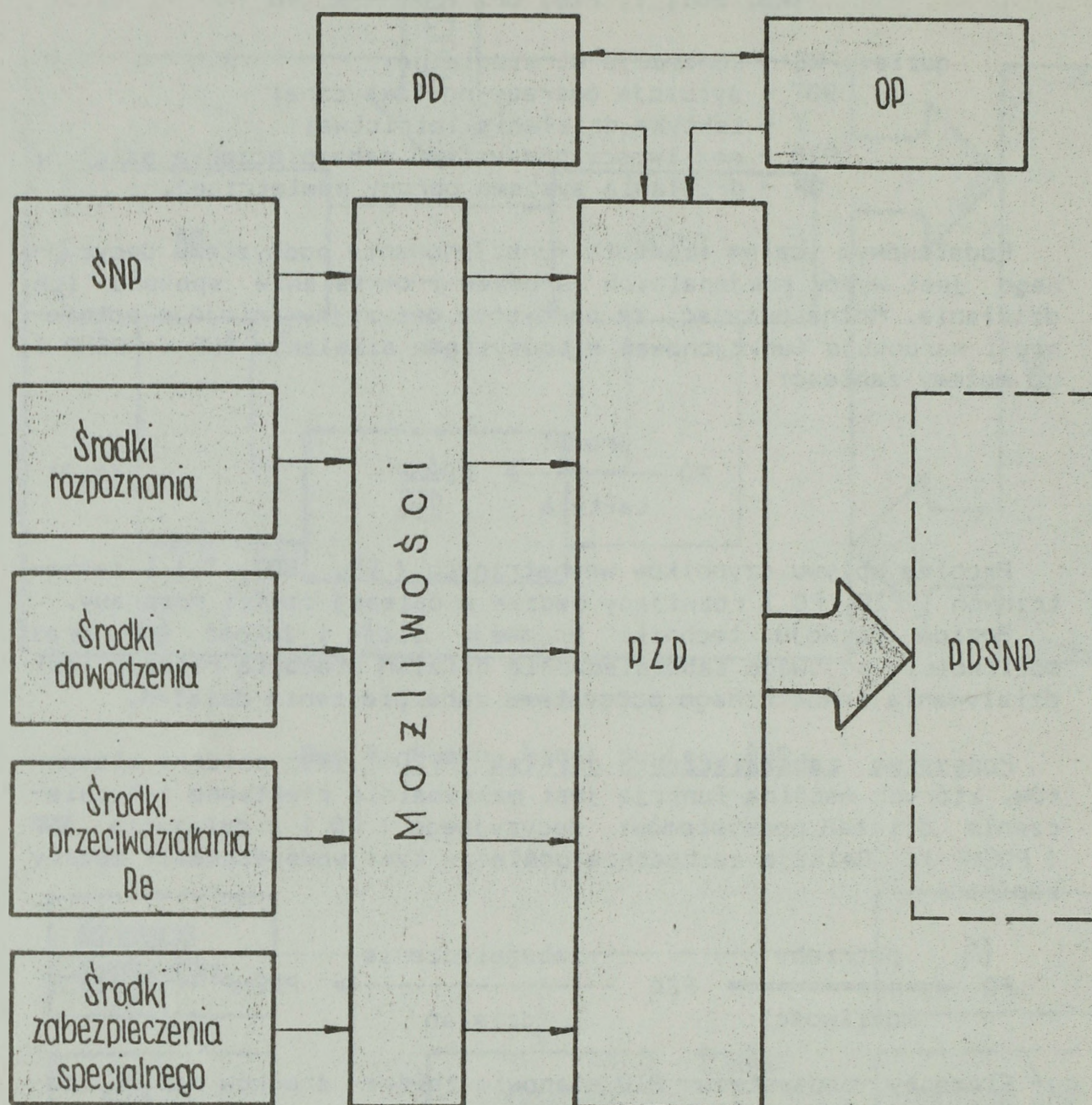
$$\begin{array}{ccccc} & \text{potrzeby} & & \text{zabezpieczenie} & \\ PD & \text{-----} \rightleftarrows & PZD & \text{-----} \rightarrow & PDŚNF \\ & \text{możliwości} & & \text{działań} & \end{array} \quad (1.3)$$

Elementy podsystemu PZD stanowią zbiór: środków napadu powietrznego - ŚNF (samoloty, środki bezpilotowe), środków rozpoznania - R (systemy rozpoznania i rozpoznawczo-uderzeniowe), środków dowodzenia - D (systemy dowodzenia), środków przeciwdziałania radioelektronicznego - PRE (urządzenia i systemy zakłóceń), środków zabezpieczenia specjalnego - ZS (systemy naprowadzania, nawigacyjne).

Ilość i jakość wymienionych elementów poprzez swoje możliwości (M) determinują stan i oddziaływania zewnętrzne PZD, co zobrażowano na rys.6.

Możemy to zapisać:

$$(\text{ŚNF, R, D, PRE, ZS, M}) \text{ -----} \rightarrow PZD \quad (1.4)$$



Rys.6. Czynniki determinujące stan podsystemu zabezpieczenia działań

Powyższa zależność w sposób ogólny przedstawia wpływ poszczególnych elementów na PZD. Szczegółowa analiza jakościowa wymienionych czynników oraz ich rola w oddziaływaniu zewnętrznym podsystemu PZD omówione będą w dalszych rozdziałach.

Z ogólnego modelu systemu ŚNF (rys.4) oraz zależności 1.3 wynika, że podsystem PZD determinuje działania podsystemów: PD i PDŚNF.

Podsystem działania ŚNF (PDŚNF) jest zbiorem elementów materialnych i niematerialnych (abstrakcyjnych), których celem jest destrukcyjne oddziaływanie na system obrony powietrznej strony przeciwnej.

$$FD\dot{S}NF = (M, A) \quad (1.5)$$

gdzie: M - zbiór elementów materialnych;
A - zbiór elementów abstrakcyjnych.

Elementy materialne podsystemu $FD\dot{S}NF$ reprezentowane są przez $\dot{S}NF$ (samoloty i inne aparaty latające) wraz z ich uzbrojeniem i wyposażeniem, wykonujące lot z określonym jednoznacznie celem. Potencjalne możliwości $\dot{S}NF$ i sposób ich oddziaływania na system OP (taktyka działania), to elementy abstrakcyjne podsystemu $FD\dot{S}NF$.

Możemy więc zapisać:

$$FD\dot{S}NF = (\dot{S}NF, C, M, T) \quad (1.6)$$

gdzie: $\dot{S}NF$ - określona ilość samolotów uczestniczących w nalocie;
C - cel działania $\dot{S}NF$ (cel nalotu);
M - potencjalne możliwości;
T - taktyka działania w czasie nalotu.

Działanie podsystemu $FD\dot{S}NF$ determinowane jest przez podsystem decyzyjny, podsystem zabezpieczenia działań oraz istniejący w jego otoczeniu system OP .

Możemy to zapisać:

$$(PD, FZD, OP) \text{ -----} \rightarrow FD\dot{S}NF \quad (1.7)$$

Podsystem $FD\dot{S}NF$ stanowi w istocie rzeczy wyraz zewnętrznego oddziaływania systemu $\dot{S}NF$ na inne systemy istniejące w jego otoczeniu. Dlatego też głównym przedmiotem badań będzie podsystem działania $\dot{S}NF$, nazywany w dalszej części systemem działania $\dot{S}NF$ ($SD\dot{S}NF$).

System obrony powietrznej (OP) jest złożonym, adaptacyjnym systemem otwartym (reaguje na zmiany zachodzące w jego otoczeniu, a jego istota i cel mają sens jedynie wtedy, gdy w otoczeniu istnieje $S\dot{S}NF$).

$$OP \text{ <-----} S\dot{S}NF \quad (1.8)$$

W strukturze systemu OP można wyszczególnić podsystemy: lotnictwa myśliwskiego (OP^{LM}), raket przeciwlotniczych (OP^{WR}), rozpoznania radioelektronicznego (OP^{RRE}), rozpoznania radiolokacyjnego (OP^{WRT}), obezwładniania radioelektronicznego (OP^{WRE}), dowodzenia i współdziałania (OP^{DW}), obiektów obrony (OP^O).

Można to przedstawić:

$$OP = (OP^{LM}, OP^{WR}, OP^{RRE}, OP^{WRT}, OP^{WRE}, OP^{DW}, OP^O) \quad (1.9)$$

Wymienione podsystemy oraz oddziaływanie systemu SŚNP istniejącego w jego otoczeniu determinują funkcjonowanie systemu OP (zależność 1.8, 1.9).

Z zależności 1.8 i 1.9 wynika, że badając oddziaływanie systemu OP na otoczenie (SŚNP), należy uwzględniać wszystkie elementy wewnątrzsystemowe i relacje między nimi zachodzące.

1.5. SYSTEM DZIAŁANIA ŚRODKÓW NAPADU POWIETRZNEGO I JEGO DETERMINANTY

Na podstawie zależności 1.6 możemy stwierdzić, że system działania ŚNP - to wcześniej zamierzone co do sposobu, miejsca i czasu zorganizowane wspólne działania określonej ilości ŚNP, odpowiednio uzbrojonych i wyposażonych, których celem jest zniszczenie lub obezwładnienie konkretnie określonych obiektów przeciwnika.

W potocznym rozumieniu system SDSNP określany jest jako "działania ŚNP" lub po prostu "nalot ŚNP".

Ze względu na to, że istota i cel SDSNP warunkowane są istnieniem i funkcjonowaniem innych systemów (zależności 1.2, 1.3), zaliczany jest on do adaptacyjnych systemów otwartych.

W rozdziale 1.4 ustalono czynniki warunkujące funkcjonowanie systemu SDSNP (zależność 1.7).

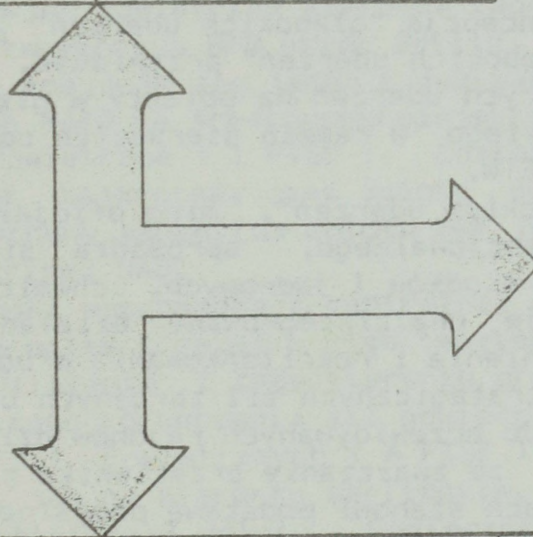
Po rozwinięciu zależności: 1.1, 1.4, 1.7, 1.9 stwierdzamy, że istnienie i funkcjonowanie systemu SDSNP determinują:

$$SDSNP = \left\{ \begin{array}{l} PD(KS, SOT, T); PZD(\dot{S}NP, R, D, PRE, ZS); \\ OP(OP^{LM}, OP^{WR}, OP^{RRE}, OP^{WRT}, OP^{WRE}, OP^{DW}, OP^O) \end{array} \right\} \quad (1.10)$$

- gdzie: KS - koncepcje strategiczne wynikające z założeń doktrynalnych;
 SOT - sytuacja operacyjno-taktyczna;
 T - taktyka działania lotnictwa;
 ŚNP - zbiór środków napadu powietrznego i ich możliwości;
 R - zbiór środków rozpoznania i ich możliwości;
 D - możliwości systemu dowodzenia;
 PRE - możliwości środków przeciwdziałania Re;
 ZS - możliwości środków zabezpieczenia specjalnego;
 OP^{LM} - działania lotnictwa myśliwskiego OP;
 OP^{WR} - system raketowej obrony przeciwlotniczej;
 OP^{RRE} - system rozpoznania radioelektronicznego OP;
 OP^{WRT} - system rozpoznania radiolokacyjnego OP;
 OP^{WRE} - system obezwładniania Re OP;
 OP^{DW} - system dowodzenia i współdziałania OP;
 OP^O - obiekty obrony.

Powyższa zależność przedstawiona jest w sposób graficzny na rys.7.

System środków napadu powietrznego SSNP		
Podsystem zabezpieczenia dziań PZD		koncepcje strategiczne KS Sytuacja operacyjno-takt. SOT Taktyka lotnictwa T Środki napadu pow. ŚNP Środki rozpoznania R Środki dowodzenia D Środki przeciwdziałania Re PRE Środki i systemy zabezpieczenia specjalin. ZS
Podsystem decyzyjny PD		



System obrony powietrznej OP		
Dowodzenie i współdziałanie OP ^{DM}		
Rozpoznanie Re OP ^{RRE}		
Rozpoznanie radiolokacyjne OP ^{WRT}		
Działania LM OP ^{LM}		
Działania WR OP ^{WR}		
Obezwładnianie Re OP ^{WRE}		
Obiekty obrony OP ^O		

System działania
SNP
SD SNP

Rys.7. Czynniki determinujące działania systemu SDŚNP

Wymienione determinanty w swej istocie stanowią różne struktury (systemy, podsystemy, zbiory) i w różny sposób warunkują stan i działanie SDŚNP. Pomiędzy nimi zachodzi także wiele relacji warunkujących się wzajemnie.

Z tego względu należy dokonać ich charakterystyki z punktu widzenia wpływu na strukturę i funkcjonowanie systemu SDŚNP.

1.5.1. Koncepcje strategiczno-operacyjne

Koncepcje strategiczne wynikają z założeń strategii NATO. W ramach przyjętej w 1968 r. przez siły zbrojne NATO strategii "elastycznego reagowania" rozwijano w dalszym ciągu koncepcję "wysuniętych rubieży". Istotą tej koncepcji było dążenie do przeniesienia działań bojowych na terytorium państw socjalistycznych. Koncepcja przewidywała w ewentualnej wojnie udział wszystkich rodzajów sił zbrojnych, łącznie ze strategiczną bronią jądrową.

Agresywność Stanów Zjednoczonych i innych państw NATO oraz dążenie do ograniczenia rozwoju państw socjalistycznych, znalazły wyraz w tzw. "planie Rogers'a" określanym także jako operacyjno-strategiczna koncepcja "głębokich uderzeń" [13].

Koncepcja "głębokich uderzeń" przewiduje, między innymi, wykonanie uprzedzających uderzeń na obiekty w głębi terytorium państw Układu Warszawskiego w ramach pierwszych operacji początkowego okresu wojny na ETW.

Istota "głębokich uderzeń", mimo oficjalnego nadawania jej charakteru konwencjonalnego, sprowadza się do wykorzystania wszystkich sił i środków (jądrowych, chemicznych, konwencjonalnych). Przewiduje ona zintegrowane działania powietrzno-lądowe w celu obezwładnienia i rozczłonkowania drugich rzutów operacyjnych i odwodów strategicznych sił zbrojnych Układu Warszawskiego, zanim wejdą one do przewidywanych rejonów działań bojowych. Koncepcja zakłada, że zwalczanie przeciwnika na dalekich (głębokich) podejściach stanowi podstawę pomyślnego prowadzenia operacji, a tym samym uzyskania i utrzymania inicjatywy strategicznej już w pierwszych godzinach wojny.

Priorytetową rolę w realizacji założeń tej koncepcji mogą odegrać taktyczne siły powietrzne. Odpowiednio do tych założeń ukierunkowany został rozwój potencjału bojowego i taktyki działania lotnictwa. Podstawową formą działań bojowych lotnictwa taktycznego są operacje powietrzne, wśród których centralne miejsce zajmuje powietrzna operacja zaczepna.

Z punktu widzenia zadań, które mogą być wykonywane przez siły zbrojne w ewentualnej wojnie, w stosunku do państw Układu Warszawskiego można wydzielić trzy strategiczne kierunki zagrożenia: północno-zachodni, zachodni i południowo-zachodni.

W stosunku do terytorium Polski zasadnicze znaczenie ma zachodni kierunek strategiczny, którego głębokość od Zatoki Biskajskiej do granic państw Układu Warszawskiego wynosi 1200 km, a szerokość (bez obszaru wysp brytyjskich) 700-1000 km [44].

Zasadniczym kierunkom strategicznym podporządkowane jest rozmieszczenie głównych zgrupowań sił zbrojnych.

Na zachodnim kierunku strategicznym mogą prowadzić działania siły powietrzne bazujące na terytorium Wielkiej Brytanii, w południowej części północnoeuropejskiego TDW (PE TDW), na lotniskowcach z Morza Północnego, na środkowoeuropejskim TDW (ŚE TDW).

Na podstawie analizy rozmieszczenia baz sił powietrznych NATO, w odniesieniu do Polski wydziela się cztery operacyjno-powietrzne kierunki zagrożenia, a mianowicie: nadmorski, berliński, drezdeński i praski.

Nadmorski operacyjno-powietrzny kierunek zagrożenia wyprowadza z rejonu wysp brytyjskich przez Danię, południową część akwenu Morza Bałtyckiego, pas wybrzeża Polski i dalej w głąb kraju. Ze względu na brak "strefy buforowej" obrony powietrznej na podejściach do granic kraju, jest to najbardziej dogodny kierunek dolotu ŚNF do obiektów położonych na terytorium Polski. Działania bojowe na tym kierunku mogą prowadzić ŚNF bazujące na terytorium Wielkiej Brytanii, z rejonu Morza Północnego (lotnictwo pokładowe) oraz siły zgrupowane w Połączonych Taktycznych Siłach Powietrznych Cieśnin Bałtyckich i Bałtyku Zachodniego (FTSP CB i BZ), a także część 2 Połączonych Taktycznych Sił Powietrznych (2 FTSP).

Berliński operacyjno-powietrzny kierunek zagrożenia wyprowadza z północnej części terytorium RFN przez Berlin, Poznań na Warszawę. Na tym kierunku znajduje się jedno z dwu zasadniczych zgrupowań sił powietrznych NATO na środkowoeuropejskim TDW - 2 Połączone Taktyczne Siły Powietrzne (2 FTSP). Charakterystyczną cechą tego kierunku jest najkrótszy czas dolotu do granic Polski, z drugiej jednak strony warunkiem dolotu ŚNF jest pokonanie systemu obrony powietrznej NRD.

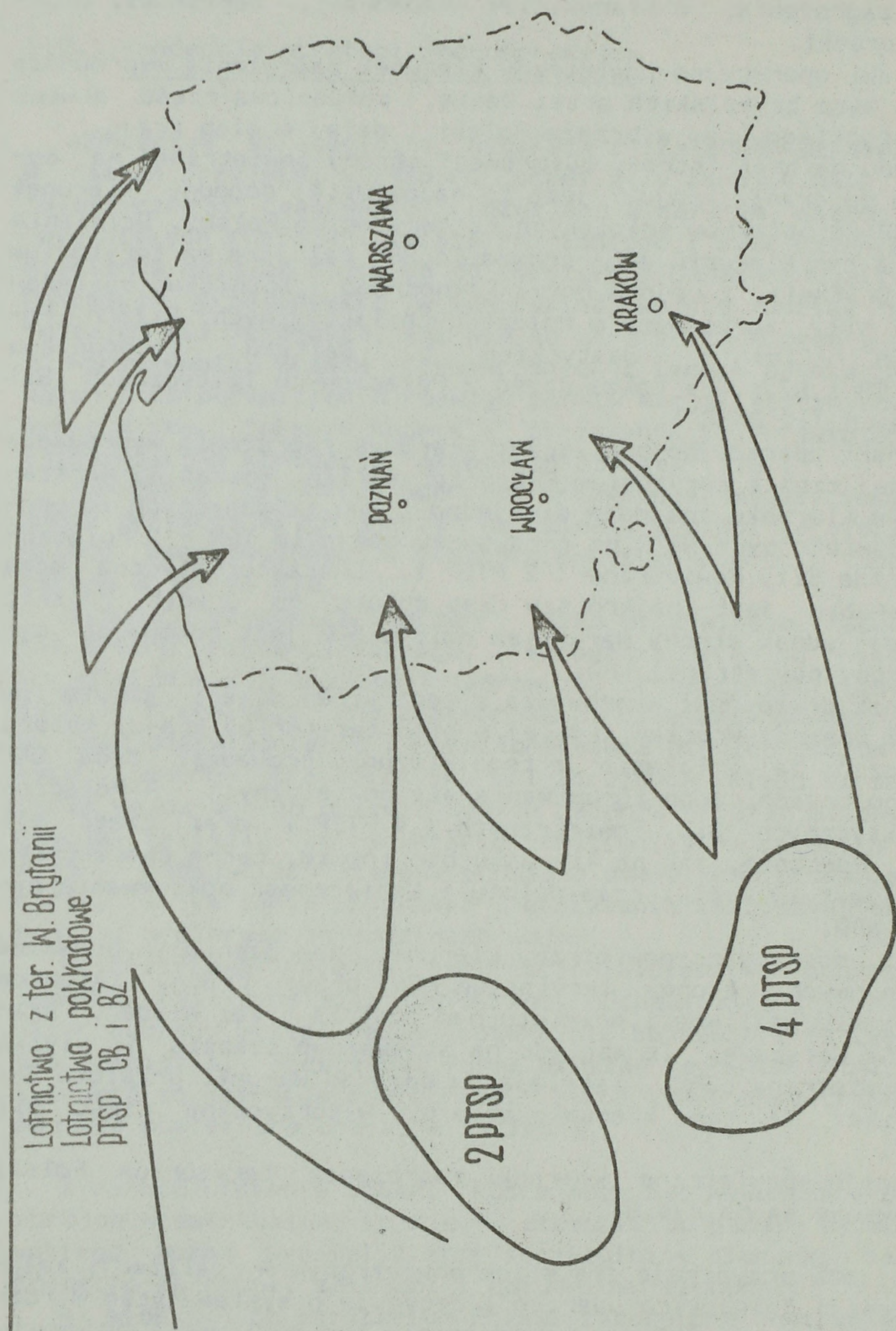
Kierunek drezdeński wyprowadza z centralnej części terytorium RFN przez Drezno, Wrocław i dalej w głąb terytorium kraju. Należy przypuszczać, że działania z tego kierunku prowadzić będą ŚNF z drugiego zasadniczego zgrupowania sił powietrznych - 4 Połączonych Taktycznych Sił Powietrznych (4 FTSP) oraz część sił z 2 FTSP. Podobnie, jak na kierunku berlińskim, cechą charakterystyczną jest tu krótki czas dolotu i konieczność pokonywania systemu OP NRD.

Praski operacyjno-powietrzny kierunek zagrożenia wyprowadza z południowych rejonów terytorium RFN przez Pragę, Katowice (w przypadku możliwości przelotu nad Austrią przez Wiedeń, Kraków) na Warszawę. Ze względu na stosunkowo słabszą i płytką obronę powietrzną CSRS, istnieją tu dogodne warunki przelotu ŚNF przeciwnika. Na tym kierunku może być wykorzystana część sił z 4 FTSP.

Operacyjno-powietrzne kierunki zagrożenia terytorium Polski Przedstawione są na rys.8.

Rola, jaką przypisuje się siłom powietrznym w realizacji założeń koncepcji "głębokich uderzeń", decyduje o systematycznym rozwoju i doskonaleniu ŚNF oraz zwiększaniu ich możliwości bojowych. Zasadnicze kierunki rozwoju i modernizacji taktycznych sił powietrznych przedstawiono w rozdziale 1.1.1.

Pogląd specjalistów zachodnich, że lotnictwo taktyczne może zadecydować o powodzeniu operacji strategicznej, znajduje swoje odzwierciedlenie w postaci planów wzmocnienia i wykorzystania sił



Rys. 8. Operacyjno-powietrzne kierunki zagrożenia terytorium Polski

powietrznych już w okresie pokoju. Planowaniem działań bojowych lotnictwa taktycznego zajmują się zarządy powietrznych operacji zaczepnych i obronnych sztabu połączonych sił powietrznych TDW. Na podstawie decyzji dowódcy połączonych sił zbrojnych TDW, dowódca połączonych sił powietrznych wydaje codziennie zarządzenia i rozkaz organizacyjny na najbliższą dobę, które stanowią podstawę do planowania operacji w rejonach działania poszczególnych FTSP. Dowódcy FTSP stawiają podległym siłom zadania na najbliższą dobę. Treść zadań, stawianych przez dowódców poszczególnych szczebli dowodzenia, uwzględnia obowiązującą koncepcję strategiczną i cele operacji powietrznych wynikające z aktualnej sytuacji operacyjno-taktycznej.

Głównymi zadaniami wykonywanymi przez ŚNF w ramach zaczepnej operacji powietrznej mogą być: walka o panowanie w powietrzu i przewagę w broni jądrowej, izolacja rejonu działań bojowych, wsparcie lotnicze, taktyczne rozpoznanie powietrzne.

Walka o zdobycie panowania w powietrzu i przewagę w broni jądrowej prowadzona jest w toku całej operacji zaczepnej, przy czym najintensywniej w pierwszych dniach wojny. Wywalczenie i utrzymanie panowania w powietrzu stanowi jedno z podstawowych zadań lotnictwa. Główny wysiłek taktycznych sił powietrznych podczas realizacji tego zadania skierowany będzie na wykonanie uderzeń na lotniska, stanowiska ogniowe rakiet przeciwlotniczych, środki przenoszenia i składy amunicji jądrowej, stanowiska dowodzenia systemu obrony powietrznej oraz na zwalczanie samolotów w powietrzu.

Izolacja rejonu działań bojowych ma na celu niedopuszczenie do podejścia odwołów operacyjno-strategicznym i dowozu środków materiałowo-technicznych oraz ograniczenie swobody manewru wojsk przeciwnika na TDW. Zadanie to realizowane jest przede wszystkim poprzez niszczenie infrastruktury komunikacyjnej. Działania taktycznych sił powietrznych w ramach izolacji rejonu działań bojowych prowadzone są w zasadzie po wywalczeniu przewagi jądrowej i panowania w powietrzu. Głównymi obiektami uderzeń ŚNF podczas wykonywania tego zadania będą: mosty, tunele, przeprawy wodne, węzły komunikacyjne, składy sprzętu i uzbrojenia, wojska w rejonach ześrodkowania, lotniska, środki rakietowo-jądrowe, porty i bazy morskie.

Zadanie wsparcia lotniczego wykonują samoloty lotnictwa taktycznego i strategicznego [54] na głębokość 100-160 km od rubieży styczności wojsk. Celem wsparcia lotniczego jest wyeliminowanie z walki silnych zgrupowań wojsk lądowych i środków rakietowych przeciwnika, naruszenie jego ugrupowania bojowego, opóźnienie lub udaremnienie natarcia i osłabienie jego obrony.

Taktyczne rozpoznanie powietrzne może być prowadzone w ramach zaczepnej operacji powietrznej na korzyść zadań walki o panowanie w powietrzu, izolacji rejonu działań bojowych i wsparcia lotniczego. W szczególnych sytuacjach może stanowić samodzielny charakter działań i być prowadzone w postaci powietrznych operacji rozpoznania taktycznego.

Ogólny podział wysiłku lotnictwa taktycznego do wykonania zasadniczych zadań w początkowym okresie wojny przedstawia się następująco:

- a) W działaniach z użyciem broni konwencjonalnej: wywalczenie i utrzymanie panowania w powietrzu - 70%, wsparcie lotnicze - 15-20%, rozpoznanie - 10-15% limitu samolotolotów. W toku dalszych działań następować będzie zmniejszanie limitu na wywalczenie i utrzymanie panowania w powietrzu do 30%, zwiększanie wysiłku na bezpośrednie wsparcie do 50%, oraz izolację rejonu działań bojowych i rozpoznanie - po 10% samolotolotów.
- b) W wojnie jądrowej w pierwszym zmasowanym uderzeniu: uzyskanie przewagi jądrowej i panowania w powietrzu - 80%, prowadzenie rozpoznania - 20% limitu samolotolotów. W kolejnych zmasowanych uderzeniach przewidywany jest wysiłek do 50% na zadanie uzyskania przewagi jądrowej i panowania w powietrzu, wsparcie lotnicze - 10% oraz izolację rejonu działań bojowych i rozpoznanie - po 20% samolotolotów.

W zależności od rodzaju, fazy konfliktu i ogólnej sytuacji operacyjno-taktycznej, każde z wymienionych zadań może być traktowane jako priorytetowe i stanowić cel operacji powietrznej. Cel i zadania operacji powietrznej decydują o odpowiednim doborze jakościowo-ilościowym, obiektach uderzeń oraz taktyce działania ŚNF.

1.5.2. Taktyka działania

Zgodnie z koncepcją "głębokich uderzeń", podstawową formę działań lotnictwa taktycznego stanowi zaczepna operacja powietrzna, której głównym celem jest stworzenie warunków do skutecznych działań siłom lądowym.

Działania bojowe ŚNF w realizacji celów i zadań zaczepnej operacji powietrznej będą miały charakter zmasowanych, wielorzutowych nalotów na głównych kierunkach operacyjnych.

Warunkiem koniecznym do realizacji zadań i osiągnięcia celu w zmasowanym nalocie jest pokonanie systemu obrony powietrznej. Wprowadzanie coraz doskonalszych środków walki z samolotami w powietrzu, zwiększanie możliwości systemów radiolokacyjnego wykrywania, doskonalenie systemów dowodzenia powodują, że pokonanie systemu OP staje się problemem coraz bardziej złożonym [41, 42]. Wybór sposobu pokonania systemu OP uzależniony jest od możliwości i efektywności środków obrony oraz możliwości ŚNF.

Według poglądów specjalistów NATO [41], obowiązuje zasada obejścia zasadniczych zgrupowań systemu obrony powietrznej lub skrytego przenikania do obiektów uderzeń. Przełamanie obrony powietrznej dokonywane jest tylko w przypadku, gdy inne sposoby pokonania systemu OP nie mogą być zastosowane.

Przełamanie systemu obrony powietrznej, szczególnie w warunkach wojny z użyciem środków konwencjonalnych, jest problemem złożonym, wymagającym zastosowania odpowiedniej taktyki działania i skutecznych środków rażenia.

Podstawowym warunkiem przełamania jest zniszczenie lub obezwładnienie pododdziałów rakiet przeciwlotniczych, jednostek radiolokacyjnego wykrywania i naprowadzania, stanowisk dowodzenia, lotnisk, a przede wszystkim samolotów w powietrzu i na lotniskach.

Według poglądów specjalistów wojskowych NATO, przełamanie systemu OP państw Układu Warszawskiego wymagać będzie uprzedniego obezwładnienia przynajmniej 80% środków OP w pasie przełamania [42].

Na podstawie analizy doświadczeń ostatnich konfliktów i wojen lokalnych, w procesie pokonywania systemu OP można wyodrębnić trzy zasadnicze etapy: rozpoznanie, neutralizacja, oddziaływanie ogniowe.

Rozpoznanie ma na celu ustalenie struktury i zasad funkcjonowania systemu OP przy pomocy wszystkich rodzajów rozpoznania już w okresie poprzedzającym działania bojowe. Uzyskane w tym etapie informacje zawierają w miarę dokładne dane o dyslokacji, składzie, przeznaczeniu, charakterystyce i roli, jaką dany obiekt odgrywa w systemie OP. Na podstawie tych danych określana jest "wartość" obiektu - priorytet jego niszczenia. W zależności od sposobu działania ŚNP w operacji powietrznej priorytet ten może mieć wartość zmienną.

Neutralizacja systemu dokonywana jest przez oddziaływanie radioelektroniczne i działania pozorujące mające na celu "złamanie" systemu OP. Celem tego etapu jest zmniejszenie efektywności funkcjonowania systemu OP podczas rzeczywistego nalotu poprzez: pozorowanie nalotów, stosowanie zakłóceń radioelektronicznych, stwarzanie sytuacji przewyższających możliwości informacyjne i ogniowe wojsk radiotechnicznych i raketowych [41].

Oddziaływanie ogniowe prowadzone jest w formie bezpośredniego zwalczania obiektów obrony powietrznej z maksymalnych odległości (30-100 km), przy jednoczesnym unikaniu wchodzenia w strefy ognia wojsk raketowych.

Obecnie istnieją dwie zasadnicze koncepcje pokonywania systemu OP: amerykańska i brytyjska.

Koncepcja amerykańska preferuje w pokonywaniu obrony powietrznej wykorzystanie ognia i manewru przy jednoczesnym zastosowaniu w sposób zmasowany nowoczesnych środków WRe z samolotów zabezpieczenia. Nie wyklucza się, szczególnie w trudnych warunkach atmosferycznych, prowadzenia urzutowanych działań małych grup samolotów (tzw. "rajdów") lub uderzeń falowych, wykonywanych na małych wysokościach z dużymi prędkościami lotu.

Koncepcja brytyjska (i pozostałych państw NATO) sugeruje pokonywanie obrony powietrznej z kompleksowym zastosowaniem różnych sposobów działania małych grup samolotów na możliwie małych wysokościach i dużych prędkościach z równoczesnym stosowaniem manewrów taktycznych. Wykorzystanie pokładowych urządzeń zakłócających powinno mieć zastosowanie dopiero po wejściu samolotów w strefy rażenia środków OP.

Różnica poglądów spowodowana jest różnorodnością wyposażenia i możliwości bojowych samolotów będących w uzbrojeniu państw NATO.

W zależności od możliwości bojowych i ugrupowania, pokonywanie systemu OP może być realizowane na wąskim lub szerokim froncie.

W rejonach, w których możliwe jest uzyskanie panowania w powietrzu i w określonym stopniu obezwładnione są naziemne środki obrony powietrznej, pokonanie systemu OP dokonywane będzie na froncie o szerokości 30-70 km. Stosunkowo wąski pas przełamania umożliwia pokonanie systemu OP w jego najsłabszym miejscu i ominięcie silniejszych zgrupowań raketowej artylerii przeciwlotniczej.

W warunkach pokonywania słabszej obrony powietrznej lotnictwo będzie działało na szerokim froncie w celu rozproszenia wysiłku obrony i zmniejszenia jej efektywności.

Zmniejszenie do minimum strat własnych w strefie działania systemu OP osiągane jest w wyniku kompleksowego zastosowania różnych sposobów działania: dobór optymalnych wysokości, prędkości lotu i ugrupowania, oddziaływanie ogniowe, stosowanie manewrów oraz prowadzenie walki radioelektronicznej.

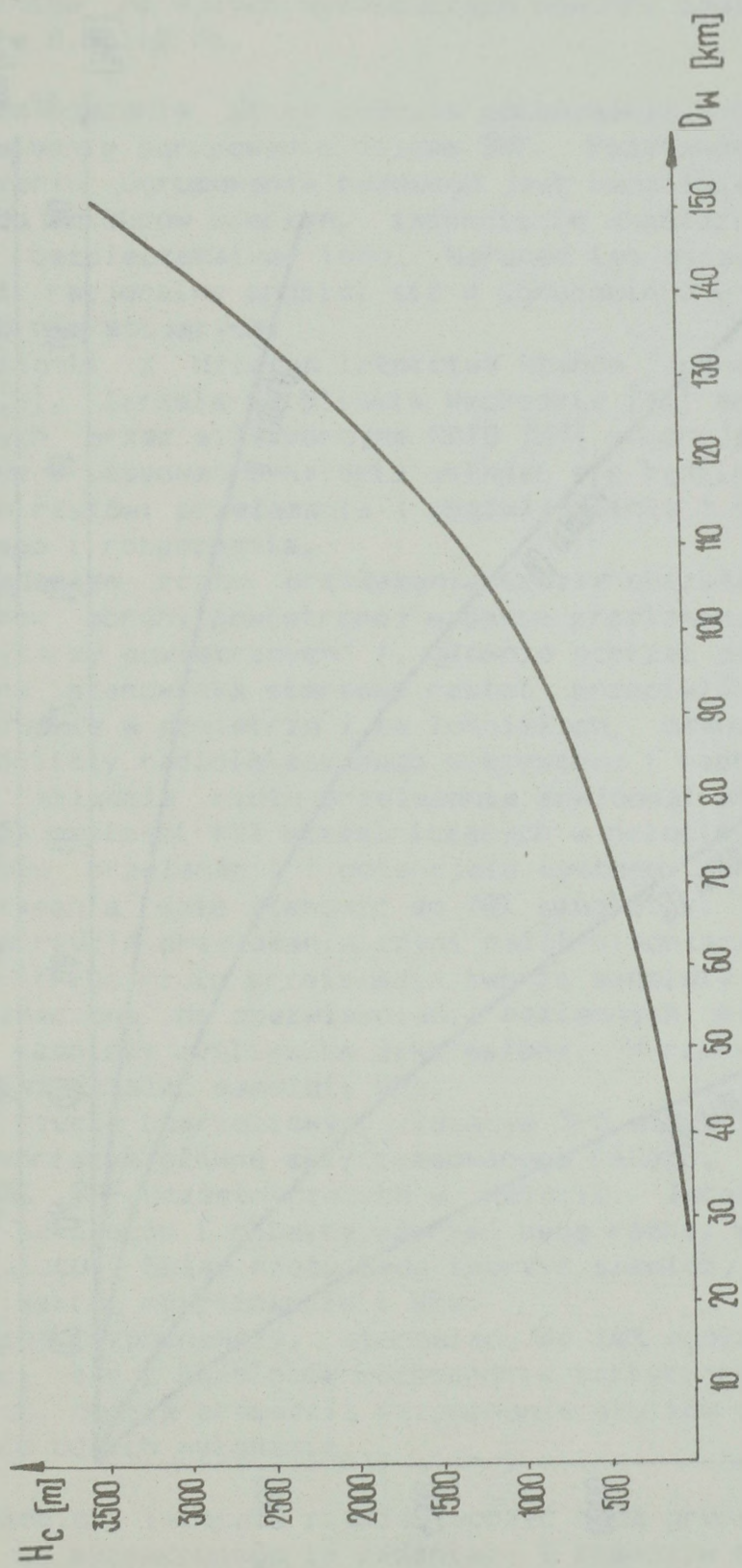
Prowadzenie działań bojowych ŚNP na małych wysokościach przyjmowane jest jako zasada.^{12/} Taki sposób działań powoduje zmniejszenie odległości wykrycia ŚNP, a w konsekwencji skrócenie czasu uprzedzenia o nalocie (tzw. "czasu dyspozycyjnego" systemu OP) oraz zmniejszenie możliwości ich rażenia przez kierowane przeciwlotnicze pociski raketowe. Przybliżone wartości odległości wykrycia pojedynczego samolotu w zależności od wysokości lotu przedstawia wykres na rys.9 (wykres sporządzono na podstawie uśrednionych wartości zasięgów wykrywania sprzętu radiolokacyjnego WRT [14]).

Ze względu na fakt, że lot na małej wysokości poważnie zmniejsza zasięg działania, stosowany będzie zmienny profil lotu.^{13/} Dolot do rubieży wykrywania środków radiolokacyjnych wykonywany będzie na wysokościach optymalnych (9000-12000 m), działania w strefie OP na małych wysokościach, powrót - w zależności od głębokości zadania i możliwości samolotów - na wysokościach małych lub dużych.

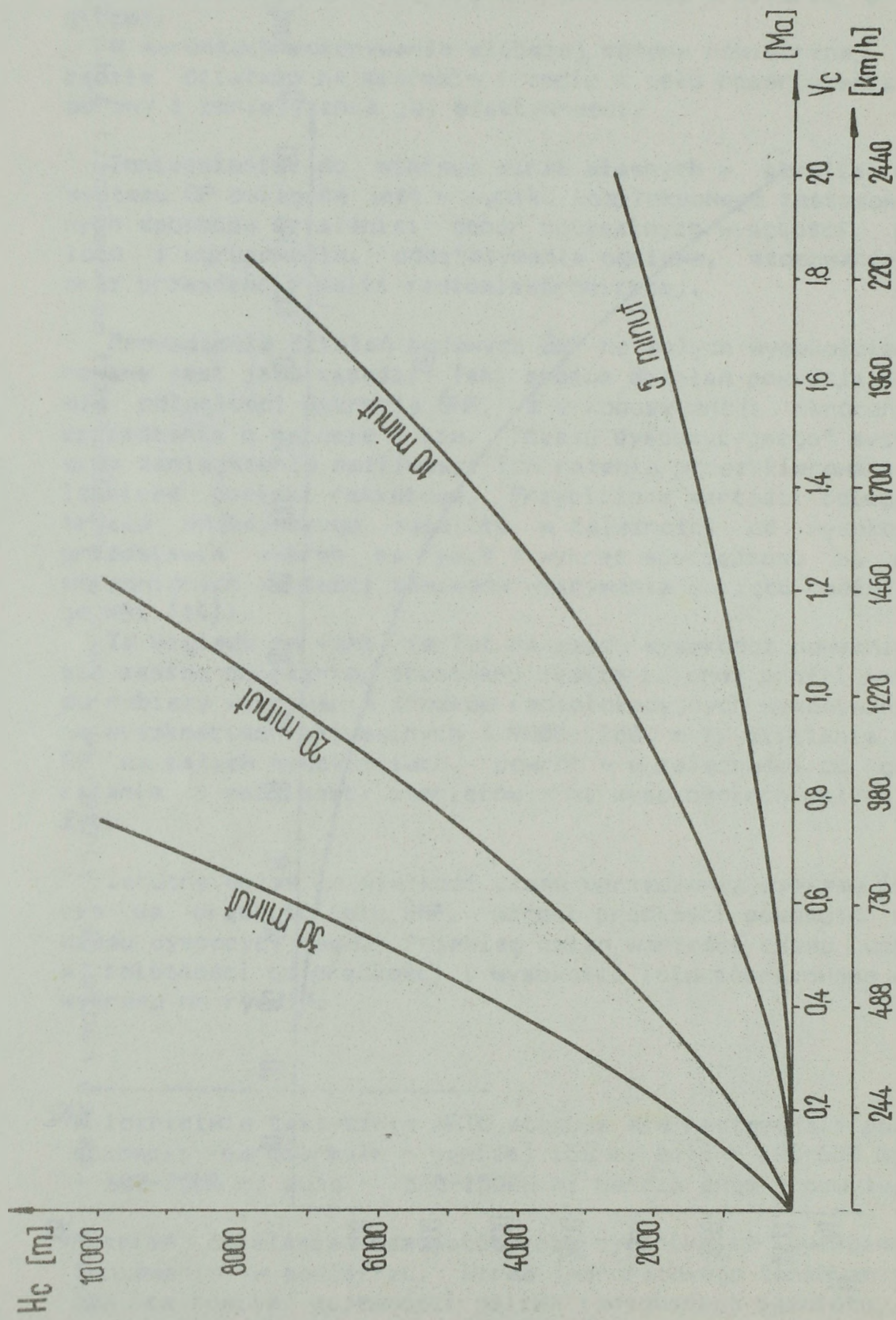
Istotny wpływ na wielkość czasu uprzedzenia systemu OP o nalocie ma prędkość lotu ŚNP. Wzrost prędkości powoduje skracanie czasu dyspozycyjnego. Przebieg zmian wartości czasu uprzedzenia w zależności od prędkości i wysokości lotu zobrazowano w postaci wykresu na rys.10.

^{12/}W lotnictwie taktycznym NATO stosuje się następujący podział wysokości: bardzo małe - poniżej 150 m; małe - 150-600 m; średnie - 600-7500 m; duże - 7500-15000 m; bardzo duże - powyżej 15000 m.

^{13/}Promień działania samolotów może być również wydłużony przez tankowanie w powietrzu. Norma jednorazowego tankowania wynosi 60% całkowitej pojemności paliwa tankowanego samolotu, a czas tankowania - 12-15 min. Uwzględniając warunki działań lotnictwa taktycznego na ŚE TDW, wydaje się mało prawdopodobne stosowanie tej metody wydłużania promienia działania.



Rys. 9. Zasięg radiolokacyjnego wykrywania w zależności od wysokości lotu celu



Rys. 10. Czas uprzedzenia o nalocie w zależności od wysokości i prędkości lotu ŚNF

Doświadczenia w Wietnamie i na Bliskim Wschodzie wykazują, że zwiększaniu prędkości lotu na małych wysokościach do naddźwiękowej towarzyszy wiele ujemnych zjawisk (duży wzrost zużycia paliwa, zmęczenie załóg, skrócenie czasu obserwacji, zwiększenie niebezpieczeństwa lotu), a zmniejszenie prawdopodobieństwa rażenia przez raketowe pociski przeciwlotnicze jest niewielkie (rys.11). Powszechnie uważa się, że optymalne prędkości lotu samolotów na małych wysokościach powinny zawierać się w przedziale 0.8-1.0 Ma.

Zmniejszenie strat podczas pokonywania systemu OP umożliwia odpowiednie ugrupowanie bojowe ŚNF. Podstawowym wymaganiem przy tworzeniu ugrupowania bojowego jest umożliwienie przeniknięcia ŚNF do obiektów uderzeń, zapewnienie współdziałania i maksymalnego bezpieczeństwa lotu. Warunek ten osiągany jest głównie przez racjonalny podział sił w ugrupowaniu w stosunku do zadań przed nim stojących.

Wnioski z działań lotnictwa Stanów Zjednoczonych w Wietnamie [6], Izraela na Bliskim Wschodzie [41] oraz ćwiczeń prowadzonych przez siły zbrojne NATO [54] sugerują, że ugrupowanie bojowe w zmasowanym nalocie składać się będzie z trzech zasadniczych rzutów: przełamania (obezwładnienia) systemu OP, uderzeniowego i rozpoznania.

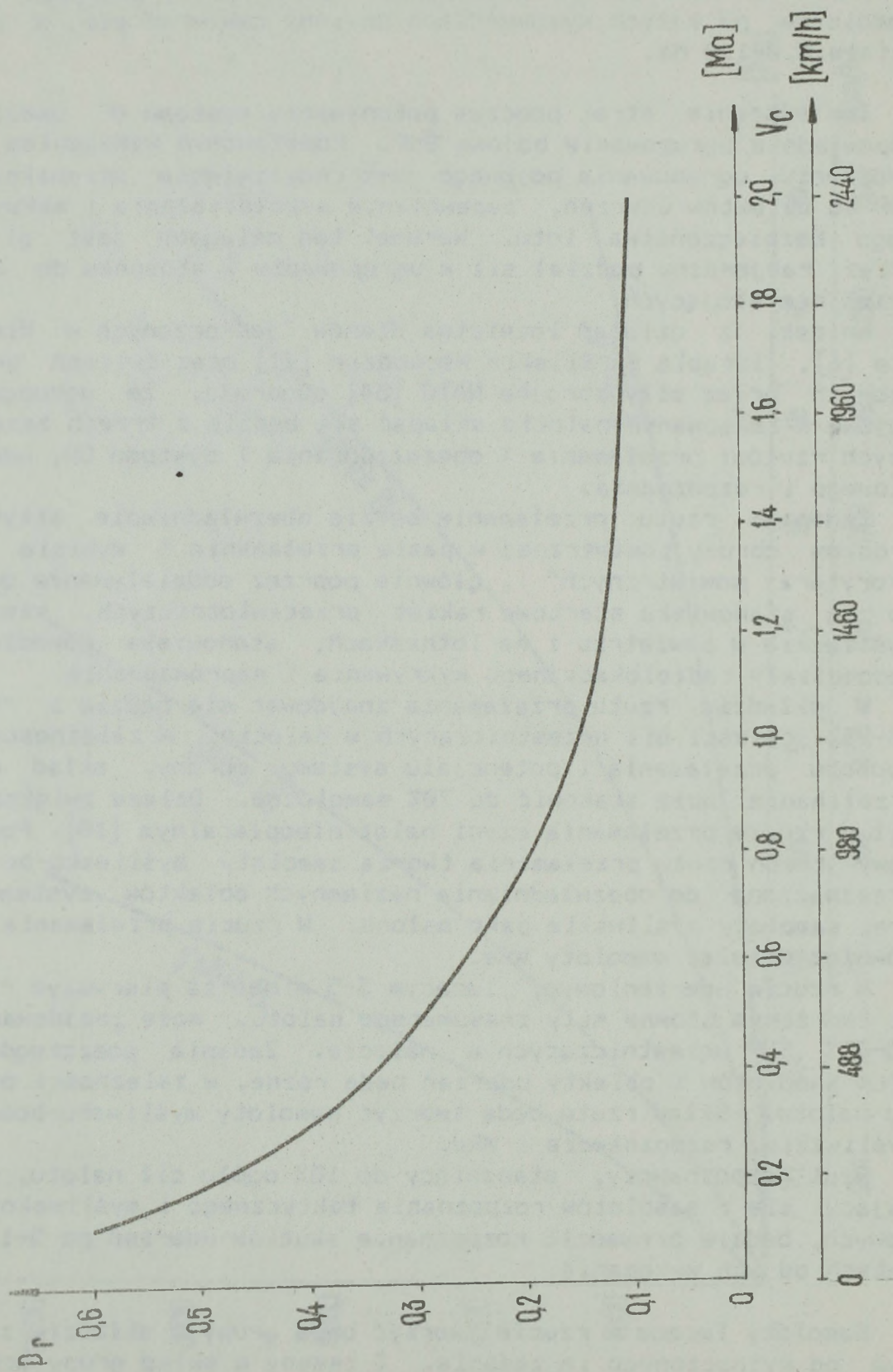
Zadaniem rzutu przełamania będzie obezwładnienie aktywnych środków obrony powietrznej w pasie przełamania (wybicie tzw. "korytarzy powietrznych"), głównie poprzez oddziaływanie ogniowe na stanowiska startowe rakiet przeciwlotniczych, samoloty myśliwskie w powietrzu i na lotniskach, stanowiska dowodzenia, pododdziały radiolokacyjnego wykrywania i naprowadzania.

W składzie rzutu przełamania znajdować się będzie z reguły 15-25% całości sił uczestniczących w nalocie. W zależności od sposobu przełamania i potencjału systemu obrony, skład rzutu przełamania może stanowić do 70% samolotów. Dalsze zwiększanie sił w rzucie przełamaną czyni nalot nieopłacalnym [18]. Podstawowy trzon rzutu przełamania tworzą samoloty myśliwsko-bombowe przeznaczone do obezwładniania naziemnych obiektów systemu OP oraz samoloty myśliwskie jako osłona. W rzucie przełamania mogą również działać samoloty WRe.

W rzucie uderzeniowym, lecącym 3-5 minut za pierwszym rzutem i tworzącym główne siły zmasowanego nalotu, może znajdować się 65-75% ŚNF uczestniczących w nalocie. Zadania poszczególnych grup samolotów i obiekty uderzeń będą różne, w zależności od celu nalotu. Skład rzutu będą tworzyć samoloty myśliwsko-bombowe, myśliwskie, rozpoznawcze i WRe.

Rzut rozpoznawczy, stanowiący do 10% ogółu sił nalotu, składający się z samolotów rozpoznania taktycznego i myśliwsko-bombowych, będzie prowadził rozpoznanie skutków uderzeń po 5-15 minutach od ich wykonania.

Samoloty lecące w rzucie tworzyć będą grupy o składzie zależnym od wyznaczonego im zadania. Z zasady w skład grupy wchodzi 4-12 samolotów [54]. W zależności od ilości grup w rzucie oraz przyjętego szyku grup samolotów, można niekiedy w ramach rzutu wyszczególniać fale samolotów.



Rys. 11. Prawdopodobieństwo rażenia rakiety pociskiem przeciwlotniczym w zależności od prędkości lotu celu

Samoloty w poszczególnych grupach, w zależności od liczebności grupy, mogą tworzyć następujące szyki [50]:

- a) klucz: klin, front, schody, kolumna par;
- b) 12-24 samolotów: klin kluczy, schody kluczy, kolumna kluczy;
- c) większe grupy: kolumna pododdziałów samolotów (najczęściej kluczy).

Klucz samolotów może wykonywać lot w ugrupowaniu zwartym, normalnym lub rozczłonkowanym [50]. Parametry poszczególnych ugrupowań pary i klucza podane są w tabeli 1.1.

Tabela 1.1

PARAMETRY UGRUPOWANIA PARY I KLUCZA SAMOLOTÓW

Wyszczególnienie	Ugrupowanie		
	zwarte	normalne	rozcłonkowane
P a r a odstęp między samolotami [m]	30-50	120-150	300-450 i więcej
a odległość między samolotami [m]	do 300	300-500	900-1500 i więcej
K l u c z odstęp między parami [m]	200-300	300-500	900-1500 i więcej
z odległość między parami [m]	do 300	do 1000	3000 i więcej

Wybór odpowiedniego ugrupowania w rzutach i grupach determinowany jest możliwościami pokonywanego systemu obrony. Ugrupowania o dużej szerokości (np. front) skracają czas przebywania w strefie ognia artylerji raketowej, lecz jednocześnie zwiększają ilość pododdziałów mogących brać udział w odpieraniu nalotu (współczynnik uczestnictwa). Stosowanie ugrupowań o mniejszej szerokości frontu nalotu powoduje natomiast wydłużenie czasu przebywania w strefie ognia wojsk raketowych, a tym samym zwiększa możliwą ilość oddziaływań. Z tych względów, przed podjęciem decyzji o rodzaju ugrupowania bojowego, dokonywana jest analiza możliwości systemu OP w stosunku do różnych wariantów ugrupowania ŚNF i wybierany wariant optymalny.

Badania działań lotnictwa w ostatnich konfliktach lokalnych

sugerują, że w poszczególnych rzutach ŚNP mogą być stosowane następujące ugrupowania bojowe:

a) w rzucie przełamania:

- grupa obezwładniania naziemnych środków OP może tworzyć front lub schody kluczy urzutowanych według wysokości; klucze w ugrupowaniu klin lub schody;
- grupa osłony wykonuje lot z boku lub z przodu grupy obezwładniania w odległości 3000-6000 m z przewyższeniem 2500-3500 m w ugrupowaniu kolumny lub frontu kluczy na różnych wysokościach; klucze w ugrupowaniu klin lub schody; część samolotów osłony może prowadzić działania demonstracyjne wykonując lot przed lub za grupą przełamania w odległości 15-45 km, z przewyższeniem 2000-6000 m;

b) w rzucie uderzeniowym:

- grupa bezpośredniego uderzenia może tworzyć klin, schody, kolumnę lub front kluczy; klucze w ugrupowaniu klin, schody lub front;
- grupa osłony może wykonywać lot z boku lub z tyłu ugrupowania osłanianego w odległości 3000-5000 m, z przewyższeniem, w ugrupowaniu kolumna lub schody kluczy; klucze w ugrupowaniu klin, schody lub kolumna par;

c) w rzucie rozpoznania - najczęściej kolumna par.

Podczas lotu szyki ŚNP mogą zostać zmienione stosownie do warunków wykonywanych zadań.

Jednym z podstawowych sposobów zwiększania efektywności pokonania systemu obrony powietrznej jest dokonanie wyłomu i naruszenie systemu ognia wojsk raketowych poprzez oddziaływanie ogniowe. Obezwładnianie i niszczenie środków systemu OP dokonywane jest przez samoloty rzutu przełamania specjalnie do tego zadania wyposażone i uzbrojone. Uderzenia planowane są zawczasu, z uwzględnieniem przydziału zadań dla poszczególnych grup ŚNP w taki sposób, aby skutecznie obezwładnić środki OP w określonym miejscu i czasie. Przed wykonaniem uderzeń prowadzone jest dokładne rozpoznanie za pomocą samolotów rozpoznawczych i środków bezpilotowych. Ponadto mogą być wykorzystywane grupy demonstracyjne, których zadaniem będzie sprowokowanie systemu OP i ściągnięcie na siebie oddziaływania aktywnych środków obrony.

Wskazywanie celów, naprowadzanie i kierowanie ogniem samolotów uderzeniowych dokonywane będzie z samolotów specjalnych powietrznych systemów wykrywania i naprowadzania.

Samoloty osłony, działające najczęściej grupami w składzie pary lub klucza, dążyć będą do zniszczenia maksymalnej ilości samolotów lotnictwa myśliwskiego OP. Wykrywanie samolotów myśliwskich może być prowadzone za pomocą pokładowych stacji radiolokacyjnych lub przez powietrzny system wykrywania i naprowadzania.

Z chwilą wykrycia samolotu przeciwnika, działania grup osłony

będą miały charakter zaczepny dążąc do korzystnego rozstrzygnięcia grupowych walk powietrznych i rozpoczynając atakowanie z dużych odległości.

Podczas pokonywania systemu OP, ŚNP będą stosowały różnego rodzaju manewry taktyczne w celu zmniejszenia efektywności działań aktywnych środków obrony.

Jednym z charakterystycznych manewrów taktycznych jest rozśrodkowanie ugrupowania bojowego ŚNP przed wejściem w strefę radiolokacyjnego wykrywania systemu OP, osiągane przez zmianę szyku samolotów na różnych etapach lotu. Odstępy i odległości między samolotami i grupami zwiększane są do granic widzialności wzrokowej z jednoczesnym zachowaniem współdziałania i gotowości załóg do zmiany szyku w razie potrzeby.

Innym charakterystycznym manewrem jest zagęszczanie szyków ŚNP przed wejściem grupy w strefy wykrywania radiolokacyjnych stacji naprowadzania lotnictwa myśliwskiego i wskazywania celów przeciwlotniczym zestawom raketowym. Odstępy i odległości między samolotami są tak zmniejszane, aby ich zobrazowanie na ekranie stacji radiolokacyjnej uniemożliwiało ustalenie składu grupy.

W strefach ognia rakiet przeciwlotniczych może być prowadzone przemienne wyprzedzanie lub stosowanie kierunków przecinających się (tzw. "zmiłka") ze zmianą miejsca prowadzącego i prowadzonego, manewr wysokością, kierunkiem i prędkością lotu.

Ważnym i niezbędnym czynnikiem opanowania sił i środków obrony powietrznej jest prowadzenie walki radioelektronicznej. Sprawdzana i doskonalona w czasie ćwiczeń i konfliktów lokalnych koncepcja walki radioelektronicznej przewiduje dwa rodzaje osłony samolotów: grupową i indywidualną.

Zadania osłony grupowej wykonywane są przez specjalne samoloty wyposażone w aparaturę rozpoznania radioelektronicznego oraz urządzenia do zakłóceń aktywnych i pasywnych. Samoloty te mogą prowadzić zakłócenia ze stref dyżurowania lub znajdując się w ugrupowaniu uderzeniowym. Strefy dyżurowania samolotów specjalnych wyznaczane są na przewidywanym kierunku pokonywania obrony powietrznej, poza zasięgiem naziemnych środków ogniowych, na wysokości ponad 6000 m. Taktyka działania tych samolotów jest dostosowana do konkretnej sytuacji operacyjnej i radioelektronicznej oraz możliwości systemu OP.

Osłonę indywidualną prowadzą samoloty uderzeniowe przy pomocy urządzeń zakłócających montowanych standardowo lub umieszczonych w specjalnych podwieszanych zasobnikach. Zakłócenia stosowane w ramach osłony indywidualnej prowadzone są tylko w pasie przelotu samolotów uderzeniowych, a ich skuteczność zależy głównie od wysokości lotu. Najdogodniejszą wysokością do stosowania tego sposobu zakłóceń jest wysokość 5000 m. Loty na małych i bardzo małych wysokościach ograniczają zakres stosowania aktywnych i pasywnych środków WRe ze względu na skuteczność ich użycia, co znajduje potwierdzenie w większości wojen lokalnych [41] (np. zasięg zakłóceń aktywnych na wysokości rzędu 1500-1800 m spada do 12-15 km).

1.5.3. System obrony powietrznej

Cel i działania systemu SDŚNP determinowane są zasadniczo obiektami uderzeń oraz działaniami systemu OP, który tych obiektów broni. Obiekty uderzeń uzależnione są od celów i zadań zaczepnej operacji powietrznej oraz ogólnej sytuacji operacyjno-taktycznej walczących stron. Ogólna ilość i jakość obiektów oraz ich położenie w stosunku do rubieży styczności bojowej decydują o ugrupowaniu systemu OP oraz ilości ŚNP wykorzystywanych do wykonania uderzeń. Struktura systemu OP i jego potencjalne możliwości determinują ilość i sposób działania ŚNP podczas pokonywania obrony powietrznej.

Oddziaływanie systemu obrony powietrznej na ŚNP w czasie zmasowanego nalotu (SDŚNP) wyrażane jest bezpośrednio przez działania aktywnych środków obrony powietrznej: lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych, pododdziałów obezwładniania radioelektronicznego. Skuteczność tego oddziaływania zależy od ich potencjalnych możliwości oraz efektywności zabezpieczenia działań przez pododdziały rozpoznania i wykrywania radiolokacyjnego oraz system dowodzenia i współdziałania.

Lotnictwo myśliwskie oddziałuje na ŚNP poprzez ich niszczenie w powietrzu na podejściach do bronionych rejonów i obiektów [67]. Możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego determinują liczbę samolotów osłony rzutów uderzeniowych. Efektem finalnym oddziaływania lotnictwa myśliwskiego OP jest wyeliminowanie z nalotu określonej ilości ŚNP. Rezultat oddziaływania LM zależy od ilości oddziaływań i prawdopodobieństwa zniszczenia ŚNP w jednym oddziaływaniu. O ilości oddziaływań lotnictwa myśliwskiego decydują: wielkość strefy działań lotnictwa, czas przebywania ŚNP w strefie działania, czas jednego oddziaływania, ilość oddziałujących samolotów (grup) myśliwskich.

Prawdopodobieństwo zniszczenia ŚNP w jednym oddziaływaniu determinowane jest przede wszystkim prawdopodobieństwem przechwylenia. Warunkiem koniecznym, umożliwiającym działania lotnictwa myśliwskiego w ogóle, jest wykrycie ŚNP przez system rozpoznania lub przez pilota samolotu myśliwskiego. Odległość wykrycia istotnie wpływa na wielkość strefy działania lotnictwa myśliwskiego (w zasadniczy sposób warunkuje odległość możliwej rubieży wprowadzenia do walki).

Wojska raketowe systemu OP niszczą ŚNP w strefach ognia przeciwlotniczych zestawów raketowych (FZR). Możliwości oddziaływania pododdziałów wojsk raketowych na ŚNP determinowane są przede wszystkim wejściem w strefę ognia FZR, a ponadto: czasem przebywania w tej strefie, prawdopodobieństwem zniszczenia celu w jednym cyklu strzelania, ilością możliwych strzelań, warunkami działań.

Podczas pokonywania systemu OP przez ŚNP, pododdziały wojsk raketowych będą również obiektami niszczenia. Wynik tej walki uzależniony jest od możliwości bojowych i prawdopodobieństwa zniszczenia każdej ze stron. Głębokość ugrupowania, rodzaj i możliwości wojsk raketowych decydują o sile rzutu przełamania OP i taktyce działania ŚNP.

Obezwładnianie radioelektroniczne prowadzone przez pododdziały WRe systemu OP ma na celu zmniejszenie możliwości bojowych i efektywności działania ŚNP podczas wykonywania uderzeń.

Efektom obezwładniania radioelektronicznego jest uniemożliwienie lub ograniczenie możliwości wykorzystania pokładowych urządzeń rozpoznania, nawigacji i kierowania uzbrojeniem oraz dowodzenia i naprowadzania lotnictwa, co powoduje zmniejszenie prawdopodobieństwa wykonania uderzeń i zniszczenia przydzielonych celów. Skuteczność obezwładniania zależy od ugrupowania urządzeń zakłócających i ich możliwości oraz efektów rozpoznania radioelektronicznego.

System rozpoznania radioelektronicznego umożliwia zdobywanie informacji o ŚNP znajdujących się poza zasięgiem wykrywania radiolokacyjnego. Na podstawie danych uzyskanych przez środki rozpoznania możliwa jest identyfikacja źródła emisji, jego lokalizacja i określenie charakterystyk technicznych. Treść przechwyconych korespondencji pozwala na ustalenie stanu, w jakim znajdują się ŚNP oraz charakteru i zamiaru ich działań.

Rozpoznanie wywiera pośredni wpływ na działania ŚNP poprzez zwiększenie możliwości aktywnych środków obrony powietrznej. Efektywność systemu rozpoznania uzależniona jest od ilości, ugrupowania bojowego i możliwości pododdziałów rozpoznania.

Rozpoznanie radiolokacyjne jest podstawowym rodzajem rozpoznania systemu obrony powietrznej. Zasadniczym zadaniem systemu rozpoznania radiolokacyjnego jest zabezpieczenie działań bojowych wojsk raketowych i lotnictwa poprzez zbieranie, opracowywanie, analizę oraz przekazywanie informacji o ŚNP do odpowiednich stanowisk dowodzenia systemu OP.

Efektywność zabezpieczenia działań bojowych uzależniona jest od ugrupowania pododdziałów radiotechnicznych oraz ich możliwości pod względem wykrywania i przekazywania informacji do odbiorców, a w szczególności: zasięgu wykrywania, odporności na zakłócenia, ilości i przepustowości kanałów informacyjnych.

System dowodzenia i współdziałania obejmuje wszystkie wymienione wyżej elementy systemu obrony powietrznej. System ten decyduje o sposobie wykorzystania poszczególnych elementów systemu OP w trakcie wykonywania wspólnego zadania: odpierania nalotu ŚNP. Racjonalne dowodzenie i właściwa organizacja współdziałania zapewniają najbardziej skuteczne wykorzystanie potencjalnych możliwości elementów systemu, a tym samym uzyskanie maksymalnej efektywności obrony powietrznej.

O jakości systemu dowodzenia i współdziałania decydują przede wszystkim jednostki ludzkie, wspierane systemami technicznymi.

W n i o s k i

Na podstawie dotychczasowych rozważań można sprecyzować zasadnicze wnioski stanowiące podstawę do dalszych badań, a mianowicie:

1. Działania ŚNP podczas zmasowanego nalotu stanowią specyfi-

czny, adaptacyjny system otwarty, w sposób destrukcyjny aktywnie oddziałujący na przeciwstawny mu system OP istniejący w jego otoczeniu. Specyfika systemu SDSNP polega na tym, że istnieje on w określonym czasie i otoczeniu, jest inicjowany i determinowany działaniem innych systemów (podsystem decyzyjny ŚNP, system OP), a oddziałuje destrukcyjnie na jeden z tych, które warunkują jego stan i istnienie (OP). Istota i cel systemu SDSNP stanowią w swoisty sposób wyraz zewnętrznego oddziaływania systemu wyższego rzędu - SŚNP.

2. Ze względu na swoiste cechy (adaptacyjność i otwartość), badanie systemu SDSNP nie może być prowadzone w oderwaniu od otoczenia i systemów w nim istniejących.
3. Na stan i funkcjonowanie systemu SDSNP istotny wpływ wywierają elementy zarówno współdziałające (PD, PZD), jak i przeciwdziałające (OP). Niezależnie od tego, pomiędzy tymi elementami zachodzą również relacje bezpośrednie ($PD \longleftrightarrow OP$; $PZD \longleftrightarrow OP$; $PD \longleftrightarrow PZD$). Ze względu na dużą ilość wzajemnych relacji i powiązań o charakterze dwukierunkowym (wzajemnych oddziaływań), konieczne jest ustalenie wspólnych determinantów dla wszystkich wzajemnie uzależnionych podsystemów.
4. W systemie SDSNP można wydzielić dwie zasadnicze fazy: fazę tworzenia jego materialnej struktury i fazę działania. W pierwszej fazie (od decyzji o nalocie do czasu dolotu do rubieży systemu OP) decydujący wpływ na stan systemu mają systemy współdziałające (PD, PZD), w drugiej (od wejścia w strefę systemu OP do zakończenia nalotu) - system przeciwdziałający (OP). Istota i cel systemu SDSNP znajdują swój wyraz w fazie drugiej.
5. Analiza wzajemnych relacji i oddziaływań wykazuje, że istnieje konieczność wyodrębnienia z systemu obrony powietrznej poszczególnych podsystemów. W badaniach oddziaływania tych podsystemów na SDSNP należy również uwzględnić relacje zachodzące pomiędzy nimi w strukturze systemu OP.
6. Wzajemne oddziaływania pomiędzy systemem SDSNP a podsystemami lotnictwa myśliwskiego (OP^{LM}) i wojsk raketowych (OP^{WR}) mają charakter wzajemnego niszczenia, natomiast oddziaływanie SDSNP na pozostałe elementy - niszczenia jednostronnego. W badaniach stanu każdego z systemów po wzajemnym lub jednostronnym oddziaływaniu należy uwzględnić efekty tego oddziaływania i eliminować ze struktury systemu (podsystemu) działania elementów zniszczonych lub obezwładnionych.

1.6 ZAŁOŻENIA OPERACYJNO-TAKTYCZNE

W działaniu ŚNF wyróżnia się dwie zasadnicze fazy: organizacji i działania. Organizacja nalotu rozpoczyna się z chwilą podjęcia decyzji o jego wykonaniu. Efektem końcowym tej fazy jest ustalenie celu i kierunku nalotu, stanu ilościowo-jakościowego ŚNF uczestniczących w nalocie, ugrupowania z podziałem na rzuty, fale, grupy, zadań poszczególnych rzutów i grup, parametrów lotu, sposobu pokonania systemu OP, sposobu zabezpieczenia działań. Przyjmujemy, że zakończenie organizacji działania ŚNF następuje w chwili, gdy samoloty znajdują się w powietrzu, w ugrupowaniu bojowym na wyznaczonej trasie lotu, a poszczególne grupy są gotowe do wykonania otrzymanych zadań.

Faza działania ŚNF zaczyna się od momentu wejścia ŚNF w strefę oddziaływania systemu OP. W tej fazie poszczególne grupy ŚNF wykonują zadania: zadanie 1 (Z-1) - przełamanie systemu OP poprzez zwalczanie lotnictwa myśliwskiego w powietrzu i osłonę samolotów własnych; zadanie 2 (Z-2) - walka z naziemnymi elementami systemu OP; zadanie 3 (Z-3) - wykonanie zasadniczych uderzeń wynikających z celu nalotu; zadanie 4 (Z-4) - prowadzenie rozpoznania efektów uderzeń. Zakończenie fazy działania, a jednocześnie zakończenie nalotu, następuje z chwilą dolotu ŚNF do zasadniczych obiektów uderzeń.

Z punktu widzenia celu prowadzonych badań jest oczywiste, że zasadniczą rolę odgrywa faza działania ŚNF. Ogólny schemat działania ŚNF przedstawiono na rys.12.

Podczas realizacji zadań, na ŚNF oddziałują bezpośrednio lub pośrednio elementy systemu obrony powietrznej. Z tego względu przyjęto, że w modelu działań bojowych ŚNF wyróżnia się następujące moduły:

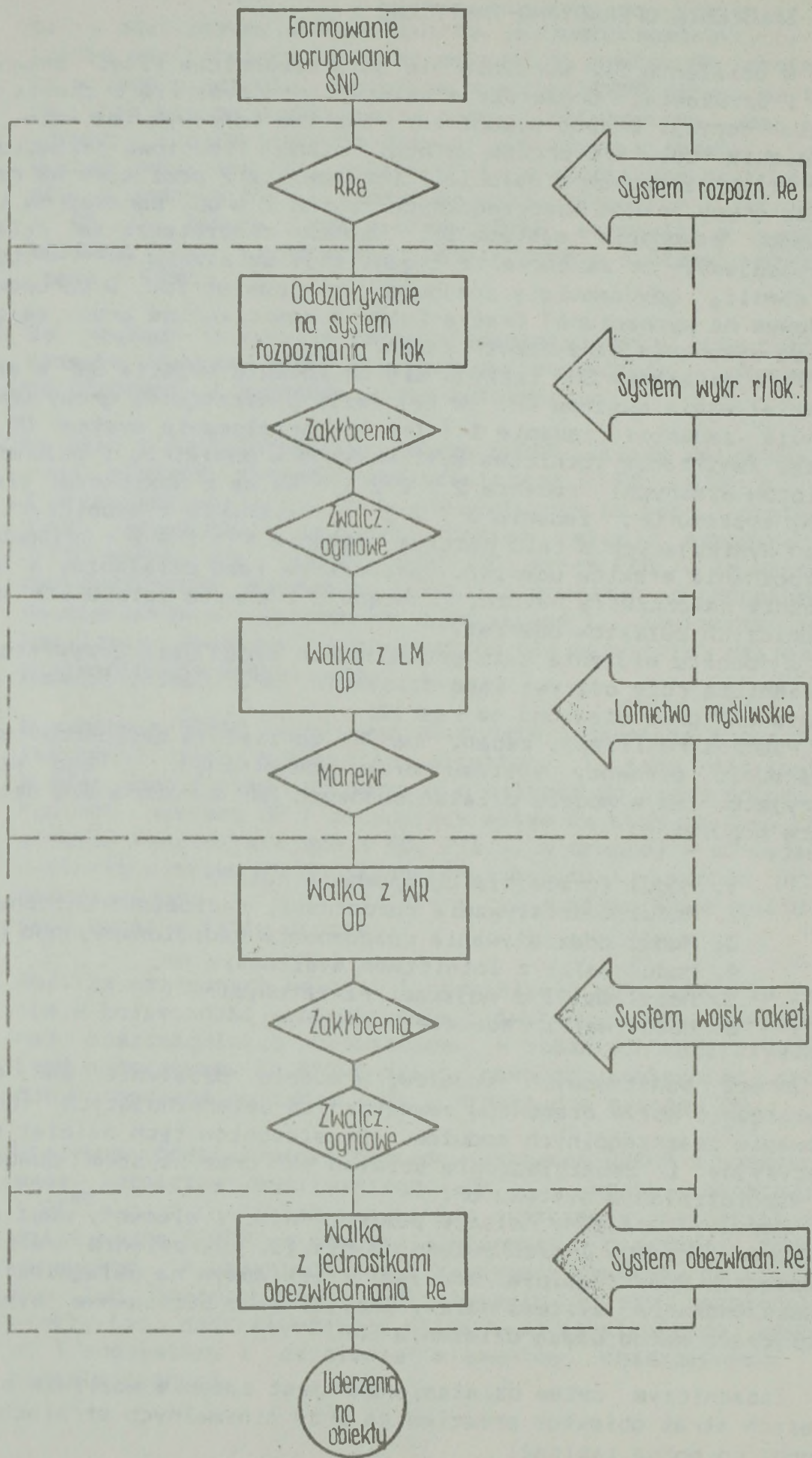
1. Moduł formowania ugrupowania nalotu.
2. Moduł oddziaływania rozpoznania radioelektronicznego OP.
3. Moduł oddziaływania rozpoznania radiolokacyjnego OP.
4. Moduł walki z lotnictwem myśliwskim OP.
5. Moduł walki z wojskami raketowymi OP.
6. Moduł walki radioelektronicznej.

Oprócz podstawowych modułów, w modelu działania ŚNF należy uwzględnić wpływ elementów zewnętrznych determinujących funkcjonowanie poszczególnych modułów. Do elementów tych należą: system decyzyjny i zabezpieczenia działań ŚNF oraz system dowodzenia i współdziałania systemu OP.

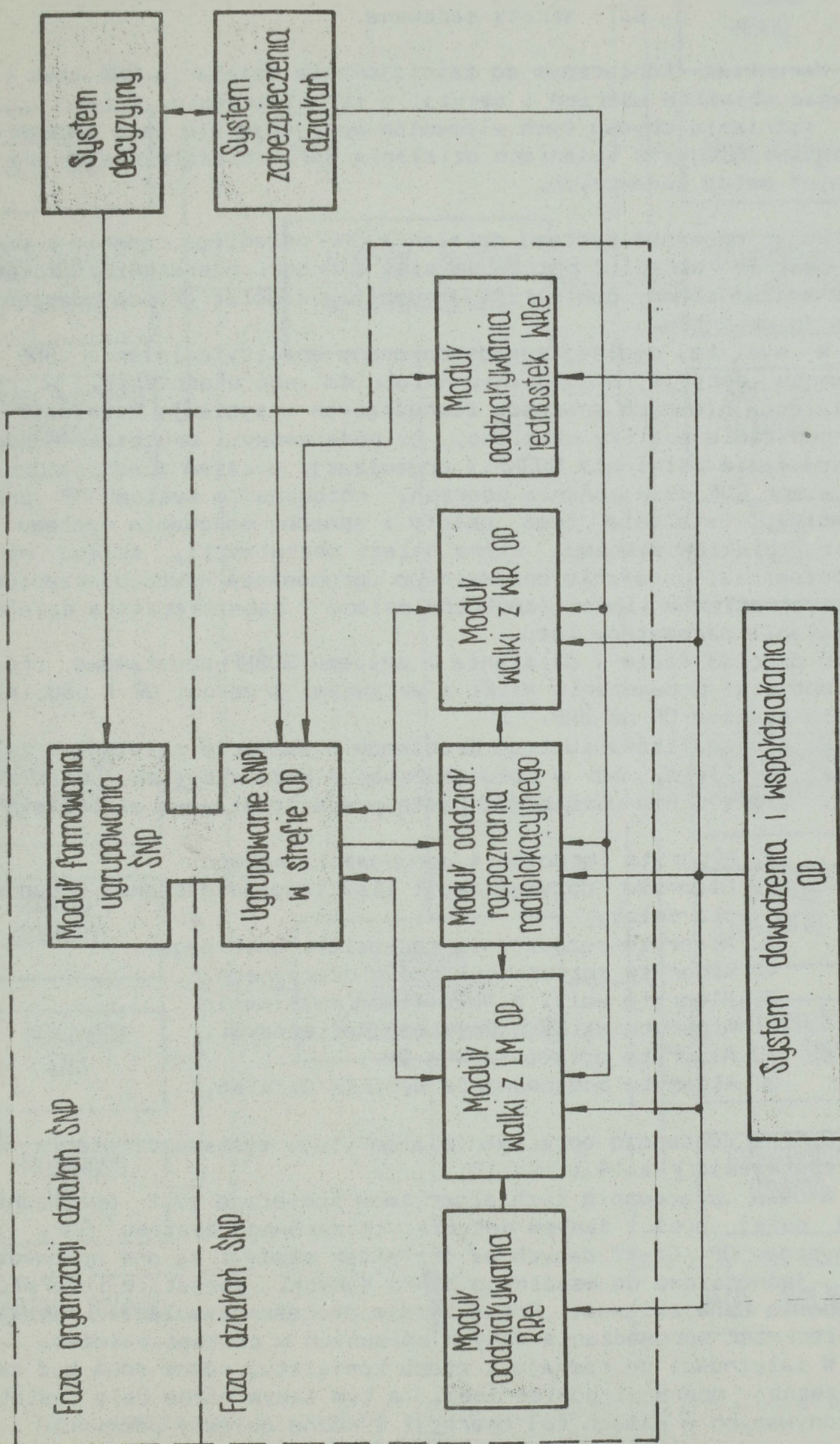
Moduły, wzajemne relacje pomiędzy nimi i elementy oddziaływania zewnętrznego przedstawiono na rys.13. Określenie zależności pomiędzy poszczególnymi modułami i ich wpływ na osiągnięcie celu funkcjonowania systemu należy przyjąć jako podstawowe wymaganie dotyczące metod badań działania ŚNF.

Zasadniczym celem działania ŚNF jest zadanie możliwie największych strat obiektom przeciwnika przy minimalnych stratach własnych, co można zapisać:

$$C_{\text{ŚNF}} = \min_{\text{SW}} \max_{\text{SZ}} C_{\text{ŚNF}} (\text{SW}, \text{SZ})$$



Rys.12. Ogólny schemat działania SNP



Rys.13. Elementy modelu działania SNP

gdzie: CŚNF - cel działania ŚNF;
SW - straty własne;
SZ - straty zadawane.

Warunkiem koniecznym do zainicjowania działania ŚNF jest istnienie obiektów uderzeń i decyzji o ich niszczeniu. Z tego względu istnienie obydwu tych elementów przyjmuje się jako oczywisty punkt wyjściowy w badaniach działania ŚNF, niezależnie od stosowanych metod badawczych.

Funkcjonowanie systemu działania ŚNF przebiega zgodnie z ogólną zasadą: określić potrzebne siły i środki niszczenia, rozpoznać system obrony powietrznej, umożliwić dołot grupom uderzeniowym do obiektów.

W myśl tej ogólnej zasady dokonano analizy działania ŚNF od momentu decyzji o dokonaniu nalotu do jego ukończenia, w celu ustalenia głównych procesów zachodzących w systemie działania ŚNF. Na podstawie analizy ustalono, że podstawowymi procesami w pierwszej fazie istnienia SDŚNF (organizacji działań) są: racjonalny wybór ŚNF do wykonania uderzeń, rozpoznanie systemu OP przeciwnika, ustalenie tras nalotu i sposobu pokonania systemu OP oraz obiektów systemu, które należy obezwładnić, składu rzutu przełamania, ustalenie optymalnego ugrupowania rzutu uderzeniowego, określenie ilości samolotów osłony i zabezpieczenia działań, ustalenie parametrów lotu.

W drugiej fazie (działania) systemu SDŚNF podstawowe procesy dotyczą: prowadzenia walki z aktywnymi środkami OP i oddziaływania systemu OP na ŚNF.

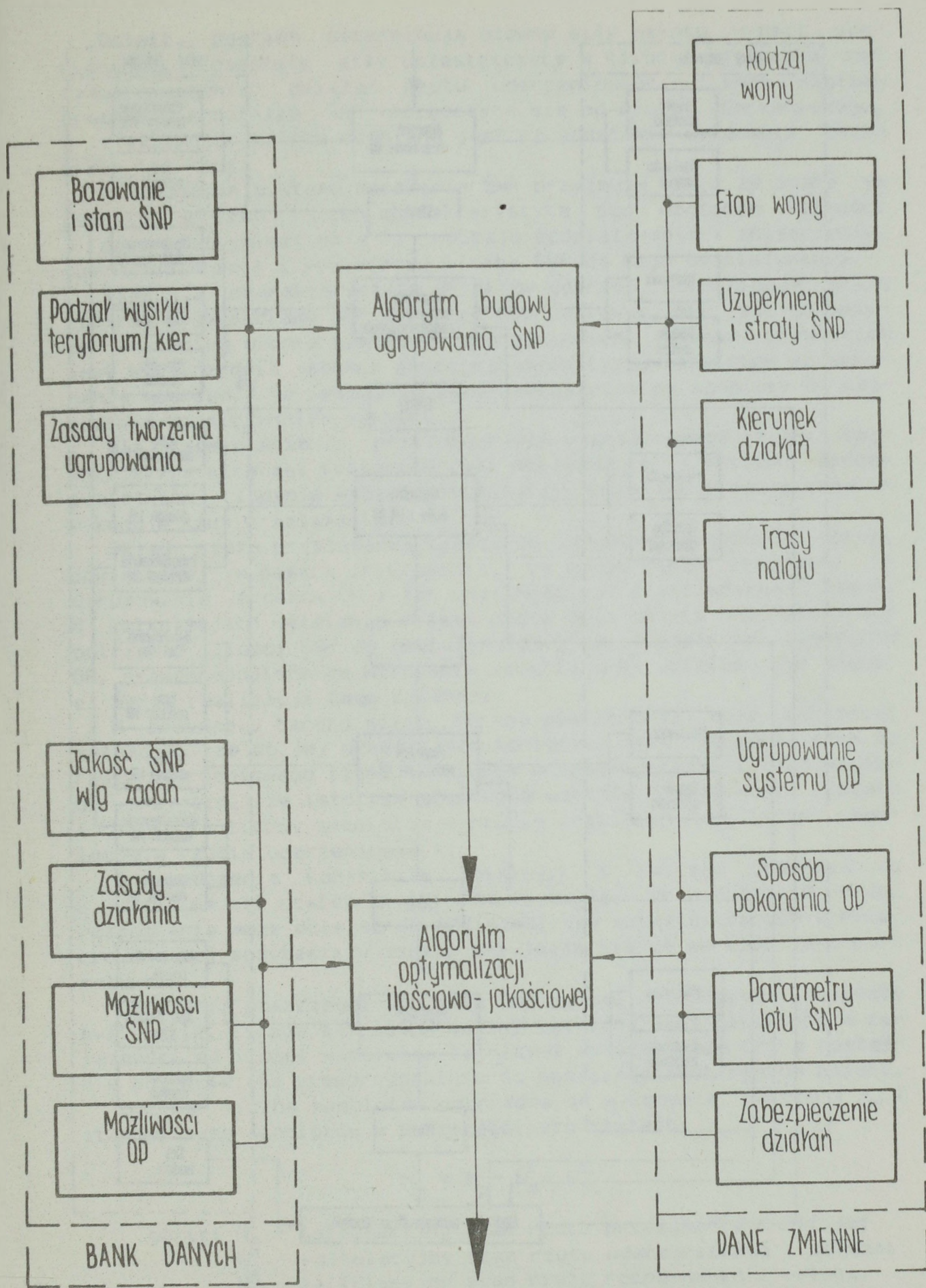
Po przeanalizowaniu tych problemów w aspekcie założonych celów badań przyjęto, że w celu zbudowania modelu systemu działania ŚNF, należy w nim uwzględnić następujące podstawowe algorytmy:

1. Algorytm formowania ugrupowania nalotu.
2. Algorytm optymalizacji ilościowo-jakościowej ugrupowania nalotu.
3. Algorytm rozpoznania radioelektronicznego.
4. Algorytm rozpoznania radiolokacyjnego.
5. Algorytm walki z lotnictwem myśliwskim.
6. Algorytm walki z wojskami raketowymi.
7. Algorytm działania WRe OP.
8. Algorytm podsumowania wyników działań.

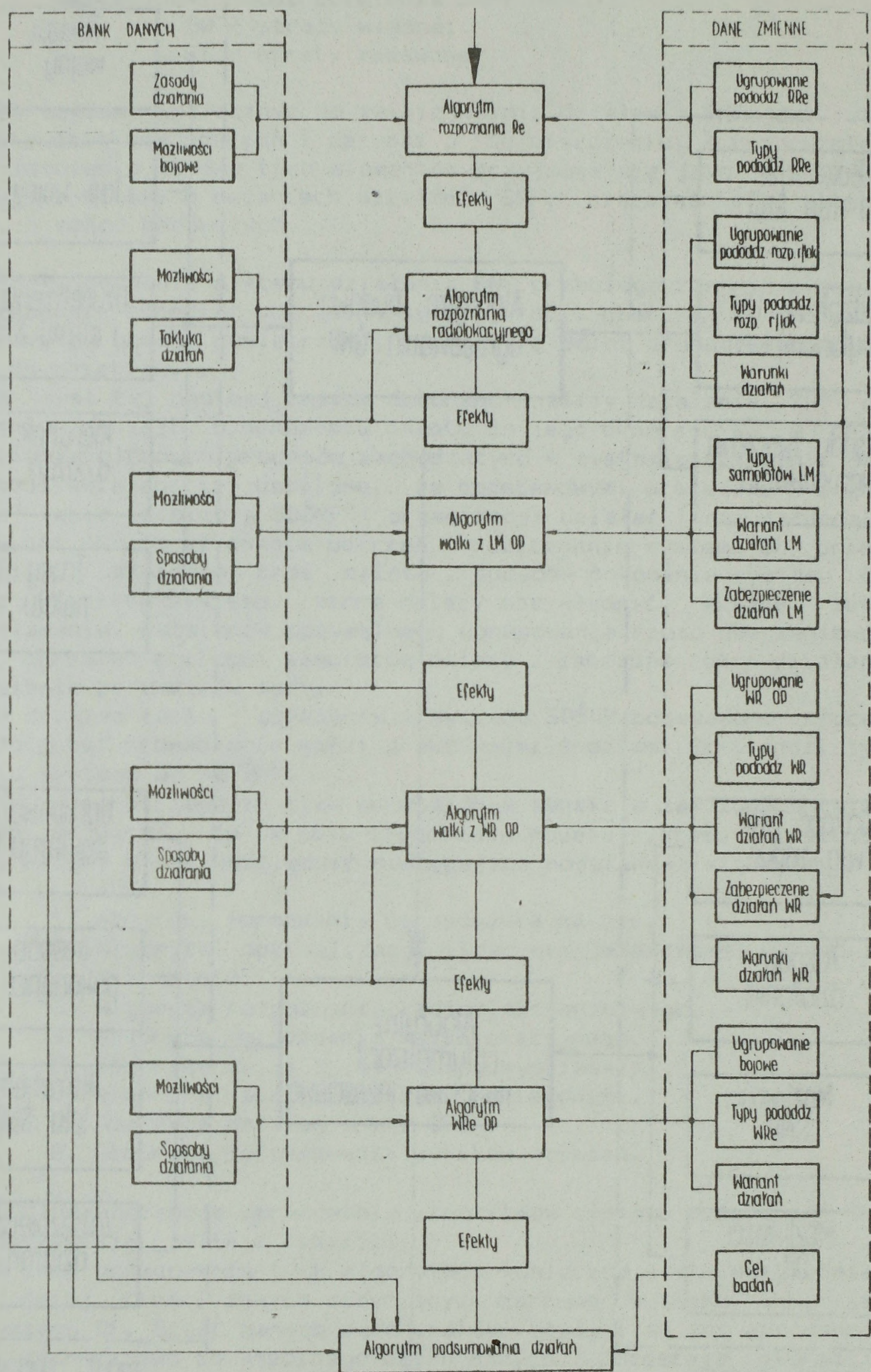
Ogólną koncepcję opracowania algorytmów systemu działania ŚNF przedstawiają rys.14 i rys.15.

W celu opracowania tych algorytmów konieczne jest uwzględnienie dużej ilości danych dotyczących zarówno systemu ŚNF, jak i systemu OP. Część danych ma charakter stały i są one wprowadzane jednorazowo do wspólnego banku danych, pozostałe informacje stanowią dane zmienne. Przed każdym procesem symulacji — istnieje konieczność wprowadzania danych zmiennych w postaci założeń.

W zależności od rodzaju i etapu konfliktu, różne mogą być cele zaczepnej operacji powietrznej, a tym samym różne cele nalotów wykonywanych w ramach tej operacji i różne obiekty uderzeń.



Rys.14. Koncepcja opracowania algorytmów działania systemu SDONP w fazie organizacji działań



Rys.15. Koncepcja opracowania algorytmów działania systemu SDSNF

w fazie działań

Obiekty uderzeń determinują główne siły nalotu - rzut uderzeniowy. Pozostałe siły uczestniczące w nalocie spełniają rolę "zabezpieczenia" działań rzutu uderzeniowego. Z tego względu organizacja działań ŚNF rozpoczyna się od rzutu uderzeniowego, a efektywność nalotu oceniana jest na podstawie wykonania zadań przez ten rzut.

W badaniach systemu działania ŚNF przyjmuje się, że znane są obiekty uderzeń i ich charakterystyka pod względem ważności (priorytetu niszczenia), rodzaju oddziaływania (zniszczenie, obezwładnienie) i koniecznej liczby ŚNF do tego oddziaływania.

Ilość i charakterystyka obiektów uderzeń determinują skład ilościowo-jakościowy ŚNF w rzucie uderzeniowym. Nie jest to jedyne kryterium doboru samolotów uderzeniowych. Ważnym czynnikiem jest współczynnik jakości poszczególnych typów samolotów do wykonania uderzeń.^{14/} Do wykonania zadań wyznaczane są samoloty o najwyższym współczynniku jakości.

Dla zabezpieczenia przelotu rzutu uderzeniowego z jak najmniejszymi stratami konieczne jest obezwładnienie systemu obrony powietrznej. Zadanie wybicia "korytarzy" przelotu przez system OP wykonuje rzut przełamania.

Skład rzutu przełamania zależy od ugrupowania środków obrony powietrznej w pasach przełamania. Do celów badań przyjęto, że ugrupowanie środków OP i ich możliwości są przeciwnikowi znane. W kalkulacjach ustalania składu rzutu przełamania uwzględnia się potrzebne ilości ŚNF do obezwładnienia poszczególnych elementów OP, prawdopodobieństwo wykonania zadania oraz współczynnik jakości ŚNF w realizacji tego zadania.

W przypadku bardzo silnej obrony powietrznej może zaistnieć sytuacja, że do jej przełamania konieczna jest niewspółmierna do rzutu uderzeniowego ilość samolotów przełamujących. Z tego względu przyjęto, że istnieje graniczna wartość opłacalności nalotu (stosunku liczby samolotów w rzucie przełamania do liczby samolotów w rzucie uderzeniowym).

Doświadczenia konfliktów lokalnych i ćwiczeń prowadzonych z udziałem sił powietrznych NATO sugerują, że w składzie rzutu rozpoznania może działać do 10% samolotów uczestniczących w nalocie. Na tej podstawie w modelu przyjmuje się tę wartość jako normatywną.

Działania poszczególnych grup ŚNF są osłaniane przez samoloty myśliwskie. Liczba samolotów osłony ustalana jest globalnie w zależności od ilości samolotów lotnictwa myśliwskiego OP, a następnie przydzielana proporcjonalnie do poszczególnych rzutów nalotu.

Ogólna liczba samolotów potrzebna do wykonania nalotu (N_p) stanowi sumę samolotów w poszczególnych rzutach.

$$N_p = N_p^I + N_p^{II} + N_p^{III}$$

gdzie: N_p^I - kalkulacyjny stan rzutu przełamania z osłoną;
 N_p^{II} - kalkulacyjny stan rzutu uderzeniowego z osłoną;
 N_p^{III} - kalkulacyjny stan rzutu rozpoznania z osłoną.

^{14/} Problem oceny jakościowej ŚNF do realizacji poszczególnych zadań został zbadany przez J. Jagielskiego [18].

Ogólna liczba ŚNF, którymi dysponują siły powietrzne do prowadzenia zaczepnej operacji powietrznej ulega zmianom w zależności od okresu poprzedzającego działania bojowe (możliwości uzupełnienia i wzmocnienia w wyniku mobilizacji i przerzutów), współczynnika sprawności technicznej, ponoszonych strat, rodzaju wojny (utrzymywanie odvodu jądrowego w warunkach wojny konwencjonalnej). Z tej ogólnej liczby ŚNF, do działań na terytorium Polski wydzielana jest określona ich ilość, wynikająca z podziału wysiłku według terytoriów i kierunków operacyjno-powietrznych.

Ogólną możliwą liczbę ŚNF do działań na dane terytorium z określonego kierunku operacyjno-powietrzego można ustalić korzystając z zależności:

$$N_m^{KT} = (N_o + N_N) \cdot k_S \cdot k_{ST} \cdot k_{BJ} \cdot k_K \cdot k_T$$

- gdzie: N_m^{KT} - możliwa liczba ŚNF do działań na terytorium (T) z kierunku (K);
 N_o - ogólna liczba samolotów bez wzmocnienia;
 N_N - liczba samolotów wzmocnienia;
 k_S - współczynnik ponoszonych strat w ŚNF;
 k_{ST} - współczynnik sprawności technicznej ŚNF;
 k_{BJ} - współczynnik odvodu jądrowego (w warunkach wojny jądrowej $k_{BJ} = 1$);
 k_K - współczynnik podziału wysiłku ŚNF wg kierunków;
 k_T - współczynnik podziału wysiłku ŚNF wg terytoriów.

Warunkiem realności nalotu przy ustalonych założeniach jest spełnienie zależności:

$$N_m^{KT} \geq N_p$$

Spełnienie tego warunku oznacza, że dla zakładanej sytuacji po stronie ŚNF i systemu obrony powietrznej możliwe jest wykonanie zadań przez ŚNF. W przypadku braku spełnienia tego warunku (ŚNF nie są w stanie zrealizować zadań zakładanych w danych wejściowych), następuje weryfikacja danych dotyczących obiektów, polegająca na zmianie rodzaju oddziaływania lub rezygnacji z oddziaływania. Weryfikacja dokonywana jest poczynając od obiektu o najwyższym priorytecie oddziaływania.

ŚNF biorące udział w nalocie wykonują lot w typowych ugrupowaniach w zależności od wykonywanych zadań, przy czym przyjmuje się, że najmniejszą jednostką taktyczną w grupie jest para, w rzucie klucz, a największy skład grupy nie przekracza sześciu kluczy. Wyjątek stanowi ugrupowanie drugiego rzutu (uderzeniowego), dla którego dobierany jest optymalny wariant ugrupowania, pozwalający zminimalizować straty podczas pokonywania systemu OP.

W procesie badań przyjęto, że system obrony powietrznej dysponuje aktywnymi środkami obrony oddziałującymi bezpośrednio na ŚNF w postaci lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych i pododdziałów WRe. Pozostałe elementy systemu OP, wojska radiotechniczne i pododdziały rozpoznania radioelektronicznego, nie oddziałują w sposób bezpośredni, lecz mają istotny wpływ na efektywność środków aktywnych.

Lotnictwo myśliwskie zwalcza ŚNF w strefie działania ograniczonej z kierunku nalotu odległością możliwej rubieży wprowadzenia do walki, w głębi ugrupowania - taktycznym promieniem działania. Strefa możliwych działań lotnictwa może być ograniczona w wyniku przyjętego wariantu współdziałania. Działania lotnictwa myśliwskiego prowadzone są trzema sposobami (lub kombinacja sposobów): z dyżurowania na lotnisku, dyżurowania w powietrzu lub patrolowania.

Odległość możliwej rubieży wprowadzenia do walki uzależniona jest przede wszystkim od sposobu działania i odległości wykrycia (nie dotyczy patrolowania), prędkości ŚNF i samolotów myśliwskich oraz - w zależności od sposobu działania - czasem opóźnienia (informacji, podjęcia decyzji, osiągnięcia gotowości bojowej, startu).

Warunkiem działań samolotów myśliwskich z dyżurowania na lotnisku i w powietrzu jest znajdowanie się ŚNF w strefie wykrywania pododdziału radiotechnicznego posiadającego punkt naprowadzania, natomiast w przypadku patrolowania - wykrycie celu.

Efekt oddziaływania lotnictwa myśliwskiego wyrażany jest liczbą zniszczonych ŚNF, przy czym uwzględnia się możliwą ilość oddziaływań ze względu na czas przebywania ŚNF w strefie działania lotnictwa, czas jednego oddziaływania, ilość oddziałujących grup, ilość oddziaływań każdej grupy, prawdopodobieństwo zniszczenia w jednym oddziaływaniu.

W walce ŚNF z lotnictwem myśliwskim uwzględnia się wykorzystanie powietrznego systemu wykrywania i naprowadzania, przeciwdziałanie radioelektroniczne oraz działania pododdziałów WR e systemu OP.

ŚNF rzutu przełamania prowadzą walkę tylko z pododdziałami wojsk raketowych uczestniczących w odpieraniu nalotu (gdy "korytarz" przelotu ugrupowania ŚNF przeciha dalszą granicę strefy ognia). Walka ta ma charakter pojedynku. We wzajemnym oddziaływaniu ŚNF - pododdział raketowy przyjęto, że pierwszy dokonuje ataku ŚNF spoza strefy ognia. Wynik walki zależy od ilości oddziaływań i prawdopodobieństwa zniszczenia pododdziału przez ŚNF oraz prawdopodobieństwa zniszczenia ŚNF. W obliczeniach przyjmuje się ilości możliwych strzelań pododdziału raketowego ze względu na czas przebywania w strefie ognia, posiadane jednostki ognia, sposób strzelania, prawdopodobieństwo zniszczenia celu w jednym strzelaniu w warunkach zakłóceń i bez zakłóceń. Rezultat walki decyduje o dalszych działaniach. Jeżeli w wyniku walki pododdział raketowy nie został wyeliminowany (zniszczony, obezwładniony lub nie posiada rakiet), prowadzi dalsze działania nie będąc niszczone.

Możliwości pododdziałów raketowych mogą być ograniczane ze względu na decyzje dotyczące współdziałania.

Oddziaływanie pododdziałów WR e w zakresie zakłócania pokładowych urządzeń radioelektronicznych uwzględniane jest, w zależności od rodzaju zakłóceń (radiowych lub radiolokacyjnych) i prawdopodobieństwa zakłócenia tych urządzeń, w skuteczności oddziaływania ŚNF na elementy systemu OP.

Pododdziały rozpoznania radioelektronicznego nie wywierają bezpośredniego wpływu na działania ŚNF. System rozpoznania Re wywiera pośredni wpływ na efektywność lotnictwa myśliwskiego tylko w tym wypadku, gdy wykrycie i lokalizacja ŚNF nastąpiły wcześniej niż wykrycie radiolokacyjne. Prawdopodobieństwo rozpoznania i lokalizacji ŚNF uzależnione jest od możliwości poszczególnych pododdziałów (strefy rozpoznania, namierzania). Warunkiem koniecznym jest przy tym znajdowanie się ŚNF w strefie rozpoznania lub namierzania.

Działania systemu radiolokacyjnego wykrywania (WRt) w zasadniczy sposób determinują możliwości lotnictwa i wojsk rakietowych w zakresie radiolokacyjnego zabezpieczenia działań.

Odległość wykrycia ŚNF, czas opóźnienia w przekazywaniu informacji, możliwości naprowadzania i wskazywania celów, warunkują efektywność działań lotnictwa myśliwskiego, co znajduje swoje odzwierciedlenie w określaniu rezultatów jego oddziaływania. Możliwości systemu wykrywania radiolokacyjnego zależą od charakterystyk poszczególnych jego elementów. Pododdział radiotechniczny charakteryzowany jest przez zasięg jego wykrywania w zależności od wysokości lotu ŚNF w warunkach bez zakłóceń i podczas przeciwdziałania Re, prawdopodobieństwo wykrycia, możliwości naprowadzania. W badaniach przyjmuje się, że przy pododdziałach radiotechnicznych typu batalionu znajdują się stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego.

W czasie wykonywania nalotu prowadzone jest oddziaływanie ogniowe na wszystkie elementy systemu OP rozmieszczone w pasie przelotu ŚNF i określane są jego efekty. Pod pojęciem "pas przelotu" należy rozumieć wycinek rejonu obrony ograniczony szerokością (frontem) ugrupowania rzutu uderzeniowego wzdłuż tras nalotu, od rubieży wejścia w strefę oddziaływania systemu OP do rubieży ataku na broniony obiekt.

Efektom uderzeń ŚNF może być zniszczenie, obezwładnienie lub uszkodzenie elementu systemu OP. Z tego względu przyjęto, że znany jest współczynnik charakteryzujący podatność danego obiektu na zniszczenie (wrażliwość obiektu). Wartość tego współczynnika decyduje o tym, czy atakowany obiekt jest wyeliminowany z dalszych działań.

Samoloty uderzeniowe drugiego rzutu wykonują lot po trasach dolotu do zasadniczych obiektów uderzeń będąc pod oddziaływaniem środków systemu OP, jednakże nie angażując się w walkę. Walkę prowadzą tylko samoloty osłony. Dolot samolotów uderzeniowych do obiektu uderzenia oznacza, że obiekt jest atakowany, przy czym prawdopodobieństwo zakładanego oddziaływania (zniszczenia, obezwładnienia) zależy od stosunku liczby ŚNF dolatujących do liczby ŚNF potrzebnych do oddziaływania.

Przedstawione założenia dotyczące badań działania ŚNF upoważniają do sprecyzowania następujących ogólnych wniosków:

1. Działania ŚNF są ściśle i nierozdzielnie związane z działaniem systemu OP, a szczególnie jego aktywnych środków obrony i ich możliwości. Z tego względu badania działań ŚNF nie mogą być prowadzone w oderwaniu od systemu OP.

2. Wzajemne destrukcyjne oddziaływanie obydwu systemów ma określony skutek w postaci eliminowania elementów jednej lub drugiej strony. Ilość wyeliminowanych elementów może być przyjmowana jako wskaźnik efektywności działania.
3. Struktura modelu działania ŚNP umożliwia określenie efektów działania każdego z jego elementów składowych (modułów) i efektywność jego działania niezależnie od przyjętych kryteriów oceny.
4. Odpowiednie wariantowanie danych wejściowych poszczególnych modułów pozwala określić wpływ określonych parametrów dowolnego modułu na funkcjonowanie całego modelu (systemu).

1.7. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA BUDOWY MODELU SYSTEMU DZIAŁANIA ŚNP

W świetle celu prowadzonych badań zakłada się wykorzystanie modelu systemu działania ŚNP w procesie naukowo-badawczym, dydaktycznym i prognostycznym. Przyjęte założenia stawiają określone warunki, które konstruowany model powinien spełniać.

Jako podstawowy warunek przyjmuje się, że model powinien być praktyczny w wykorzystaniu, nie wymagający specjalnego przygotowania użytkownika, odzwierciedlać podstawowe procesy zachodzące w modelowanym systemie w stosunkowo krótkim czasie, a ponadto:

1. Umożliwiać symulację działań bojowych ŚNP w dowolnej sytuacji operacyjno-taktycznej.
2. Mieć charakter uniwersalny.
3. Mieć charakter konwersacyjny.
4. Umożliwiać globalną i cząstkową ocenę działań bojowych ŚNP i OP.
5. Umożliwiać prognozowanie działań ŚNP.
6. Umożliwiać określenie zasadniczych kierunków doskonalenia zarówno ŚNP jak i systemu OP.

Warunek umożliwienia symulacji działań bojowych ŚNP w dowolnej sytuacji wynika z faktu, że nie można jednoznacznie przewidzieć charakteru i warunków, w jakich prowadzone będą działania sił powietrznych. Rozpoczęcie działań wojennych może nastąpić w wyniku stopniowego narastania lub nagłego zaostrzenia się kryzysu w sytuacji międzynarodowej. W zależności od tego różny będzie wyjściowy potencjał bojowy walczących stron.

Zaczepta operacja powietrzna może być prowadzona w ramach wojny jądrowej lub działań z użyciem broni konwencjonalnej, co rzutuje na możliwości i taktykę działań.

W toku prowadzenia działań bojowych ulegają przewartościowaniu możliwości ŚNP i systemu OP w stosunku do sytuacji wyjściowej, różna więc będzie sytuacja operacyjno-taktyczna w zależności od etapu i fazy wojny. Dla spełnienia przyjętych warunków do budowy modelu, wszystkie wymienione czynniki muszą być w nim uwzględnione.

Uniwersalność modelu powinna zapewnić niezależnie od rodzaju ŚNF, jakimi dysponuje przeciwnik, niezależnie od sił i środków systemu OP, możliwość jego wykorzystania we wszystkich zakładanych aspektach, a szczególnie do oceny efektywności systemu obrony powietrznej, na dowolnym szczeblu organizacyjnym i dowolnej strukturze składu. Proces symulacji działania ŚNF powinien być tak zorganizowany, aby w czasie symulowania nalotu, w dowolnym czasie istniała możliwość oceny stanu dowolnego elementu systemu. Zakłada się, że model może służyć jako narzędzie badań i pomoc w procesie dydaktycznym.

Konwersacyjny charakter powinien umożliwić aktywny udział użytkownika w procesie symulacji w dowolnym etapie symulowanych działań ŚNF. Na podstawie wyników uzyskiwanych w czasie procesu symulacyjnego, użytkownik powinien mieć możliwość wariantowania działań elementów modelu.

Wykorzystanie modelu w charakterze narzędzia do oceny efektywności działań bojowych systemu OP powinno zapewnić ocenę efektów działań zarówno całego systemu, jak również jego osobnych elementów (modułów) strukturalnych. Inaczej mówiąc, model powinien umożliwić ocenę efektywności działań poszczególnych rodzajów wojsk i jednostek organizacyjnych w odpieraniu nalotu.

Założenia dotyczące prognozowania wynikają z możliwości symulacji dowolnej ilości wariantów nalotu ŚNF i na podstawie oceny ich efektywności, ustalenia wariantu najbardziej prawdopodobnego. Wykorzystanie modelu w tym charakterze może być szczególnie przydatne podczas planowania działań systemu obrony na szczeblu operacyjno-taktycznym.

Zakładane wykorzystanie modelu do określenia zasadniczych kierunków doskonalenia systemów ŚNF i obrony powietrznej wynika z możliwości modelowania symulacyjnego. Proces symulacyjny można powtarzać wielokrotnie, zmieniając wartość poszczególnych danych wejściowych do modelu. Zestawienie wyników symulacji z odpowiednimi wartościami danego parametru wejściowego umożliwia określenie wpływu zmian tego parametru na wynik końcowy. Na podstawie takiego zestawienia można określić czynniki mające pierwszorzędny wpływ na efektywność działania systemu.

Podstawowe założenie budowy modelu - praktyczność, adekwatność i krótki czas procesu badań - wymaga szerszego omówienia.

Z punktu widzenia praktyczności i prostoty zastosowania, podstawowym wymaganiem jest minimalizowanie ilości danych wejściowych do modelu. Uzyskanie informacji wejściowych w postaci parametrów, charakterystyk, wskaźników, itp. nie powinno sprawiać użytkownikowi dodatkowych trudności. Czas symulacji, nie uwzględniając możliwości EMC, wydłuża się w miarę wzrostu ilości odzwierciedlanych w modelu procesów. Z tego względu koniecznym wydaje się dążenie do jak największych uproszczeń w budowie modelu. Z drugiej strony - adekwatność modelu determinowana jest wiernością odzwierciedlenia w nim cech, zjawisk i procesów zachodzących w systemie rzeczywistym, co stwarza konieczność wprowadzania wielu informacji o badanym systemie.

Z powyższego wynika, że są tu dwie alternatywy: dążyć do uproszczenia modelu i skrócenia procesu symulacji kosztem jego adekwatności lub osiągać duży stopień wiarygodności pomijając problem czasu przygotowania i trwania symulacji.

W prowadzonych badaniach przyjęto rozwiązanie kompromisowe. Kompromis polega na tym, że część danych wejściowych do modelu wprowadzana jest jednorazowo w postaci banku danych. Po założeniu banku danych użytkownik wprowadza tylko ogólne dane dotyczące warunków symulowanych działań (np. dzień wojny, kierunek nalotu, itp.), pozostałe niezbędne informacje wypracowywane są przez odpowiednie moduły. Procedura ta dotyczy przede wszystkim systemu ŚNF. Informacje dotyczące systemu obrony powietrznej sprowadzają się do podstawowych charakterystyk możliwości bojowych pododdziałów i obiektów uderzeń.^{15/}

Zdaniem autorów, każdy użytkownik posiadający podstawową wiedzę z taktyki działania wojsk OFK, może korzystać z opracowanego modelu symulacyjnego.

1.8. PROCEDURA WYKORZYSTANIA MODELU SYSTEMU DZIAŁANIA ŚNF

Zgodnie z przyjętymi założeniami, model może być wykorzystany jako narzędzie badań w aspekcie naukowo-badawczym oraz jako środek dydaktyczny w procesie nauczania.

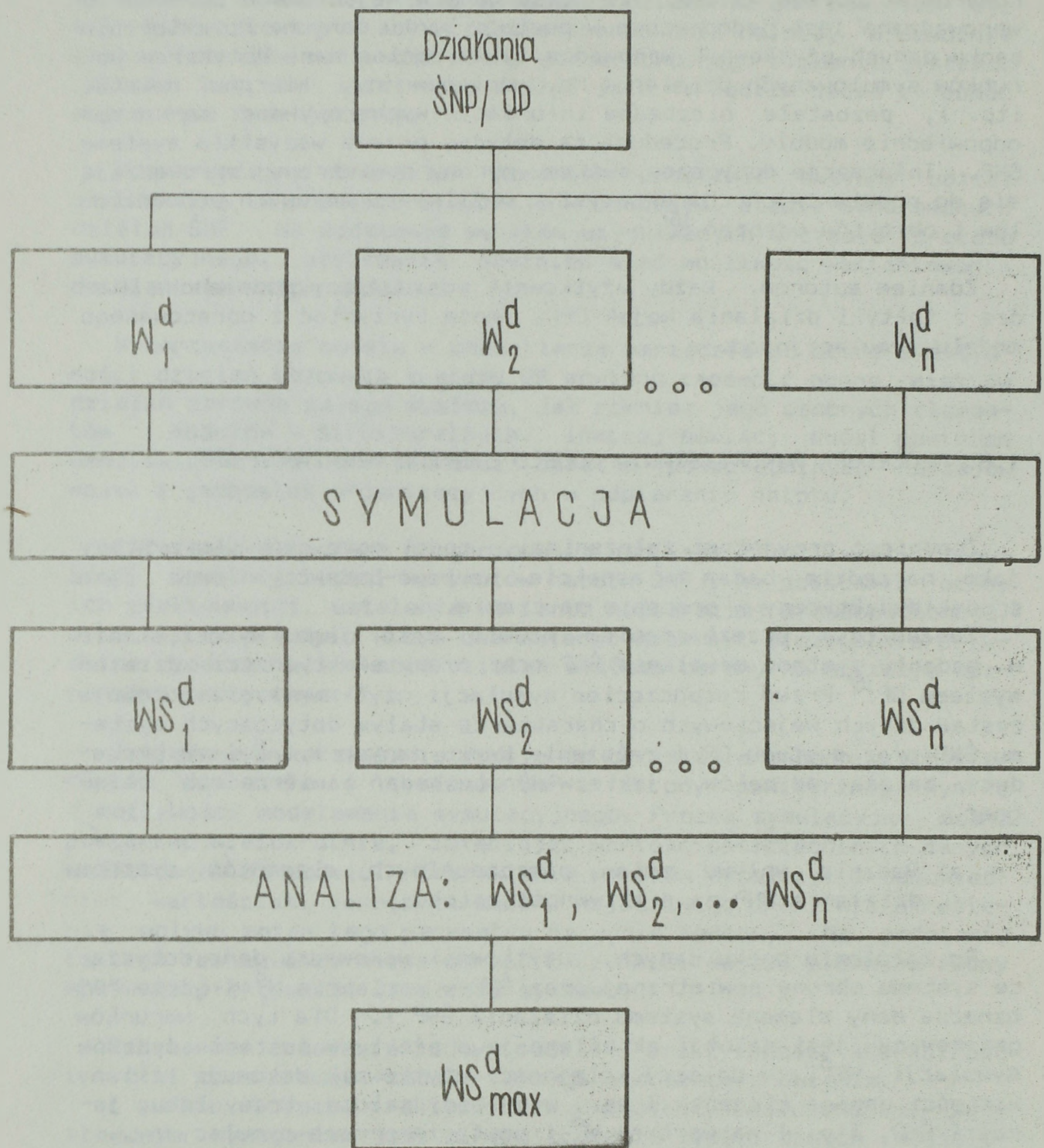
Zasadniczym przeznaczeniem modelu jest jego wykorzystanie w badaniu systemu działania ŚNF oraz oceny efektywności działań systemu OF.^{16/} Przed rozpoczęciem symulacji użytkownik przygotowuje zestaw danych wejściowych o charakterze stałym dotyczących systemu ŚNF oraz systemu OF (założenie banku danych). Dalsze procedury zależą od celów, jakie w wyniku badań zamierza się osiągnąć.

- a) Badanie wpływu zmian poszczególnych elementów systemu działania ŚNF na efektywność nalotu.

Po założeniu banku danych, użytkownik wprowadza dane dotyczące systemu obrony powietrznej oraz ŚNF w wariancie W_1^d (gdzie "d" oznacza dany element systemu działania ŚNF). Dla tych warunków generowany jest nalot i określane jego efekty w postaci wyników symulacji WS_1^d . W dalszej kolejności użytkownik dokonuje zmiany wartości danego elementu (np. wysokości nalotu, trasy lotu, jakości ŚNF, itp.) na wartość W_2^d i powtarza proces symulacyjny.

^{15/}Zgodnie z koncepcją programu badań Katedry Taktyki WOPK ASG WP (program "ZENIT"), w przyszłości opracowane będą modele symulacyjne działań rodzajów wojsk OFK.

^{16/}Na podstawie modelu określa się efekty (rezultaty) działań poszczególnych elementów systemu OF. Ustalenie efektywności działania zależne jest od przyjętego kryterium oceny i stanowi oddzielny problem badań [64].



Rys.16. Schemat wykorzystania modelu do badań kierunków doskonalenia systemu

OP \ ŚNP		EFEKTY DZIAŁANIA											Suma		
		I rzut ŚNP			II rzut ŚNP			III rzut ŚNP							
		grupa 1	grupa 2	...	grupa n	grupa 1	grupa 2	...	grupa n	grupa 1		grupa 2		...	grupa n
RRe	pododdział 1														
	pododdział 2														
	•														
	•														
WRt	pododdział n														
	pododdział 1														
	pododdział 2														
	•														
LM	•														
	lotnisko 1	dyz. na lot.													
		dyz. w pow. patrolow.													
	lotnisko 2	dyz. na lotn.													
WR	•	dyz. w pow. patrolow.													
	lotnisko n	dyz. na lot.													
	•	dyz. w pow. patrolow.													
	•														
WRe	ZT (oddz) 1	dr 1													
	•	•													
	•	•													
	•	dr n													
OP	•														
	•														
	•														
	n														
WRe	Rodzaj zakł. (radiow)	pododdz. 1													
	•	•													
	•	•													
	•	•													
OP	pododdz. n														
	pododdz. 1														
	•														
	•														
OP	•														
	•														
	•														
	pododdz. n														

Rys.17. Tabela zestawienia wyników symulacji działań ŚNP

Symulacja dokonywana może być dowolną ilość razy, dla "n" wartości danego elementu (może być również kombinacja zmian kilku elementów). Zestawienie wyników w postaci efektywności nalotu ŚNF umożliwia ustalenie wartości optymalnej elementu "d". Odpowiednie kombinacje wartości poszczególnych elementów umożliwiają wybór optymalnego sposobu działania ŚNF. Schemat tej procedury jest przedstawiony na rys.16.

b) Ocena efektywności działania systemu OF.

Po założeniu banku danych użytkownik precyzuje warunki symulowanego nalotu określając: rodzaj i dzień wojny, kierunek operacyjno-powietrzny, kolejny numer nalotu, wykorzystanie systemów rozpoznawczo-uderzeniowych i środków przeciwdziałania Re (w formie decyzji: tak, nie), charakterystyki obiektów uderzeń i trasy do lotu, sposób wykorzystania poszczególnych elementów systemu OF. Dla przyjętych warunków generowany jest odpowiedni skład ŚNF oraz procesy wzajemnego oddziaływania obydwu systemów. Efekty oddziaływania w postaci wynikowej przedstawia się w tabeli (rys.17). Na podstawie analizy otrzymanych rezultatów możliwe jest dokonanie oceny efektywności działań całego systemu OF, poszczególnych rodzajów wojsk, związków operacyjno-taktycznych, taktycznych, oddziałów i pododdziałów.

c) Doskonalenie działania systemu OF.

Określenie sposobów poprawy efektów działań systemu OF może przebiegać w trzech zasadniczych kierunkach: doskonalenia ugrupowania bojowego, zwiększania możliwości środków OF, doskonalenia sposobów działań. W tym przypadku model wykorzystywany jest według procedury (rys.16):

1. Wprowadzenie danych wejściowych dotyczących ŚNF - jak poprzednio.
2. Wprowadzenie danych o systemie OF w wariancie W_1^d (w zależności od założonego kierunku badań - "d").
3. Symulacja działań.
4. Zestawienie wyników symulacji WS_1^d .
5. Powtórzenie czynności 2-4 n-razy dla wariantów: $W_1^d, W_2^d, \dots, W_n^d$.
6. Zestawienie wyników symulacji WS_n^d .
7. Ustalenie wariantu W_m^d dającego najlepsze efekty WS_{max}^d .

Wykorzystanie modelu w badaniach prognostycznych i procesie dydaktycznym przebiega według tego samego schematu (rys.16). W zależności od przyjętego celu badań prognostycznych zmienia się określone dane wejściowe i zestawia wyniki symulacji. Porównanie wyników procesów symulacyjnych w zestawieniu z różnymi wartościami parametrów wejściowych pozwala na określenie wpływu poszczególnych czynników i elementów systemu na efekty jego funkcjonowania. Analiza wpływu zmian wartości poszczególnych parametrów pozwoli na sprecyzowanie wniosków dotyczących kierunków doskonalenia systemu.

Powyżej przedstawiono procedury wykorzystania modelu w jego podstawowych wariantach użytkowych. Konstrukcja modelu nie ogranicza w żaden sposób wprowadzania założeń (danych wejściowych) do badań działania ŚNF i oddziaływania systemu OP. Wprowadzenie odpowiednich danych wejściowych umożliwia symulację nalotu z wykorzystaniem środków walki, których parametry jakościowe na obecnym etapie rozwoju techniki bojowej są jedynie w sferze wyobraźni.

WNIOSKI KOŃCOWE ROZDZIAŁU PIERWSZEGO

Działania ŚNF podczas wykonywania nalotu stanowią złożony system dynamiczny funkcjonujący w ścisłym powiązaniu z otoczeniem i istniejącym w tym otoczeniu systemem obrony powietrznej. Działania ŚNF uwarunkowane są wieloma czynnikami, zarówno wewnętrznymi jak i zewnętrznymi, co znacznie powiększa zakres prowadzonych badań.

Zastosowanie analizy systemowej pozwala prowadzić badania działań ŚNF w sposób kompleksowy, jako systemu, wraz z jego otoczeniem i czynnikami wywierającymi wpływ na jego funkcjonowanie. Specyfika systemu działania ŚNF sprawia, że jego badania należy prowadzić w ścisłym powiązaniu z badaniem systemu obrony powietrznej i otoczenia, w którym te systemy funkcjonują.

W aspekcie celu prowadzonych badań, wzajemne oddziaływania ŚNF i systemu obrony powietrznej mają zasadnicze znaczenie. Odzwierciedlenie tych procesów z możliwie największą wiarygodnością decyduje o adekwatności modelu. Z tego względu konstruowany model posiada strukturę modułową, a poszczególne moduły odzwierciedlają wzajemne oddziaływania obydwu systemów i ich rezultaty.

Powszechnie uważa się, że okres badań systemów wojskowych w stanie statycznym już mija. Metody badań systemu ŚNF na podstawie ich statycznych modeli nie w pełni odzwierciedlają procesy i zjawiska zachodzące w dynamice działań, a ponadto są często bardzo czasochłonne. Istnieje obiektywna konieczność szukania takich metod, które umożliwią badania systemu działania ŚNF w dynamice, z uwzględnieniem realiów przyszłych działań bojowych i pozwolą przewidywać rezultaty walki.

Metoda, która w miarę potrzeb i możliwości pozwoli na eksperymentowanie z dynamicznym modelem działań ŚNF jest, zdaniem autorów, symulacja komputerowa.

2. ZASTOSOWANIE SYMULACJI KOMPUTEROWEJ DO BADANIA SYSTEMU

DZIAŁANIA SNP

Słowo "symulacja" zostało w ostatnich latach zapożyczone z języka potocznego dla potrzeb badań naukowych. Z tego powodu termin ten był i jest używany w różnych, często sprzecznych ze sobą, znaczeniach. Zamieszanie to jest nie tyle wynikiem niedbalstwa badaczy i naukowców, ile rezultatem samej istoty słowa "symulacja". Potocznie przez to pojęcie rozumie się przedstawianie, udawanie, naśladowanie, blagowanie, fałszowanie itp. Ta wieloznaczność została przeniesiona do nauki i techniki tak, iż niektórzy autorzy piszą o pewnych rodzajach modeli jako o "symulacji", podczas gdy inni utrzymują, iż model jako taki nie jest symulacją, lecz czymś używanym w symulacji. Jedni mówią o symulacji jako o przedmiocie, inni jako o czynności, jeszcze inni - o zależności.

Jeżeli dane słowo ma być pożytecznym terminem naukowym, to ilość pojęć, które ono określa, musi być mała, a ich znaczenie powinno być wyraźnie zdefiniowane.

Symulacja, w sensie definicji przyjętej do dalszych rozważań, wywodzi się z badań systemowych. Potrzeba symulacji często pojawia się w trakcie badań systemów rzeczywistych, tzn takich, które rzeczywiście istnieją, ale także w procesie badania systemów hipotetycznych. Zasadniczym narzędziem badań systemowych jest modelowanie. W badaniach systemu stosuje się różne rodzaje modeli. Każdy model reprezentuje sobą pewien określony zbiór informacji o systemie, zebranych w celu jego zbadania. Rodzaj tych informacji zdeterminowany jest przez cel badań. Stąd też dowolny system rzeczywisty może mieć wiele różnych modeli odwzorowujących problemy interesujące badacza w procesie prowadzonych przez niego badań.

Matematyczny model symulacyjny jest to opisowy model przyczynowy, w którym zostały wyodrębnione istotne czynniki badanego systemu, opisujące jego zachowanie [12]. W innych źródłach [58] przez pojęcie modelu symulacyjnego rozumie się takie przedstawienie modelu matematycznego, które umożliwia symulację na maszynie cyfrowej. Tak więc z pojęciem modelu symulacyjnego nierozzerwalnie jest związany proces symulacji.

W każdej dowolnej chwili czasu system znajduje się w konkretnym stanie, określonym przez chwilowe stany wszystkich jego elementów. Zmiana stanu chociażby jednego z nich pociąga za sobą zmianę stanu systemu. Analiza stanów systemu, w chronologicznym porządku kolejnych chwil należących do badanego przedziału czasu, prowadzi do utworzenia historii jego stanów. W praktyce opisy i historie stanów systemu prawie nigdy nie są wyczerpujące. Ujmują one te ze zbioru stanów dopuszczalnych, które interesują badacza w związku z celem prowadzonych badań. Model symulacyjny systemu powinien więc umożliwić wygenerowanie interesującą badacza

historię stanów tego systemu. Oznacza to, iż model nie przedstawia bezpośrednio działania lub zachowania się systemu. Dopiero historia stanów modelu daje tę możliwość. Tak więc pojęcie model ma reprezentować system oznacza, że dany stan modelu przedstawia dany stan systemu, a historię stanów tego modelu można interpretować jako historię stanów systemu.

Proces generacji historii stanów jest więc procesem symulacji, a model zastosowany w nim jest modelem symulacyjnym. Model systemu może być skonstruowany jako program dla elektronicznej maszyny cyfrowej. Symulację, w której zastosowano taki właśnie model, nazywa się symulacją komputerową. Wykorzystanie w procesie symulacji elektronicznej techniki obliczeniowej pozwala na szybkie i kilkakrotne zastosowanie modelu do generacji jego stanów, co umożliwia z kolei wnikliwe przebadanie analizowanego systemu.

Reasumując, mając system oraz jego model można powiedzieć, że symulacja jest to zastosowanie modelu w celu chronologicznego wygenerowania historii stanów tegoż modelu, która jest uważana za historię stanów modelowanego systemu.

Modelowanie symulacyjne opiera się głównie na teorii systemów, analizie systemowej, teorii prawdopodobieństwa i statystyce matematycznej. Jednocześnie modelowanie symulacyjne pozostaje w wielu przypadkach w sferze procesów intuicyjnych. Dlatego też można przyjąć, że jest ono swego rodzaju sztuką, bowiem takie czynności, jak wybór elementów do budowy modelu, przyjęcie dopuszczalnych uproszczeń i ograniczeń modelu oraz ocena skutków podjętych decyzji opierają się zarówno na wiedzy, jak i intuicji projektanta oraz doświadczeniach ekspertów (specjalistów).

Modelowanie symulacyjne może znaleźć pełne zastosowanie w badaniu systemu działania ŚNP, pozwala ono bowiem budować modele nalotu i przeprowadzać na nich wielokrotne eksperymenty symulacyjne z uwzględnieniem możliwości istniejących i nowych ŚNP oraz warunków środowiskowych. Zastosowanie modelowania symulacyjnego w badaniu systemu działania ŚNP powinno pozwolić na:

- odzwierciedlanie procesów i zjawisk występujących podczas wzajemnego oddziaływania ŚNP przeciwnika i systemu OP;
- badanie skutków podjętych decyzji w działaniach bojowych ŚNP i systemu OP w aspekcie organizacyjnym, technicznym i ekonomicznym;
- odtwarzanie funkcjonowania elementów systemu działania ŚNP i ich wzajemne powiązanie;
- objaśnianie procesów zachodzących podczas nalotu ŚNP;
- przewidywanie przyszłych stanów systemu działania ŚNP, które mogą wynikać ze zmiany elementów systemu lub ich sposobów działania.

Modelowanie symulacyjne znajduje coraz większe odzwierciedlenie w, znanych autorom pracy, publikacjach. W rozprawie habilitacyjnej R. Kulczyckiego na temat: "Zastosowanie symulacji komputerowej do doskonalenia ugrupowania i kierowania ogniem związku taktycznego (oddziału) wojsk raketowych OPK" autor przedstawia sposób porównania decyzji wypracowanych przez sztab związku taktycznego WR z wzorcowymi decyzjami komputera. Opracowana przez autora metoda symulacji komputerowej, pod względem wykorzystania aparatu matematycznego i techniki obliczenio-

wej, może stanowić wzór do rozwiązania podobnych problemów na szczeblu operacyjno-taktycznym. Jednak nie ujęto w niej (w sposób zamierzony) oddziaływania ŚNP w stosunku do całego systemu OP, a tylko do jednego rodzaju wojsk OPK.

W 1984 r została napisana i obroniona rozprawa doktorska J.Jagielskiego na temat: "Prognozowanie uderzeń środków napadu powietrznego na obiekty korpusu OPK metodą symulacji grafodynamicznej". W pracy tej bardzo cennym, z punktu widzenia badania systemu działania ŚNP, jest wyznaczenie współczynnika jakości ŚNP z uwzględnieniem charakterystyk lotno-taktycznych samolotu, przenoszonego uzbrojenia, wyposażenia radioelektronicznego i umiejętności pilota. Proponowana w pracy metoda badań nie pozwala jednak, w sposób dynamiczny, odtwarzać procesy walki w czasie pokonywania systemu OP przez ŚNP.

Dużym osiągnięciem w dziedzinie zastosowania modelowania symulacyjnego jest praca E.Kołodzińskiego i T.Pietkiewicza na temat: "Badanie skuteczności działania systemu OP metodą symulacji cyfrowej". Podając istotę symulacji autorzy wyjaśniają, że "symulacyjna metoda badania skuteczności działania systemu stanowi skojarzenie metody analitycznej z metodą eksperymentów przeprowadzonych podczas ćwiczeń poligonowych (wojen lokalnych) w warunkach zbliżonych do przyszłych działań wojennych". W pracy założono jednak, że mimo symulacji nalotu i oddziaływania ŚNP przeciwnika na obiekty osłaniane i elementy systemu OP, autorów nie interesują wyniki oddziaływania.

Poważnym krokiem naprzód w dziedzinie zastosowania symulacji systemów jest rozprawa habilitacyjna S. Antczaka i E. Zabłockiego na temat: "Ocena efektywności działań bojowych Wojsk Obrony Powietrznej Kraju", gdzie symulację systemową zastosowano jako "metodę umożliwiającą umowne wielokrotne odzwierciedlenie procesu działań bojowych wojsk OPK". Praca ta stanowi bazę merytoryczną i metodyczną w procesie modelowania systemu działania ŚNP.

Modelowaniu symulacyjnemu poświęcone też było zorganizowane w WOSR w 1986 r, przy współudziale autorów, seminarium naukowe [30]. Na seminarium, w którym uczestniczyli przedstawiciele Katedry Taktyki OPK ASG i jednostek wojskowych OPK, podkreślono, że modelowanie symulacyjne stanowi wiążące ogniwo teorii z praktyką.

Mimo niewątpliwego dorobku naukowego w tej dziedzinie, brak jest jeszcze uniwersalnego modelu nalotu ŚNP dostosowanego do potrzeb badania efektywności systemu OP. W dalszym ciągu dowództwa i sztaby wojsk OPK nie dysponują takim narzędziem, które umożliwiłoby odwzorowywanie (założonego przez nie) nalotu ŚNP w procesie wypracowania i podejmowania decyzji. Z tego względu prowadzenie prac związanych z dalszym wykorzystaniem metod matematycznych, w tym szczególnie symulacji komputerowej, może przynieść oczekiwane rezultaty.

Na podstawie sformułowanych w rozdziale pierwszym założeń do budowy modelu systemu działania ŚNP, konieczne jest opracowanie modelu matematycznego nalotu ŚNP. Dlatego też, w dalszej części pracy, przedstawione zostaną w sposób sformalizowany oraz w postaci podstawowych zależności matematyczno-logicznych, poszczególne elementy modelu. Na tej podstawie skonstruowany zostanie algorytm formowania i optymalizowania ugrupowania ŚNP. Ponieważ matematyczny model nalotu ŚNP nie przedstawia bezpośrednio dynamiki

działań bojowych wojsk OPK i ŚNP przeciwnika, zbudowany zostanie algorytm symulacji nalotu ŚNP. W algorytmie wyeksponowane będą wyniki wzajemnego oddziaływania ŚNP i systemu OP.

2.1. MODEL MATEMATYCZNY NALOTU ŚNP

2.1.1. Opis lotniska. Analiza potencjalnych możliwości przeciwnika

Niech KR oznacza zadany kierunek operacyjno-powietrzny nalotu ŚNP. Do każdego kierunku KR przyporządkowane są lotniska, miejsca bazowania ŚNP.

Niech J_j^{KR} oznacza j-ty numer lotniska, skąd mogą startować ŚNP na kierunku KR, przy czym $j=1, \overline{L}$, gdzie L oznacza ilość lotnisk na kierunku KR.

Niech $s=1, \overline{S}$ oznacza typy ŚNP stacjonujące na lotniskach, przy czym S oznacza liczbę typów ŚNP. Na chwilę $M+0$ (rozdz. 1.5) dana jest macierz:

$$K = \left[\begin{array}{c} k_s^{J_j^{KR}} \end{array} \right]_{S \times L^{KR}},$$

gdzie element macierzy $k_s^{J_j^{KR}}$ oznacza ilość ŚNP s-tego typu na J_j^{KR} -tym lotnisku.

Niech dla każdego J_j^{KR} , $j=1, \overline{J}$ dane będą dwie liczby $x_j^{J_j^{KR}}$, $y_j^{J_j^{KR}}$ oznaczające współrzędne geograficzne j-tego lotniska na kierunku KR.

Lotnisko będzie uważane za zdefiniowane (zał. 13), jeżeli będzie podana następująca uporządkowana trójka:

$$\langle J_j^{KR}, x_j^{J_j^{KR}}, y_j^{J_j^{KR}} \rangle, \quad j=1, \overline{J}$$

Sumując odpowiednie elementy macierzy K, można otrzymać:

$$1. \bigwedge_{KR} \bigwedge_{s=1, \overline{S}} \sum_{j=1}^L k_s^{J_j^{KR}} = K_s, \quad \text{gdzie } K_s \text{ oznacza ilość ŚNP s-tego}$$

typu bazujących na lotniskach na kierunku KR.

$$2. \bigwedge_{J_j^{KR}} \sum_{s=1} k_s^{J_j^{KR}} = K_j^{J_j^{KR}}, \quad \text{gdzie } K_j^{J_j^{KR}} \text{ oznacza ilość ŚNP na}$$

J_j^{KR} -tym lotnisku.

$$3. \bigwedge_{KR} \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^L k_s^{J_j^{KR}} = K^{KR}, \quad \text{gdzie } K^{KR} \text{ oznacza ogólną ilość}$$

ŚNP na kierunku KR.

Niech B oznacza macierz:

$$B = \left[b_s^{J_j^{KR}} \right]_{S \times L \times KR}$$

gdzie element macierzy $b_s^{J_j^{KR}}$ oznacza ilość ŚNP s-tego typu na J_j^{KR} -tym lotnisku, nosieli broni jądrowej. Sumując elementy macierzy B otrzyma się:

$$SB = \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^L b_s^{J_j^{KR}}$$

Jeżeli $SB=0$, oznacza to że organizowany jest wariant nalotu z użyciem broni jądrowej. Jeżeli $SB \neq 0$ - wariant nalotu z bronią konwencjonalną.

Niech dany będzie wektor $C = (c_1, c_2, \dots, c_m, \dots, c_M)$, gdzie element wektora c_m oznacza ogólny procent strat ŚNP na kolejny nalot, $m=1, M$ oznacza m-ty nalot.

Niech dla każdego lotniska określony jest wektor V:

$$V = (v_1^{J_1^{KR}}, v_2^{J_2^{KR}}, \dots, v_j^{J_j^{KR}}, \dots, v_l^{J_l^{KR}}), \text{ gdzie } v_j^{J_j^{KR}} \text{ oznacza}$$

współczynnik sprawności ŚNP na J_j^{KR} -tym lotnisku.

Dla wymienionych wyżej danych można wyznaczyć macierz FM według zależności (2.1):

$$pm_s^{J_j^{KR}} = (k_s^{J_j^{KR}} - b_s^{J_j^{KR}} + T * nk) * v_j^{J_j^{KR}} * (1 - c_m), \quad (2.1)$$

gdzie:

$T=0,1,2,\dots$ - kolejne chwile narastania konfliktu,

nk - ilość ŚNP o jaką zwiększa się stan ŚNP na lotniskach na kolejne chwile narastania konfliktu,

$pm_s^{J_j^{KR}}$ - stan ŚNP s-tego typu na J_j^{KR} -tym lotnisku na m-ty nalot z uwzględnieniem sprawności ŚNP na J_j^{KR} -tym lotnisku oraz czasu narastania konfliktu T.

Dla każdego kierunku KR znana jest (rozdz. 1.5) liczba D^{KR} , oznaczająca szacunkowy procent użycia ŚNP na wybrany obszar nalotu z ogólnej ilości ŚNP - K^{KR} przypadających na kierunek KR. Mając dane D^{KR} można obliczyć:

$$IL_{sfD} = IL_{sf} * D^{KR}, \quad 17/$$

17/ Symbolem * oznaczono mnożenie

gdzie:

$$IL_{SF} = \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^L p_{s,j}^{JKR}$$

- możliwa do wydzielenia ilość ŚNF ze wszystkich lotnisk na kierunku KR,

$$IL_{SFD}$$

- część ŚNF z IL_{SF} możliwa do wydzielenia na wybrany obszar nalotu.

2.1.2. Opis ugrupowania ŚNF

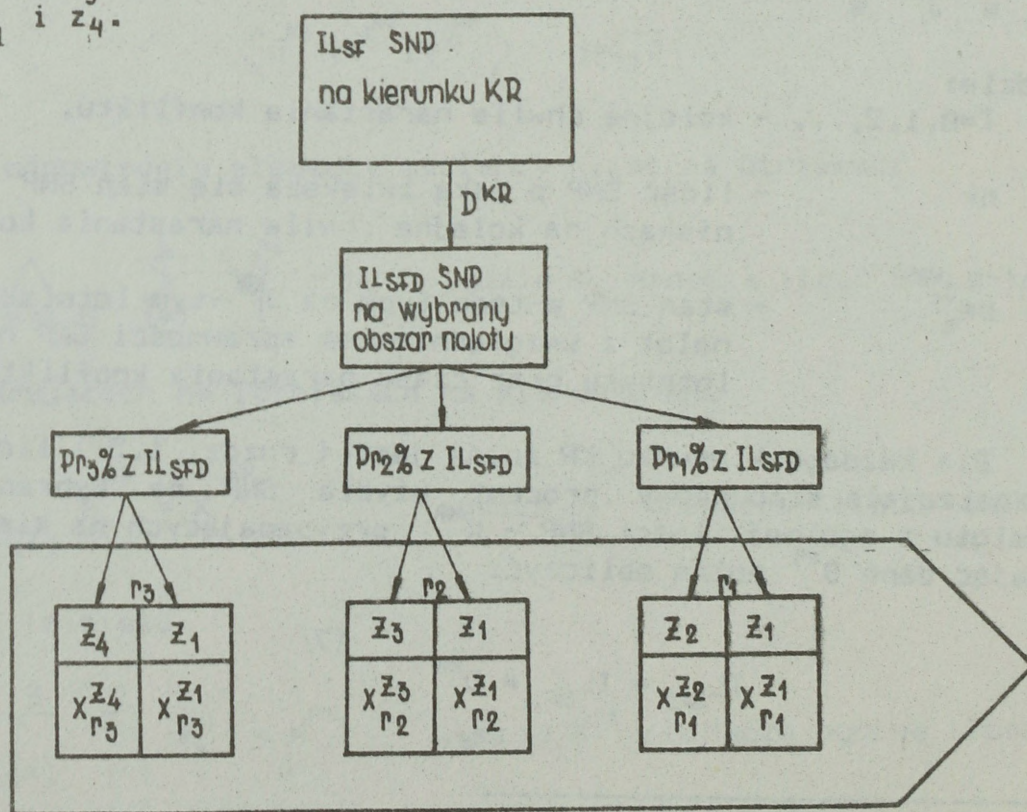
ŚNF na KR-tych kierunku tworzą, zależne od celów nalotu i ograniczeń operacyjno-technicznych, ugrupowanie, które jest dzielone na rzuty $r_1, r_2, \dots, r_1, \dots, r_R$. Każdy rzut, w zależności od tego, jak silny jest system OP, może posiadać odpowiednio $p_{r_1}, p_{r_2}, \dots, p_{r_R}$ procent ŚNF z ogólnej ilości - IL_{SFD} przypadającej na obszar nalotu. Metoda wyznaczania wielkości $p_{r_1}, p_{r_2}, \dots, p_{r_R}$ zostanie pokazana w dalszej części pracy. Każdy rzut ma do wykonania odpowiednie zadania. Niech $z_1, z_2, \dots, z_1, \dots, z_N$ oznacza zadania, jakie mogą wykonywać ŚNF.

W pracy przyjęto, że:

- z_1 - oznacza osłonę samolotów uderzeniowych (walka z LM);
- z_2 - uderzenia na obiekty systemu OP;
- z_3 - uderzenia na inne obiekty naziemne;
- z_4 - rozpoznanie

oraz, że:

- rzut r_1 , zwany w dalszej części pracy rzutem przełamującym system OP (lub krócej rzutem przełamującym), wykonuje zadanie z_1 i z_2 ;
- rzut r_2 , zwany w dalszej części pracy rzutem uderzeniowym, wykonuje zadanie z_1 i z_3 ;
- rzut r_3 , zwany dalej rzutem rozpoznawczym, wykonuje zadanie z_1 i z_4 .



Rys. 18. Schematyczny podział ugrupowania ŚNF na rzuty

Podział ugrupowania ŚNF na rzuty wraz z zadaniami do wykonania pokazuje rys. 18. Niech x_{rj}^{zi} oznacza ilość ŚNF do zadania z ($j=1,4$) w rzucie r ($i=1,3$). Znajdowanie wielkości x_{rj}^{zi} wraz z optymalizacją jakościową ŚNF zostanie omówione w dalszych rozdziałach pracy.

2.1.3. Trasa nalotu

Niech T oznacza trasę, po jakiej odbywają lot ŚNF. W pracy założono, że trasa T tworzy, znany z teorii grafów, dendryt. Można to zapisać w następujący sposób:

$$G_T = \langle W_T, U_T \rangle,$$

gdzie:

G_T - graf (dendryt) trasy T ,

W_T - wierzchołki grafu,

U_T - gałęzie grafu,

przy czym: $U_T \subset W_T \times W_T$.

Zgodnie z definicją dendrytu, dokładnie jeden jego wierzchołek nie ma poprzedników, natomiast każdy pozostały ma dokładnie jeden poprzednik. Każdy wierzchołek dendrytu w w W ma dane swoje współrzędne geograficzne (x_l, y_l) , $l=1, L$, przy czym $|L| = |W_T|$.

Początkiem trasy nalotu jest wierzchołek, zwany korzeniem dendrytu, którego współrzędne geograficzne określają lotnisko, skąd startuje do nalotu największa ilość ŚNF do zadania przełamania systemu OP.

Trasa nalotu ma tyle wierzchołków końcowych, ile jest obiektów uderzeń. W pozostałych wierzchołkach dendrytu:

- trasa może się rozdzielać na podtrasy,
- może nastąpić zmiana kierunku lotu.

Jeżeli do momentu spotkania z systemem OP nie nastąpi rozdział trasy nalotu na podtrasy, w pracy założono, że nalot jest realizowany na jednym kierunku. Jeżeli rozdział nastąpi przed systemem OP - nalot jest realizowany na kilku kierunkach, przy czym ilość kierunków nalotu jest równa ilości podtras wchodzących w system OP.

Trasa nalotu jest opisana za pomocą binarnej macierzy sąsiedztwa wierzchołków:

$$A_T(G_T) = [a_{ij}]_{n \times n},$$

gdzie:

$n = |W_T|$ - liczność wierzchołków trasy nalotu,

$$a = \begin{cases} 1 & \text{- gdy } x_i \in W_T \text{ i } y_i \in W_T \text{ są sąsiednie,} \\ 0 & \text{- gdy nie są sąsiednie.} \end{cases}$$

Własności macierzy sąsiedztwa wierzchołków

1. Suma jedynek w wierszu jest zawsze równa jeden z wyjątkiem korzenia dendrytu (początek trasy nalotu), dla którego suma równa się zero.
2. Jeżeli suma jedynek w kolumnie:
 - a) równa się zero - wierzchołek znajdujący się w tej kolumnie jest końcem dendrytu (obiekt ataku),
 - b) równa się jeden - w wierzchołku przyporządkowanym tej kolumnie następuje zmiana kursu nalotu, za wyjątkiem wierzchołka początkowego,
 - c) jest większa od jeden - w wierzchołku przyporządkowanym tej kolumnie następuje rozgałęzienie się dendrytu (rozchodzenie się trasy nalotu na podtrasy); suma pokazuje, ile gałęzi (podtras) wychodzi z danego wierzchołka.

Numerując wierzchołki w dendrycie należy przestrzegać następujących zasad:

- a) pierwszy numer należy nadać zawsze korzeniowi dendrytu, następne wierzchołki należy numerować w dół dendrytu w kolejności ich występowania;
- b) w przypadku wystąpienia wierzchołków na tej samej wysokości, należy numerować je od lewej do prawej strony dendrytu.

W załączniku 2 przedstawiono macierz współrzędnych geograficznych wierzchołków trasy nalotu. Macierz sąsiedztwa należy wypełniać w ten sposób, aby w kolumnach były poprzedniki, a w wierszach następniki wierzchołków. W załączniku 3 pokazano macierz sąsiedztwa wierzchołków trasy nalotu.

2.1.4. Wybór prędkości i wysokości lotu ŚNP

Dla każdego rzutu, metodą losowania z rozkładem równomiernym prawdopodobieństwa, wyznaczana jest jedna z dopuszczalnych wysokości w ramach zakresów odpowiadających rzutowi.

Niech H_{pi} oznacza najmniejszą dopuszczalną wysokość lotu dla i -tego rzutu, a H_{ki} - największą dopuszczalną wysokość dla i -tego rzutu. Niech S_0 oznacza liczbę z przedziału $\langle 0,1 \rangle$ wylosowaną z równomiernym rozkładem prawdopodobieństwa. Wysokość lotu H_i dla i -tego rzutu wyznaczana jest według zależności:

$$H_i = H_{pi} + (H_{ki} - H_{pi}) * S_0, \quad i = \overline{1, I},$$

gdzie:

I - ilość tworzonych rzutów.

W analogiczny sposób wyznaczana jest prędkość lotu V_i i-tego rzutu:

$$V_i = V_{pl} + (V_{ki} - V_{pl}) * S, \quad i=1, I,$$

gdzie:

- V_{pl} - najmniejsza dopuszczalna prędkość dla i-tego rzutu,
- V_{ki} - największa dopuszczalna prędkość dla i-tego rzutu,
- S - liczba z przedziału $\langle 0, 1 \rangle$.

2.1.5. Obiekty uderzeń

Niech $O^T = (O_1^T, O_2^T, \dots, O_r^T, \dots, O_R^T)$ oznacza zbiór obiektów niszczonech przez ŚNP drugiego rzutu w czasie wykonywania uderzenia na trasie T.

Dowolny $O_r^T, r=1, \overline{R}$ jest opisany (zał. 4):

$$O_r^T = \langle a_r^T, b_r^T, n_r^T, p_r^T, kl_i^{O_r^T} \rangle, \quad r=1, \overline{R}, \quad i=1, \overline{I},$$

gdzie:

- a_r^T, b_r^T - współrzędne geograficzne r-tego obiektu,
- n_r^T - wektor niszczenia r-tego obiektu,
- p_r^T - priorytet niszczenia r-tego obiektu,
- $kl_i^{O_r^T}$ - i-ta klasa r-tego obiektu.

Niech dla każdego obiektu $O_r^T, r=1, \overline{R}$ istnieje liczba p_r^T oznaczająca priorytet niszczenia obiektu r na trasie T. Liczba ta pokazuje, który obiekt jest ważniejszy z punktu widzenia realizacji nalotu. Im niższy priorytet, tym obiekt ważniejszy. Maksymalnie może być tyle priorytetów, ile jest obiektów uderzeń:

$$\bar{p} = \sum_{r=1}^R O_r^T, \quad \text{gdy } p_1^T \neq p_2^T \neq \dots \neq p_R^T.$$

Minimalna ilość priorytetów równa się jeden, gdy wszystkie obiekty mają ten sam priorytet:

$$\bar{p} = 1, \quad \text{gdy } p_1^T = p_2^T = \dots = p_R^T.$$

W przypadku występowania obiektów o tych samych priorytetach niszczenia, kolejność niszczenia jest ustalana metodą losowania z równomiernym rozkładem prawdopodobieństwa.

Niech dla każdego obiektu $O_r^T, r=1, \overline{R}$ istnieje liczba n_r^T przyjmująca wartości:

$$n_r^T = \begin{cases} 1 & - \text{gdy } r\text{-ty obiekt ma być zniszczony,} \\ 0 & - \text{gdy } r\text{-ty obiekt ma być obezwładniony.} \end{cases}$$

Założmy, że istnieje zbiór klas obiektów (zał. 5):

$$KL = (kl_1, kl_2, \dots, kl_i, \dots, kl_j)$$

oraz dla każdej klasy kl_i , $i=\overline{1, I}$ dane są dwa przedziały liczb $\langle ilz_{kl_i}^d, ilz_{kl_i}^g \rangle$ i $\langle ilo_{kl_i}^d, ilo_{kl_i}^g \rangle$ oznaczające odpowiednio:

- $ilz_{kl_i}^d$ - najmniejszą dopuszczalną ilość ŚNP mogącą zniszczyć obiekt klasy kl_i ,
- $ilz_{kl_i}^g$ - największą dopuszczalną ilość ŚNP mogącą zniszczyć obiekt klasy kl_i ,
- $ilo_{kl_i}^d$ - najmniejszą dopuszczalną ilość ŚNP mogącą obezwładnić obiekt klasy kl_i ,
- $ilo_{kl_i}^g$ - największą dopuszczalną ilość ŚNP mogącą obezwładnić obiekt klasy kl_i ,
- I - ilość klas obiektów.

Niech S_1 oznacza, wylosowaną z rozkładem równomiernym prawdopodobieństwa, liczbę z przedziału $\langle 0, 1 \rangle$. Ilość ŚNP $ilzf_{O_r^T}$ (odpowiednio $ilof_{O_r^T}$) niszczących (odpowiednio obezwładniających) obiekt O_r^T klasy kl_i wynosi:

$$ilzf_{O_r^T} = ilz_{kl_i}^d + (ilz_{kl_i}^g - ilz_{kl_i}^d) * S_1$$

oraz

$$ilof_{O_r^T} = ilo_{kl_i}^d + (ilo_{kl_i}^g - ilo_{kl_i}^d) * S_1.$$

Można również obliczyć ogólną ilość il_{O^T} ŚNP drugiego rzutu niszczących obiekty na trasie T według wzoru:

$$il_{O^T} = \sum_{r=1}^R (ilzf_{O_r^T} + ilof_{O_r^T}).$$

Ponieważ w pracy założono, że podstawową jednostką ugrupowania ŚNP, dla której prowadzone będą dalsze rozważania, jest klucz, wyznaczanie ilości kluczy $n_{O_r^T}$ przypadających na obiekt O_r^T odbywa się następującą metodą:

$$n_{O_r^T} = E \left[ilzf_{O_r^T} / 4 + 0.5 \right]^{18/} - \text{w przypadku niszczenia obiektu } O_r^T,$$

$$n_{O_r^T} = E \left[ilof_{O_r^T} / 4 + 0.5 \right] - \text{w przypadku obezwładniania obiektu } O_r^T,$$

18/ Symbolem / oznaczono dzielenie.

gdzie:

E - entier (część całkowita liczby).

Dla uproszczenia rozważań wynik dzielenia jest zawsze zaokrąglany w górę.

2.1.6. Ugrupowanie rzutu uderzeniowego

ŚNP mogą przyjmować pewne, uzasadnione operacyjnie i technicznie, ugrupowanie w czasie dolotu do obiektów uderzeń. Niech UG oznacza zbiór możliwych ugrupowań ŚNP:

$$UG = (ug_1, ug_2, \dots, ug_u, \dots, ug_U),$$

gdzie:

ug_u - u -te ugrupowanie,

U - ilość możliwych ugrupowań ŚNP.

W dalszych rozważaniach przyjęto, że podstawowym ugrupowaniem będzie klucz ŚNP lecących w klinie o szerokości s_{kl} i głębokości g_{kl} . Ugrupowanie takie będzie nazywane kluczem podstawowym.

Można założyć, że dana jest macierz:

$$M = [m_{n,ug}]_{N \times UG},$$

zwana macierzą możliwych ugrupowań kluczy, gdzie element macierzy przyjmuje wartości:

$$m_{n,ug} = \begin{cases} 1 & \text{- gdy } n \text{ kluczy } \text{ŚNP} \text{ może przyjmować ugrupowanie } ug, \\ 0 & \text{- w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

Po przeanalizowaniu literatury [33, 38, 42, 50, 59] w pracy przyjęto:

- w przypadku, gdy ilość kluczy $n \leq 6$, tworzony jest pododdział kluczy; macierz możliwych ugrupowań przedstawiono w tab. 2.1
- w przypadku, gdy ilość kluczy $n > 6$, tworzone są pododdziały kluczy.

Tabela 2.1

		MACIERZ MOŻLIWYCH UGRUPOWAŃ KLUCZY					
Kod	Nazwa ugrupowania	Ilość kluczy					
		1	2	3	4	5	6
u_1	klucz podstawowy	1	0	0	0	0	0
u_2	kolumna kluczy	0	1	1	1	1	1
u_3	front kluczy	0	1	1	1	0	0
u_4	schody kluczy	0	1	1	1	1	1
u_5	klin kluczy	0	0	1	1	1	1

W pracy założono, że dowolne ugrupowanie kluczy jest aproksymowane prostokątem, którego jeden bok odpowiada szerokości (frontowi), a drugi - głębokości ugrupowania. Na tak aproksymowane ugrupowanie rzutu uderzeniowego może oddziaływać system OP. Macierzy możliwych ugrupowań kluczy SNF odpowiada tabela wymiarów (tab. 2.2), aproksymujących ugrupowanie, prostokątów.

Tabela 2.2

TABELA WYMIARÓW PROSTOKATÓW APROKSYMUJĄCYCH

Kod	Nazwa ugrupowania	Wymiary prostokąta aproksymującego ugrupowanie n kluczy
u_1	klucz podstawowy	$a_n^1 = s_{kl}$ $b_n^1 = g_{kl}$
u_2	kolumna kluczy	$a_n^2 = s_{kl}$ $b_n^2 = (n - 1) * d_g + n * g_{kl}$
u_3	front kluczy	$a_n^3 = (n - 1) * d_s + n * s_{kl}$ $b_n^3 = g_{kl}$
u_4	schody kluczy	$a_n^4 = (n - 1) * d_s + n * s_{kl}$ $b_n^4 = (n - 1) * d_g + n * g_{kl}$
u_5	klin kluczy	$a_n^5 = (n - 1) * d_s + n * s_{kl}$ $b_n^5 = (n - 2) * d_g + (n - 1) * g_{kl}$

Oznaczenia:

- a_n^u - szerokość prostokąta aproksymującego n kluczy w u-tym ugrupowaniu (szerokość frontu ugrupowania),
- b_n^u - długość prostokąta aproksymującego n kluczy w u-tym ugrupowaniu (głębokość ugrupowania),
- s_{kl} - szerokość klucza podstawowego,
- g_{kl} - głębokość klucza podstawowego,
- d_g - odległość między kluczami,
- d_s - odstęp między kluczami.

Wielkości d_g i d_s wyliczane będą w następujący sposób:

$$d_g = d_g^d + (d_g^g - d_g^d) * S_1,$$

$$d_s = d_s^d + (d_s^g - d_s^d) * S_2,$$

gdzie:

- d_g^d, d_g^g - najmniejsza (największa) dopuszczalna odległość między kluczami,
 d_s^d, d_s^g - najmniejszy (największy) dopuszczalny odstęp między kluczami,
 s_1, s_2 - liczby z przedziału $\langle 0,1 \rangle$ losowane z równomiernym rozkładem prawdopodobieństwa.

W przypadku, kiedy ilość kluczy ŚNF jest większa od 6 przyjęto następującą metodę postępowania:

- 1). Klucze dzielone są na pododdziały kluczy według następującej reguły:

- dla $7 \leq n \leq 12$ - ugrupowanie dzielone jest na 2 pododdziały,
dla $13 \leq n \leq 18$ - na 3 pododdziały,
dla $19 \leq n \leq 24$ - na 4 pododdziały,
itd.

- 2). Wyznacza się poddział posiadający największą ilość kluczy według wzoru:

$$N_p = E \left[n / k + 0.5 \right],$$

gdzie:

- N_p - ilość kluczy najliczniejszego pododdziału,
 n - ogólna ilość kluczy,
 k - ilość tworzonych pododdziałów.

- 3). Prostokąt aproksymujący ugrupowanie pododdziałów tworzony jest w następujący sposób:

! szerokość prostokąta ! = ! szerokość najliczniejszego pododdziału wyznaczona zgodnie z tab. 2.1 i 2.2 !

! długość prostokąta ! = ! ilość tworzonych pododdz. ! * * ! (długość najliczniejszego pododdziału wyznaczona zgodnie z tab. 2.1 i 2.2) + (ilość tworzonych pododdziałów - 1) * (odstęp między pododdziałami) !.

Odstęp między pododdziałami d_p jest wyznaczany następująco:

$$d_p = d_p^d + (d_p^g - d_p^d) * s_1,$$

gdzie:

- d_p^d, d_p^g - najmniejszy (największy) dopuszczalny odstęp między pododdziałami,
 s_1 - liczba z przedziału $\langle 0,1 \rangle$ losowana z równomiernym rozkładem prawdopodobieństwa.

2.1.7. System OP

Niech $OP = (OP^{RRE}, OP^{WRT}, OP^{WR}, OP^{LM}, OP^{WRE})$ oznacza zbiór podsystemów systemu OP, przy czym:

- OP^{RRE} - podsystem rozpoznania radioelektronicznego,
- OP^{WRT} - podsystem rozpoznania radiolokacyjnego,
- OP^{WR} - podsystem wojsk raketowych,
- OP^{LM} - podsystem lotnictwa myśliwskiego,
- OP^{WRE} - podsystem walki radioelektronicznej.

Niech j oznacza dowolny podsystem systemu OP. Dowolny i -ty element j -tego podsystemu (zał. 6) można opisać:

$$OP_i^j = (t_i^j, d_{i,pr}^j, x_i^j, y_i^j), \quad j=\overline{1, J}, \quad i=\overline{1, I},$$

gdzie:

- j - rodzaj podsystemu OP,
- i - dowolny element podsystemu j ,
- J - ilość podsystemów systemu OP,
- I - ilość elementów dowolnego podsystemu,
- t_i^j - typ i -tego elementu j -tego podsystemu OP,
- $d_{i,pr}^j$ - wskaźnik przynależności organizacyjnej i -tego elementu j -tego podsystemu OP, przy czym:
 - p - numer związku taktycznego (ZT),
 - r - numer w ramach ZT,
- x_i^j, y_i^j - współrzędne geograficzne i -tego elementu j -tego podsystemu OP.

Typy elementów podsystemów OP, przyjęte w pracy pokazuje tab. 2.3. Dla każdego kodu typu, w dalszej części pracy, podana będzie tabela charakterystycznych danych opisujących elementy systemu OP.

Tabela 2.3

TABELA TYPÓW ELEMENTÓW PODSYSTEMÓW OP

Kod podsystemu	Nazwa podsystemu OP	Kod typu	Nazwa typu elementu
1	Podsystem OP ^{RRE}	1	pododdział UKF
		2	pododdział systemów radiolokacyjnych
		3	pododdział namierzania UKF
2	Podsystem OP ^{WRt}	1	pododdział radiotechniczny typu 1
		2	pododdział radiotechniczny typu 2
		.	.
		n	pododdział radiotechniczny typu n
3	Podsystem OP ^{WR}	1	dywizjon raketowy typu 1
		2	dywizjon raketowy typu 2
		.	.
		n	dywizjon raketowy typu n
4	Podsystem OP ^{LM}	1	wydzielona grupa samolotów typu 1
		2	wydzielona grupa samolotów typu 2
		.	.
		n	wydzielona grupa samolotów typu n
5	Podsystem OP ^{WRE}	1	pododdział zakłóceń radiowych
		2	pododdział zakłóceń radiolokacyjnych

2.1.8. Optymalizacja ugrupowania rzutu uderzeniowego ŚNF

ŚNF, lecące wyznaczoną trasą nalotu, powinny tworzyć optymalne ugrupowanie, w sensie minimalnej ilości możliwych oddziaływań na nie systemu OP. Ponieważ elementy systemu OP rozmieszczone są z różnym nasyceniem wzdłuż trasy lotu (najgęściej na rubieżach bronionego rejonu i przy obiektach, rzadziej w głębi rejonu), różne powinno być ugrupowanie ŚNF przy pokonywaniu poszczególnych odcinków trasy nalotu. Istnieje więc ścisły związek pomiędzy przyjętym ugrupowaniem ŚNF, a możliwością oddziaływania na nie systemu OP. Jest to więc typowy problem optymalizacyjny:

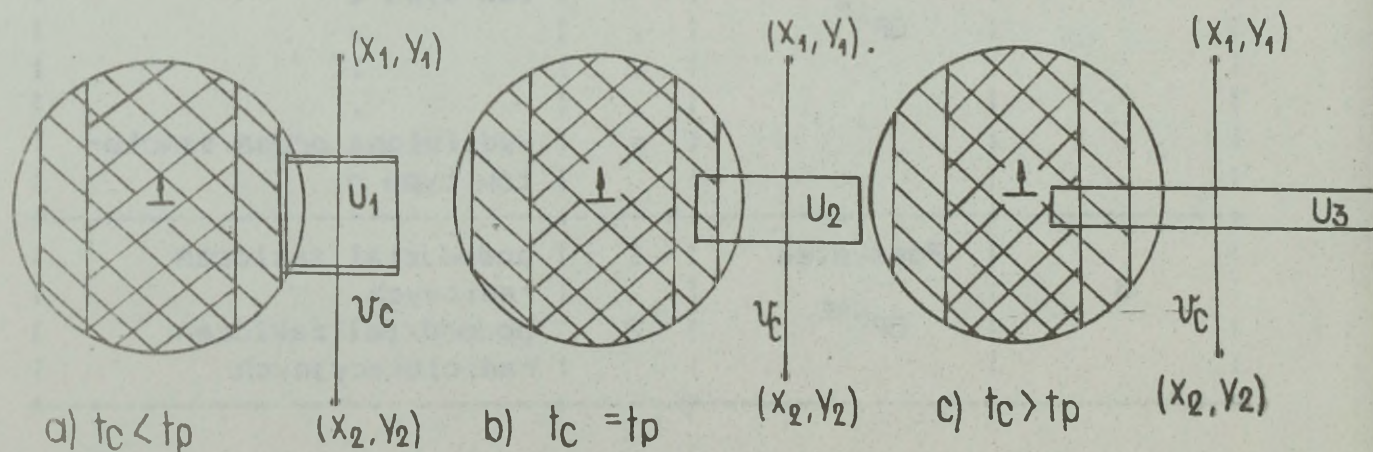
Znaleźć optymalne ugrupowanie ŚNF, rozumiane jako ugrupowanie o określonej szerokości frontu i głębokości, z możliwych do przyjęcia ugrupowań, przy minimalnych możliwościach oddziaływania systemu OP, dla zadanego systemu OP i zadanego odcinka trasy nalotu ŚNF.

Jako oddziaływanie systemu OP, w stosunku do którego dokonywana jest optymalizacja rzutu uderzeniowego, w pracy przyjęto oddziaływanie ogniowe dywizjonów raketowych (podsystem OP).

ŚNF lecąc w określonym ugrupowaniu po odcinkach trasy nalotu, wykreślają niejako korytarz o określonej szerokości, równej szerokości przyjętego ugrupowania, pokonując go w określonym czasie uwarunkowanym prędkością lotu V . Zakłada się, że odcinek trasy nalotu przebiega przez oś symetrii prostokąta, aproksymującego przyjęte ugrupowanie ŚNF.

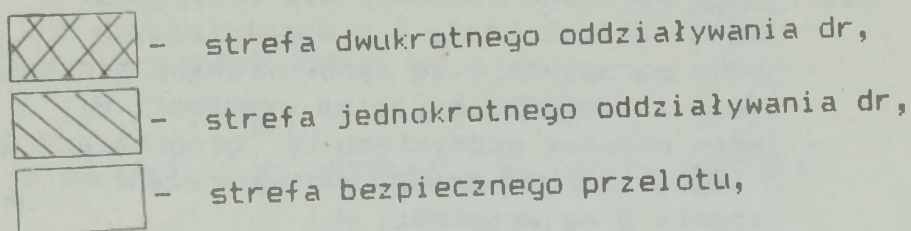
Dywizjony raketowe, w zależności od posiadanych typów rakiet, na określonej wysokości mają odpowiedni zakres rażenia ogniowego. Można założyć, że strefa rażenia dowolnego t -tego typu dywizjonu raketowego jest okręgiem o promieniu D_{mh} - dla małych wysokości i D_{dh} - dla średnich i dużych (zał. 9).

W zależności od zadanego odcinka trasy nalotu oraz od przyjętego ugrupowania, ŚNF mogą pokonywać strefy rażenia dywizjonów raketowych na określonej głębokości, rozumianej jako odległość ugrupowania od środka okręgu aproksymującego strefę rażenia, w określonym czasie. Ilustruje to rys. 19.



Rys. 19. Możliwości oddziaływania dr w zależności od przyjętego ugrupowania ŚNF na określonej wysokości.

Objaśnienia do rys.19:



- strefa dwukrotnego oddziaływania dr,

- strefa jednokrotnego oddziaływania dr,

- strefa bezpiecznego przelotu,

t_c - czas cyklu jednego strzelania,

t_p - czas przebywania w strefie rażenia,

$(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ - zadany odcinek trasy nalotu,

u_1, u_2, u_3 - przyjęte ugrupowania ŚNF.

Analizując rys. 19 można wysnuć następujące wnioski:

- im głębiej w strefę rażenia wejdzie ugrupowanie ŚNF, tym bardziej zwiększa się czas przebywania w strefie,
- im bardziej zwiększa się czas przebywania w strefie rażenia, tym bardziej zwiększa się krotność oddania strzału.

Optymalizacja polegać więc będzie na znalezieniu takiego ugrupowania uę UG, którego sumaryczny czas przebywania w strefach rażenia dywizjonów rakietowych na danym odcinku trasy nalotu, jest minimalny. Można to zapisać:

dla danych: OP^{WR} , UG, M, T_i , H_c , V_c , n
znaleźć uę UG takie, że:

$$f(u_g) = \min f(u_g),$$

przy czym:

$$\frac{\sum_{OP^{WR}} \left(\Delta_{OP^{WR}, T_i}^{u_g} + b^{u_g} \right)}{V_c}$$

gdzie:

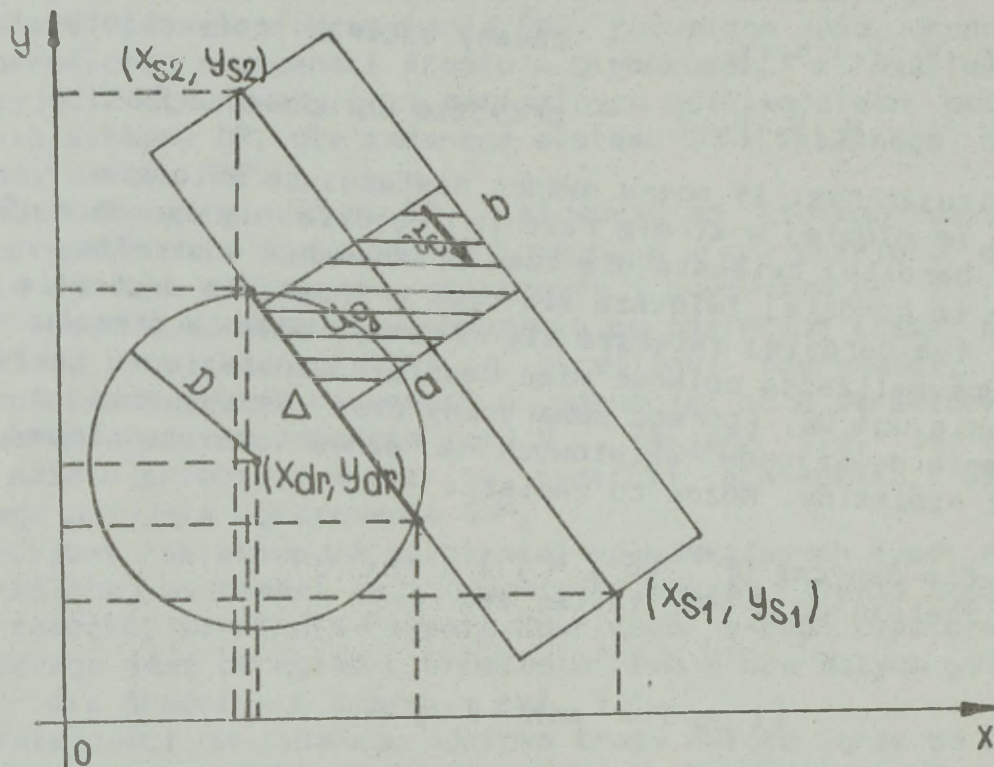
- OP^{WR} - podsystem OP,
- UG - zbiór możliwych ugrupowań ŚNF,
- M - macierz możliwych ugrupowań kluczy ŚNF,
- T_i - i-ty odcinek trasy nalotu,
- H_c - wysokość lotu,
- V_c - prędkość lotu,
- n - ilość kluczy ŚNF na i-tym odcinku trasy,
- $\Delta_{OP^{WR}, T_i}^{u_g}$ - wielkość oznaczająca tę część i-tego odcinka, przechodzącą przez strefy rażenia OP^{WR} dla ugrupowania uę,
- b^{u_g} - głębokość ugrupowania uę.

W celu uproszczenia opisu, rozwiązanie problemu wyliczania wielkości Δ_{OP^HR, T_i}^{UG} pokazane zostanie dla przypadku:

- jeden odcinek trasy T o współrzędnych (x_{s1}, y_{s1}) i (x_{s2}, y_{s2}) ,
- jedno ugrupowanie ug aproksymowane prostokątem o szerokości $a(ug)$ i długości $b(ug)$ na wysokości H_c ,
- jeden element podsystemu OP^{HR} oznaczający dywizjon raketowy o współrzędnych środka okręgu rażenia (x_{dr}, y_{dr}) i promieniu rażenia D na wysokości H_c .

Założenie: Strefa rażenia elementu OP^{HR} na wysokości H_c przecina korytarz lotu tworzony przez ugrupowanie ug.

Można to zilustrować w następujący sposób (rys.20):



Rys.20. Graficzna ilustracja wyznaczania wielkości Δ_{OP^HR, T_i}^{UG}

W celu rozwiązania problemu należy skorzystać z odpowiednich wzorów z geometrii analitycznej.

Dane są dwa punkty (x_{s1}, y_{s1}) i (x_{s2}, y_{s2}) . Równanie prostej przechodzącej przez te punkty ma postać:

$$\frac{x - x_{s1}}{x_{s2} - x_{s1}} = \frac{y - y_{s1}}{y_{s2} - y_{s1}},$$

a po przekształceniu na równanie prostej w postaci kierunkowej:

$$y = \frac{y_{s2} - y_{s1}}{x_{s2} - x_{s1}} * x + \frac{y_{s1} * x_{s2} - x_{s1} * y_{s2}}{x_{s2} - x_{s1}}, \quad (2.2)$$

oznaczając:

$$m = \frac{y_{s2} - y_{s1}}{x_{s2} - x_{s1}}, \quad k = \frac{y_{s1} * x_{s2} - x_{s1} * y_{s2}}{x_{s2} - x_{s1}} \quad (2.3)$$

otrzyma się:

$$y = m * x + k.$$

Równanie prostej prostopadłej do prostej y ma ogólną postać:

$$y = -1 / m * x + k_2.$$

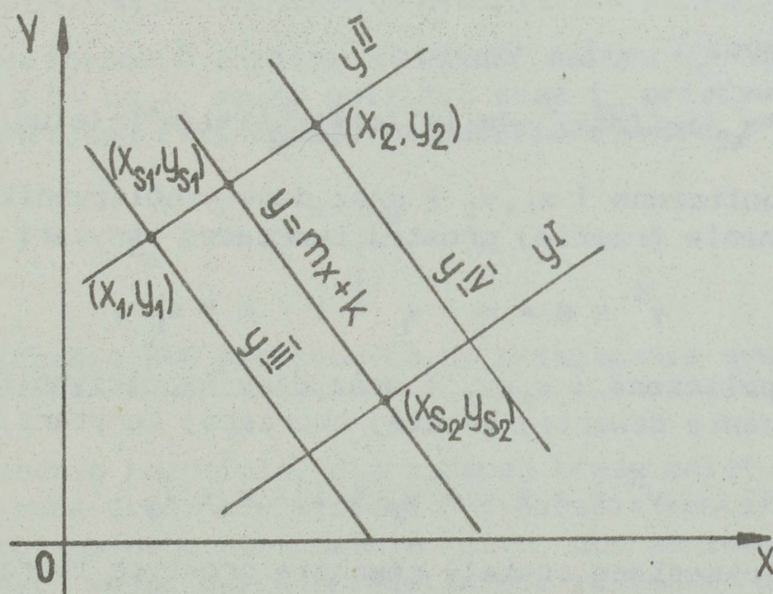
Równanie prostej przechodzącej przez punkt o współrzędnych (x_{s1}, y_{s1}) ma wtedy postać:

$$y^I = -1 / m * x + y_{s1} + 1 / m * x_{s1}, \quad (2.4)$$

a przez punkt o współrzędnych (x_{s2}, y_{s2}) :

$$y^{II} = -1 / m * x + y_{s2} + 1 / m * x_{s2}. \quad (2.5)$$

Równania (2.4) i (2.5) określają proste tworzące korytarz dla ugrupowania ug, prostopadłe do odcinka trasy nalotu (rys. 21).



Rys. 21. Ilustracja graficzna znajdowania prostych tworzących korytarz dla ugrupowania ŚNF

W celu wyznaczenia prostych, tworzących korytarz dla ugrupowania ug, równoległych do odcinka trasy należy:

- znaleźć punkty (x_1, y_1) i (x_2, y_2) ; w tym celu trzeba rozwiązać jeden z dwóch układów równań:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{a(ug)}{2} \right)^2 = (x_{s1} - x_1)^2 + (y_{s1} + y_1)^2 \\ y_1 = -1/m * x_1 + y_{s1} + 1/m * x_{s1} \end{array} \right. \quad (2.6)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{a(ug)}{2} \right)^2 = (x_{s2} - x_2)^2 + (y_{s2} + y_2)^2 \\ y_2 = -1/m * x_2 + y_{s2} + 1/m * x_{s2} \end{array} \right. \quad (2.7)$$

po rozwiązaniu układu (2.7) otrzyma się:

$$x_1 = \frac{2 * x_{s2} * (1 - 1/m^2) + \sqrt{\Delta_m}}{2 * (1 + 1/m^2)}$$

$$y_1 = -1/m * x_1 + y_{s2} + 1/m * x_{s2}$$

$$x_2 = \frac{2 * x_{s2} * (1 - 1/m^2) + \sqrt{\Delta_m}}{2 * (1 + 1/m^2)}$$

$$y_2 = -1/m * x_2 + y_{s2} + 1/m * x_{s2}$$

przy czym:

$$\Delta_m = (-2 * x_{s2} * (1 - 1/m^2))^2 - 4 * (1 + 1/m) * (x_{s2}^2 * (1 + 1/m^2) - (a(ug)/2)^2),$$

b) mając policzone (x_1, y_1) oraz dany współczynnik kierunkowy m , równanie trzeciej prostej tworzącej korytarz ma postać:

$$y^{III} = m * x + y_1 + 1/m * x_1,$$

c) mając policzone (x_2, y_2) oraz dany współczynnik kierunkowy m , równanie czwartej prostej tworzącej korytarz ma postać:

$$y^{IV} = m * x + y_2 + 1/m * x_2.$$

W ten sposób określone zostały równania prostych tworzących korytarz dla ugrupowania ug , na odcinku o współrzędnych (x_{s1}, y_{s1}) , (x_{s2}, y_{s2}) .

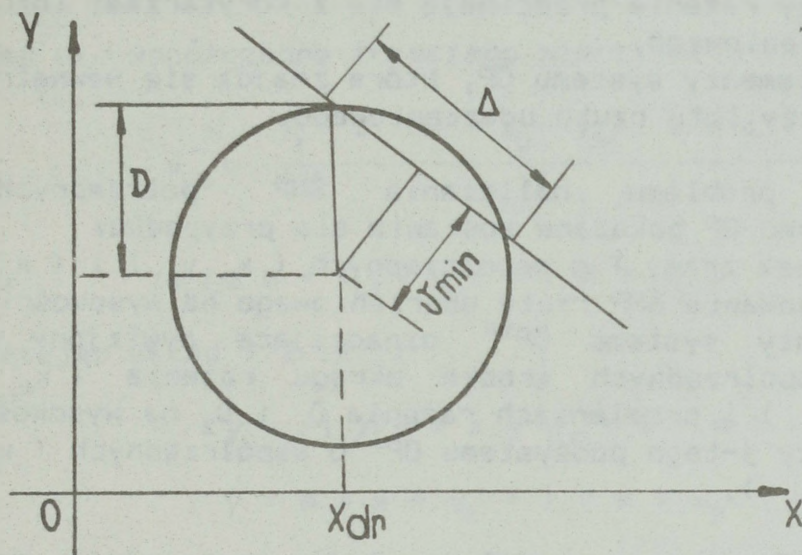
Aby znaleźć długość odcinka trasy, przechodzącego przez strefę rażenia dywizjonu raketowego, należy:

a) sprawdzić, która z prostych y^{III} lub y^{IV} przecina strefę rażenia dywizjonu raketowego i leży bliżej środka okręgu aproksymującego strefę rażenia; w tym celu należy sprawdzić, która z odległości d_1 i d_2 jest mniejsza, przy czym:

$$d_1 = \frac{m * x_{dr} - y_{dr} + y_1 + 1 / m * x_1}{\sqrt{m^2 - 1}}$$

$$d_2 = \frac{m * x_{dr} - y_{dr} + y_2 + 1 / m * x_2}{\sqrt{m^2 - 1}},$$

b) policzyć $\Delta = 2 * \sqrt{D^2 - d_{\min}^2}$ (rys.22), przy czym $d_{\min} = \{d_1, d_2\}$



Rys. 22. Graficzna ilustracja wyznaczania wielkości Δ

Mając policzone Δ , znając prędkość nalotu v_c oraz głębokość ugrupowania b (ug), można policzyć czas t_p przebywania w strefie rażenia dywizjonu raketowego na podstawie wzoru (2.6)

$$t_p = \frac{\Delta + b(\text{ug})}{v_c} \quad (2.6)$$

2.1.9. Naliczanie ŚNF potrzebnych do przełamania systemu OF

W poprzednim rozdziale, dla zadanej trasy nalotu oraz znanego rozmieszczenia elementów systemu OF, opisana została metoda wyznaczania optymalnego ugrupowania rzutu uderzeniowego. Dla tych samych danych wejściowych przedstawiona zostanie poniżej metoda wyznaczenia ilości ŚNF potrzebnych do przełamania systemu OF.

Warunkiem wykonania uderzenia na zadane obiekty nalotu jest zapewnienie takiego przelotu ŚNF rzutu uderzeniowego, przy którym jego straty byłyby minimalne. Zadanie to jest realizowane przez ŚNF rzutu przełamującego system OF.

ŚNF rzutu uderzeniowego, lecąc w optymalnych ugrupowaniach, na poszczególnych odcinkach trasy nalotu "kreślą" korytarze o określonej szerokości i długości (rozd. 2.1.8), pokonując je w określonym czasie zależnym od prędkości nalotu v_c i wysokości lotu H_c . Korytarz takiego ugrupowania "przecina" strefy możliwych oddziaływań aktywnych elementów systemu OF. Mogą się w nim rów-

niez znaleźć inne elementy systemu OP, takie jak: posterunki stacji radiolokacyjnych, SD, posterunki WRe itp.

W pracy przyjęto następującą metodę naliczania ilości ŚNF potrzebnych do przełamania systemu OP:

- 1) znana jest ilość ŚNF potrzebna do zniszczenia pojedynczego elementu danego typu systemu OP (zał. 12),
- 2) niszczeniu podlegają (naliczeniu odpowiedniej ilości ŚNF)
 - a) wszystkie aktywne środki systemu OP (za wyjątkiem LM - metoda naliczania ŚNF wykonujących zadanie osłony, pokazana zostanie w dalszej części pracy), których strefy rażenia przecinają się z korytarzami lotu rzutu uderzeniowego,
 - b) te elementy systemu OP, które znajdują się wewnątrz korytarzy lotu rzutu uderzeniowego.

Rozwiązanie problemu naliczania ŚNF potrzebnych do przełamania systemu OP pokazane zostanie dla przypadku:

- jeden odcinek trasy T o współrzędnych (x_{s1}, y_{s1}) i (x_{s2}, y_{s2}) ,
- jedno ugrupowanie ŚNF rzutu uderzeniowego na wysokości H_c ,
- dwa elementy systemu OP^{WR} oznaczające dywizjony rakietowe o współrzędnych środka okręgu rażenia (x_{dr1}, y_{dr1}) i (x_{dr2}, y_{dr2}) i promieniach rażenia D_1 i D_2 na wysokości H_c ,
- dwa elementy j-tego podsystemu OP^J o współrzędnych (x_{j1}, y_{j1}) i (x_{j2}, y_{j2}) .

W rozdziale 2.1.8 pokazana została metoda wyznaczania prostych tworzących korytarz dla ugrupowania ug. Rozwiązując odpowiednie układy równań (2.7) i (2.8) można wyznaczyć współrzędne wierzchołków tworzących ten korytarz (rys. 23). Rozwiązując układ (2.7):

$$y = -1 / m * x + y_{s1} + 1 / m * x_{s1} \quad (2.7)$$

$$y = m * x + y_1 + 1 / m * x_1$$

otrzyma się współrzędne pierwszego wierzchołka korytarza:

$$x_{p1} = \frac{y_1 + 1 / m * x_1 - y_{s1} - 1 / m * x_{s1}}{-m - 1 / m},$$

$$y_{p1} = m * x_{p1} + y_1 + 1 / m * x_1.$$

Rozwiązując układ (2.8):

$$y = -1 / m * x + y_{s2} + 1 / m * x_{s2} \quad (2.8)$$

$$y = m * x + y_1 + 1 / m * x_1$$

otrzyma się współrzędne drugiego wierzchołka korytarza:

$$x_{p2} = \frac{y_1 + 1/m * x_1 - y_{s2} - 1/m * x_{s2}}{-m - 1/m},$$

$$y_{p2} = m * x_{p2} + y_1 + 1/m * x_1.$$

Rozwiązując układ (2.9):

$$y = -1/m * x + y_{s1} + 1/m * x_{s1} \quad (2.9)$$

$$y = m * x + y_2 + 1/m * x_2$$

otrzyma się współrzędne trzeciego wierzchołka korytarza:

$$x_{p3} = \frac{y_2 + 1/m * x_2 - y_{s1} - 1/m * x_{s1}}{-m - 1/m},$$

$$y_{p3} = m * x_{p3} + y_2 + 1/m * x_2.$$

Rozwiązując układ (2.10):

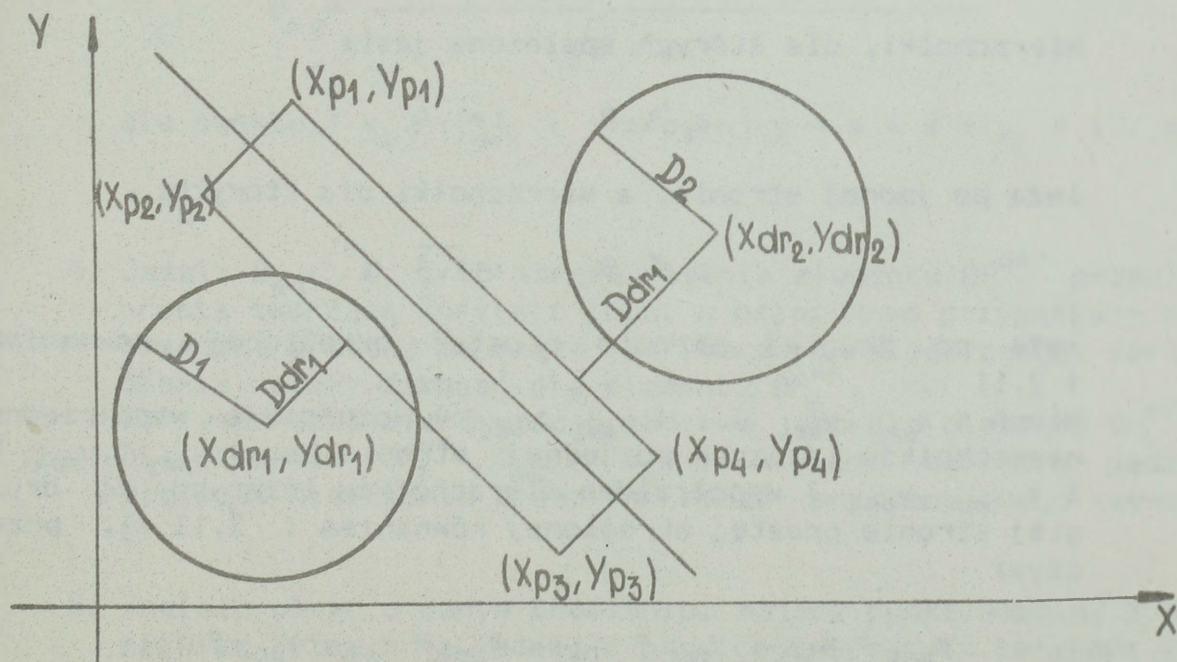
$$y = -1/m * x + y_{s2} + 1/m * x_{s2} \quad (2.10)$$

$$y = m * x + y_2 + 1/m * x_2$$

otrzyma się współrzędne czwartego wierzchołka korytarza:

$$x_{p4} = \frac{y_2 + 1/m * x_2 - y_{s2} - 1/m * x_{s2}}{-m - 1/m},$$

$$y_{p4} = m * x_{p4} + y_2 + 1/m * x_2.$$



Rys.23. Graficzna ilustracja problemu naliczania ŚNP do przełamania systemu OF.

Wyliczenie wielkości m, x_1, y_1, x_2, y_2 pokazano w rozdziale (2.1.8).

Znalezienie okręgów przecinających korytarz (rys.23) polega na sprawdzeniu:

- a) czy odległość środka okręgu od jednej z prostych tworzących korytarz jest mniejsza od jego promienia?
- b) czy (przy spełnionym a) okrąg przecina korytarz między jego wierzchołkami?

W celu dokonania takiego sprawdzenia należy wykonać poniższą procedurę:

1. Znaleźć wierzchołki korytarza leżące po jednej stronie prostej przebiegającej przez rozpatrywany odcinek trasy. Zgodnie z (2.2) prosta ta jest określona równaniem:

$$y = m * x + k, \quad (2.11)$$

przy czym:

$$m = \frac{y_{s2} - y_{s1}}{x_{s2} - x_{s1}}, \quad k = \frac{y_{s1} * x_{s2} - x_{s1} * y_{s2}}{x_{s2} - x_{s1}}.$$

Po podstawieniu do (2.11) współrzędnych wierzchołków korytarza otrzyma się:

$$c_1 = m * x_{p1} + k - y_{p1},$$

$$c_2 = m * x_{p2} + k - y_{p2},$$

$$c_3 = m * x_{p3} + k - y_{p3},$$

$$c_4 = m * x_{p4} + k - y_{p4}.$$

Wierzchołki, dla których spełnione jest:

$$c_i > 0, \quad i=\overline{1,4},$$

leżą po jednej stronie, a wierzchołki dla których:

$$c_i < 0, \quad i=\overline{1,4},$$

leżą po drugiej stronie prostej określonej równaniem (2.11).

Niech (x_{pp1}, y_{pp1}) i (x_{pp2}, y_{pp2}) oznaczają współrzędne wierzchołków leżących po jednej stronie, a (x_{pp3}, y_{pp3}) i (x_{pp4}, y_{pp4}) współrzędne wierzchołków leżących po drugiej stronie prostej określonej równaniem (2.11), przy czym:

$$x_{pp1} = x_{p2}, \quad y_{pp1} = y_{p2}, \quad x_{pp2} = x_{p3}, \quad y_{pp2} = y_{p3},$$

$$x_{pp3} = x_{p1}, \quad y_{pp3} = y_{p1}, \quad x_{pp4} = x_{p4}, \quad y_{pp4} = y_{p4}.$$

2. Sprawdzić, na której prostej tworzącej korytarz leżą znalezione punkty. W tym celu wystarczy podstawić współrzędne jednego z wierzchołków korytarza np. (x_{pp1}, y_{pp1}) do jednej z prostych np.

$$y = m * x + y_1 + 1 / m * x_1,$$

czyli:

$$c = m * x_{pp1} + y_1 + 1 / m * x_1 - y_{pp1},$$

gdzie m, x_1, y_1 - takie jak w rozdziale 2.1.8.

Jeżeli $c = 0$, będzie to oznaczało, że punkty (x_{pp1}, y_{pp1}) i (x_{pp2}, y_{pp2}) leżą na tej prostej. Jeżeli $c \neq 0$, będzie to oznaczało, że na tej prostej leżą punkty (x_{pp3}, y_{pp3}) i (x_{pp4}, y_{pp4}) , a punkty (x_{pp1}, y_{pp1}) i (x_{pp2}, y_{pp2}) leżą na prostej określonej równaniem:

$$y = m * x + y_2 + 1 / m * x_2,$$

przy czym m, x_2, y_2 - takie jak w rozdziale 2.1.8.

3. Dokonać sprawdzenia dla współrzędnych środków stref rażenia elementów OP_1^{WR} i OP_2^{WR} , jak w punkcie 1. Niech (x_{dr1}, y_{dr1}) leży po tej samej stronie, co (x_{pp1}, y_{pp1}) , wtedy:

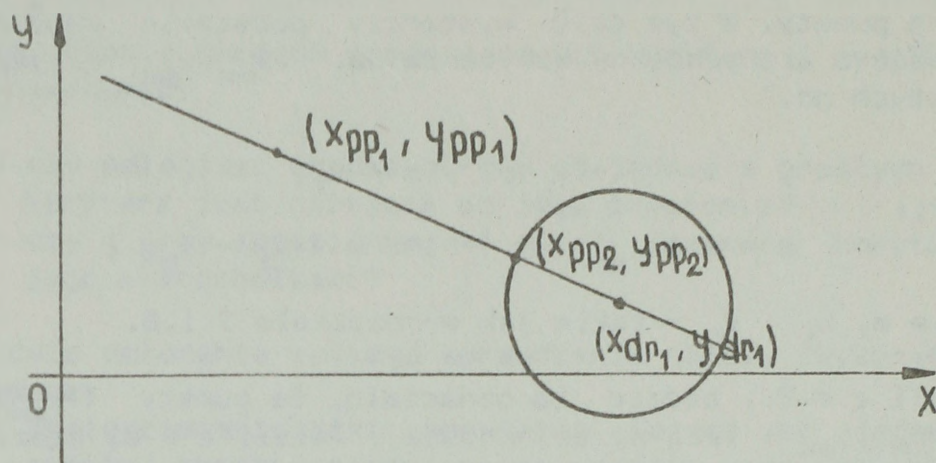
$$D_{dr1} = \frac{|m * x_{dr1} - y_{dr1} + y_1 + 1 / m * x_1|}{\sqrt{m^2 + 1}}$$

dla punktu (x_{dr1}, y_{dr1}) i prostej $y = m * x + y_1 + 1 / m * x_1$,

$$D_{dr2} = \frac{|m * x_{dr2} - y_{dr2} + y_2 + 1 / m * x_2|}{\sqrt{m^2 + 1}}$$

dla punktu (x_{dr2}, y_{dr2}) i prostej $y = m * x + y_2 + 1 / m * x_2$.

4. Jeżeli $D_{dr1} < D_1$, to strefa rażenia elementu OP_1^{WR} przecina prostą tworzącą korytarz lotu, w przeciwnym przypadku - nie przecina prostej tworzącej korytarz. Analogicznego sprawdzenia należy dokonać dla elementu OP_2^{WR} . Na rysunku 23 nierówność prawdziwa jest dla elementu OP_1^{WR} . Dla elementu OP_2^{WR} $D_{dr2} > D_2$ i element ten nie będzie podlegał niszczeniu przez ŚNF rzutu przełamującego system OP.
5. Znaleźć okrąg o danym promieniu, mający punkt wspólny z odcinkiem leżącym na jednej z prostych tworzących korytarz lotu, którego suma odległości środka od współrzędnych jednego z boków korytarza jest maksymalna (rys.24). Okrąg taki będzie nazywany okręgiem granicznym.



Rys.24. Graficzna ilustracja znajdowania okręgu granicznego

Wszystkie okręgi o danym promieniu, mające chociaż jeden punkt wspólny z jedną z prostych tworzących korytarz, dla których suma odległości środka okręgu od współrzędnych jednego z boków korytarza jest większa od sumy odległości okręgu granicznego, nie przecinają boku korytarza między jego wierzchołkami. W celu sprawdzenia, czy strefa rażenia elementu OP_1^{WR} przecina odcinek o współrzędnych (x_{pp1}, y_{pp1}) i (x_{pp2}, y_{pp2}) należy wyznaczyć:

$$d_{max} = \sqrt{(x_{pp2} - x_{pp1})^2 + (y_{pp2} - y_{pp1})^2} + 2 * D_1,$$

$$d_{akt.} = \sqrt{(x_{dr1} - x_{pp1})^2 + (y_{dr1} - y_{pp1})^2} + \sqrt{(x_{dr1} - x_{pp2})^2 + (y_{dr1} - y_{pp2})^2},$$

gdzie:

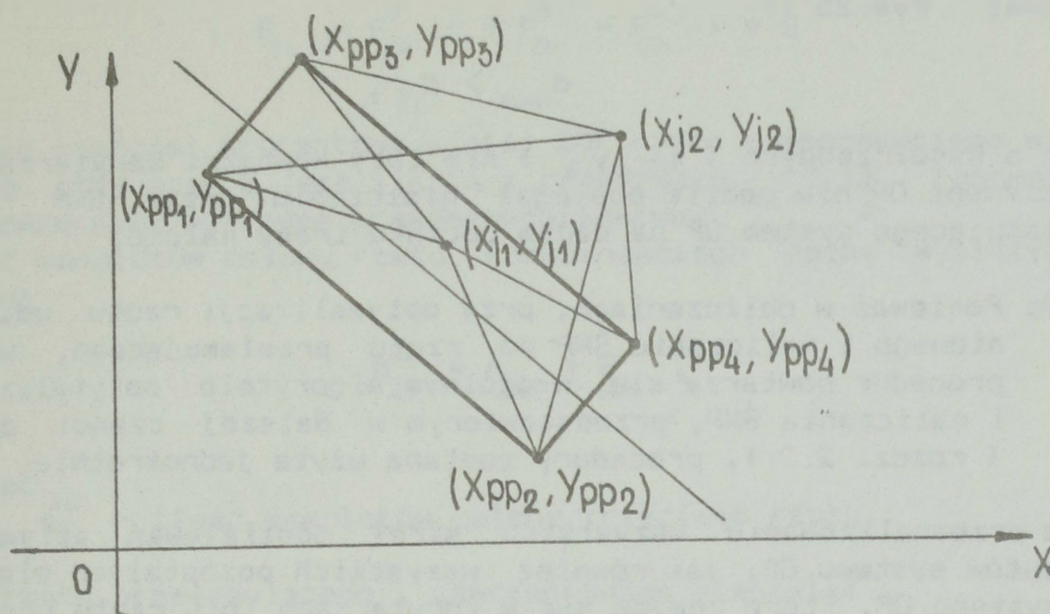
- d_{max} - suma odległości okręgu granicznego o promieniu D_1 ,
- $d_{akt.}$ - suma odległości środka okręgu o współrzędnych (x_{dr1}, y_{dr1}) od wierzchołków (x_{pp1}, y_{pp1}) i (x_{pp2}, y_{pp2}) .

Ponieważ (rys.23):

$$d_{akt} < d_{max}$$

strefa rażenia elementu OP_1^{WR} przecina odcinek o współrzędnych (x_{pp1}, y_{pp1}) i (x_{pp2}, y_{pp2}) , element ten będzie podlegał niszczeniu przez ŚNF rzutu przełamującego system OP na danym odcinku trasy nalotu. Do rzutu przełamującego naliczona zostanie odpowiednia ilość ŚNF zgodnie z zał. 12.

Warunkiem naliczenia ŚNF do niszczenia pozostałych elementów systemu OP jest, aby znalazły się one wewnątrz korytarza lotu ugrupowania u \bar{g} (rys.25).



Rys.25. Graficzna ilustracja znajdowania punktów wewnątrz prostokąta

W poprzednim rozdziale pokazana została metoda znajdowania wierzchołków korytarza lotu. Korzystając z tych obliczeń należy wykonać poniższą procedurę:

1. Znaleźć punkt graniczny, leżący wewnątrz korytarza lotu, dla którego suma odległości od wszystkich wierzchołków korytarza jest maksymalna. Punktem takim jest jeden z wierzchołków korytarza lotu, dla którego sumę odległości można wyznaczyć według wzoru:

$$d_{\max} = \sqrt{(x_{pp1} - x_{pp2})^2 + (y_{pp1} - y_{pp2})^2} + \sqrt{(x_{pp1} - x_{pp3})^2 + (y_{pp1} - y_{pp3})^2} + \sqrt{(x_{pp1} - x_{pp4})^2 + (y_{pp1} - y_{pp4})^2}.$$

2. Znaleźć sumę odległości współrzędnych elementów j-tego podsystemu (rys.25) :

$$d_{j1} = \sqrt{(x_{j1} - x_{pp1})^2 + (y_{j1} - y_{pp1})^2} + \sqrt{(x_{j1} - x_{pp2})^2 + (y_{j1} - y_{pp2})^2} + \sqrt{(x_{j1} - x_{pp3})^2 + (y_{j1} - y_{pp3})^2} + \sqrt{(x_{j1} - x_{pp4})^2 + (y_{j1} - y_{pp4})^2},$$

$$d_{j2} = \sqrt{(x_{j2} - x_{pp1})^2 + (y_{j2} - y_{pp1})^2} + \sqrt{(x_{j2} - x_{pp2})^2 + (y_{j2} - y_{pp2})^2} + \sqrt{(x_{j2} - x_{pp3})^2 + (y_{j2} - y_{pp3})^2} + \sqrt{(x_{j2} - x_{pp4})^2 + (y_{j2} - y_{pp4})^2}.$$

Ponieważ (rys.25) :

$$d_{\max} < d_{j1},$$

punkt o współrzędnych (x_{j1}, y_{j1}) leży wewnątrz korytarza lotu, element OP będzie podlegał niszczeniu przez SNP rzutu przełamującego system OP na danym odcinku trasy nalogu. Do rzutu przełamującego naliczona zostanie odpowiednia ilość SNP zgodnie z zał.12.

Ponieważ (rys.25):

$$d_{\max} > d_{j2}$$

punkt o współrzędnych (x_{j2}, y_{j2}) nie leży wewnątrz korytarza lotu, element OP_2^j nie będzie podlegał niszczeniu przez ŚNP rzutu przełamującego system OP na danym odcinku trasy nalotu.

UWAGA: Ponieważ w obliczeniach, przy optymalizacji rzutu uderzeniowego i naliczaniu ŚNP do rzutu przełamującego, wiele procedur powtarza się, w ogólnym algorytmie optymalizacji i naliczania ŚNP, przedstawionym w dalszej części pracy (rozdz. 2.2), procedury zostaną użyte jednokrotnie.

Po przeanalizowaniu wszystkich stref oddziaływań aktywnych elementów systemu OP, jak również wszystkich pozostałych elementów systemu OP, które znajdują się w korytarzach lotu rzutu uderzeniowego ŚNP, wyznaczona zostanie liczba n_{z2} oznaczająca ilość ŚNP potrzebnych do przełamania systemu OP dla zadanej trasy nalotu.

2.1.10. Naliczanie ogólnej ilości ŚNP do nalotu

Znana jest liczba samolotów myśliwskich systemu OP zdolna do zwalczania ŚNP - n_m . Znana jest poligonowa liczba myśliwców przeciwnika potrzebna do zniszczenia pojedynczego samolotu myśliwskiego systemu OP - $m_{\text{ŚNP}}$; ilość ŚNP / 1 myśl. OP;. W pracy zakłada się, że zarówno samoloty myśliwskie OP, jak i samoloty rzutu osłonowego przeciwnika są sprawne technicznie i dolecą do miejsca wykonania zadania.

Ilość samolotów myśliwskich osłaniających nalot ŚNP można wyliczyć z następującej zależności:

$$n_{\text{ŚNP}} = m_{\text{ŚNP}} * n_m$$

Dla uproszczenia dalszych rozważań w pracy przyjęto, że wysiłek lotnictwa myśliwskiego OP jest rozłożony proporcjonalnie do wszystkich rzutów ŚNP. W związku z tym, można w analogiczny sposób przydzielić do poszczególnych rzutów odpowiednią ilość samolotów osłony.

Niech n_{z2} oznacza ilość ŚNP wykonujących przełamanie systemu OP, a n_{z3} - ilość ŚNP wykonujących uderzenia na bronione przez system OP obiekty (w rozdz. 2.1.5 $n_{z3} = il_{ot}$).

Bardzo ważnym, z punktu widzenia organizacji i planowania nalotu, jest stosunek n_{z2} do n_{z3} . Mówi on o tym, ile ŚNP rzutu przełamującego system OP przypada na jeden ŚNP rzutu uderzeniowego. Współczynnik ten pokazuje, jak silny jest system OP.

W pracy założono, że znany jest procentowy udział rzutu rozpoznawczego w całym nalocie. Niech P_{z4}^d oznacza minimalny procentowy udział, a P_{z4}^g - maksymalny procentowy udział ŚNP rzutu rozpoznawczego w nalocie. Wtedy:

$$P_{Z4} = P_{Z4}^d + (P_{Z4}^g - P_{Z4}^d) * S$$

będzie oznaczał procentowy udział ŚNP rzutu rozpoznawczego w nalocie, przy czym S jest liczbą z przedziału $\langle 0,1 \rangle$ losowaną z równomiernym rozkładem prawdopodobieństwa. Ilość samolotów osłony rzutu rozpoznawczego można wyliczyć ze wzoru:

$$n_{Z1}^{III} = n_{\text{ŚNP}} * P_{Z4},$$

gdzie: n_{Z1}^{III} - ilość samolotów osłony trzeciego rzutu.

ŚNP rzutu przełamującego i uderzeniowego stanowią:

$$P = 100\% - P_{Z4}$$

procentowego udziału w nalocie, przy czym:

$$P = P_{Z2} + P_{Z3},$$

gdzie:

P_{Z2} - procentowy udział ŚNP rzutu przełamującego w nalocie,

P_{Z3} - procentowy udział ŚNP rzutu uderzeniowego w nalocie.

Mając policzone P oraz $N = n_{Z2} + n_{Z3}$ można wyliczyć:

$$P_{Z2} = n_{Z2} / N * P \quad \text{oraz} \quad P_{Z3} = n_{Z3} / N * P.$$

Wtedy:

$$n_{Z1}^I = P_{Z2} * n_{\text{ŚNP}}$$

oznacza ilość samolotów osłaniających pierwszy rzut (przełamujący) ŚNP,

$$n_{Z1}^{II} = P_{Z3} * n_{\text{ŚNP}}$$

oznacza ilość samolotów osłaniających drugi rzut (uderzeniowy) ŚNP oraz

$$n_{Z4} = N * P_{Z4} / P$$

oznacza ilość ŚNP rzutu rozpoznawczego. Można teraz policzyć ogólną ilość ŚNP N potrzebną do zrealizowania nalotu na danej trasie:

$$N_p = \underbrace{n_{Z1}^I + n_{Z2}}_{\text{I rzut}} + \underbrace{n_{Z1}^{II} + n_{Z3}}_{\text{II rzut}} + \underbrace{n_{Z1}^{III} + n_{Z4}}_{\text{III rzut}}. \quad (2.12)$$

2.1.11. Analiza możliwości i opłacalności realizacji nalotu ŚNF

W rozdziale (2.1.10) pokazana została metoda wyznaczania szacunkowej ilości ŚNF przypadającej na wybrany obszar nalotu. Wielkość ta oznaczona była jako - IL_{SFD} .

Nalot będzie uważany za możliwy do realizacji, jeżeli spełniony będzie warunek (2.13):

$$N_p \leq IL_{SFD} \quad (2.13)$$

Warunek ten oznacza, że ogólna ilość ŚNF potrzebna do realizacji nalotu - N_p , nie może być większa od części ŚNF - IL_{SFD} z ogólnej ilości ŚNF wszystkich typów, ze wszystkich lotnisk zadanego kierunku nalotu, przypadającej na wybrany obszar nalotu.

Niech σ_a oznacza analityczny wskaźnik opłacalności nalotu, przy czym:

$$\sigma_a = \frac{n_{z2}}{n_{z3}}$$

Wskaźnik ten jest wyznaczany w wyniku analizy trasy nalotu i mówi o tym, ile ŚNF rzutu przełamującego system OF przypada na jednostkowy ŚNF rzutu uderzeniowego.

Niech σ_e oznacza ekonomiczny wskaźnik opłacalności nalotu. Wskaźnik ten pokazuje, przy jakim stosunku ilości ŚNF rzutu przełamującego system OF do jednostkowego ŚNF rzutu uderzeniowego, nalot jest opłacalny ekonomicznie [18] .

Nalot będzie uważany za opłacalny, jeżeli spełniony będzie warunek:

$$\sigma_a \leq \sigma_e \quad (2.14)$$

W pracy zakłada się, że wskaźnik σ_e będzie dany. W zależności od wyników relacji (2.13) i (2.14) w pracy przewidziano następujące warianty postępowania:

wariant 1 : warunek (2.13) nie spełniony; użytkownik modelu samodzielnie określa, z których obiektów uderzenia rezygnuje. Program powtórnie analizuje trasę nalotu, wylitza potrzebną ilość ŚNF i porównuje z możliwościami. Proces trwa tak długo, aż warunek (2.13) zostanie spełniony lub użytkownik zrezygnuje z wybranego wariantu nalotu;

wariant 2 : warunek (2.13) nie spełniony; w przypadku, kiedy użytkownik modelu nie jest w stanie podjąć decyzji o odrzuceniu obiektu, program odrzuca z nalotu ten obiekt, który ma najwyższy priorytet (lub został wylosowany jako ostatni) i powtarza od początku analizę trasy;

wariant 3 : warunek (2.13) spełniony; warunek (2.14) nie spełniony; w takim przypadku nalot nie będzie reali-

zowany. W pracy założono, że potencjalny przeciwnik organizując nalot zawsze przestrzega zasad rachunku ekonomicznego;

wariant 4 : warunek (2.13) spełniony; warunek (2.14) spełniony; jest to przypadek, gdy nalot ŚNF będzie realizowany. Użytkownik modelu powinien zawsze tak dobierać trasę nalotu i obiekty uderzeń, aby po pierwszej analizie trasy nalotu oba warunki były spełnione.

2.1.12. Optymalizacja jakościowa ŚNF

Dana jest macierz:

$$W = \begin{bmatrix} w_s^{z_n} \end{bmatrix}_{S \times N},$$

gdzie element macierzy $w_s^{z_n}$ oznacza wartość współczynnika jakości ŚNF s-tego typu przy wykonaniu z_n -tego zadania (zał.14). Metoda wyznaczania takiego współczynnika została opracowana w [18]. Uwzględnia ona charakterystyki lotno-taktyczne samolotu, przenoszone uzbrojenie, wyposażenie radioelektroniczne i umiejętności pilota. Metoda uwzględnia również zmienność ocen jakości w zależności od wykonywanego zadania.

W celu zabezpieczenia się przed wyborem do ugrupowania środka napadu powietrznego, który pomimo wysokiego współczynnika jakości nigdy nie jest używany do jakiegoś zadania, w pracy założono, że dana będzie binarna macierz:

$$R = \begin{bmatrix} r_s^{z_n} \end{bmatrix}_{S \times N},$$

gdzie element macierzy:

$$r_s^{z_n} = \begin{cases} 1 & \text{- jeżeli ŚNF s-tego typu może być użyty do zadania } z_n, \\ 0 & \text{- w przeciwnym przypadku. W takiej sytuacji ŚNF będzie nazywany dalej ŚNF zabronionym.} \end{cases}$$

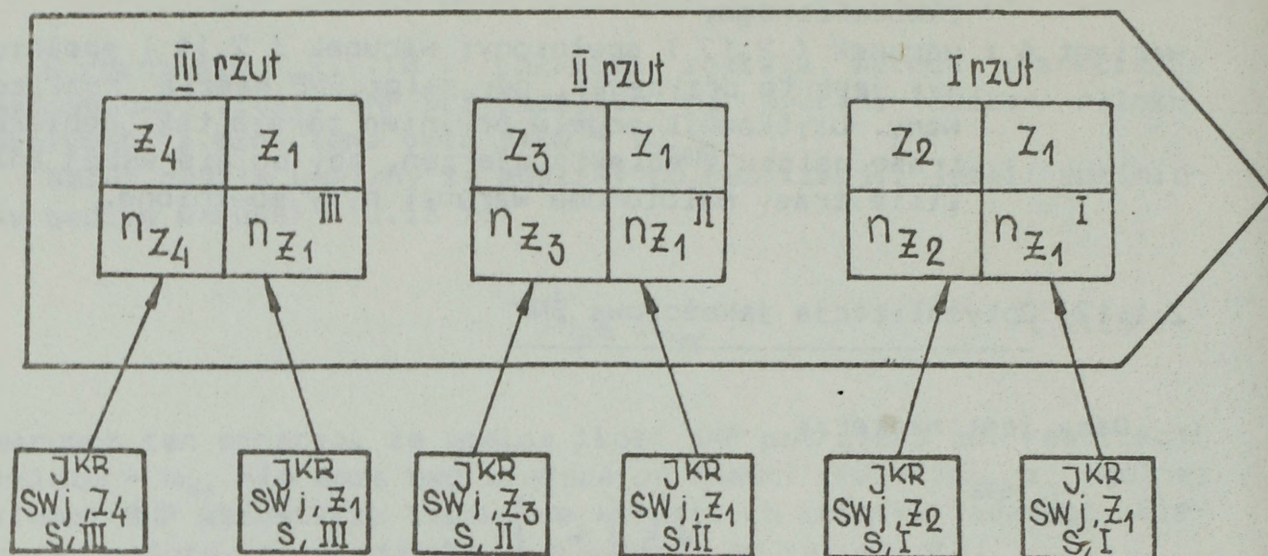
Przez przydział ŚNF s-tego typu z J_j^{KR} -tego lotniska do z_n -tego zadania w r_i -tym rzucie, rozumie się znalezienie macierzy:

$$SW = \begin{bmatrix} J_j^{KR}, z_n \\ s_w \\ s, r_i \end{bmatrix}_{S \times L \times N \times R}.$$

Ponieważ w rozdziale 2.1.2 założono, że $N = 4$, $R = 3$, macierz SW ma postać:

$$SW = \begin{bmatrix} J_j^{KR}, z_n \\ s_w \\ s, r_i \end{bmatrix}_{5 \times L \times 4 \times 3}.$$

Przydział ŚNF do poszczególnych rzutów pokazuje rysunek 26.



Rys.26. Schemat przydzielania ŚNF do poszczególnych rzutów ugrupowania

Z wprowadzonych dotychczas założeń (rozdz. 2.1.1) wynikają następujące ograniczenia na elementy macierzy SW:

$$1. \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^R \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^L sw_{s,r_i}^{j, Z_n, KR} \leq \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^L pm_s^{j, KR},$$

ograniczenie to oznacza, że ogólna suma ŚNF przydzielonych do ugrupowania nie może przekraczać stanu ŚNF bazujących na lotniskach.

$$2. \bigwedge_{z_n} \bigwedge_{r_i} 0 \leq \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^L sw_{s,r_i}^{j, Z_n, KR} \leq n_{r_i},$$

ograniczenie to oznacza, że dla każdego zadania, w każdym rzucie, suma przydzielonych ŚNF nie może być mniejsza od zera i nie może być większa od wyznaczonej, w wyniku analizy trasy nalotu, ilości ŚNF.

$$3. \bigwedge_{z_n} \bigwedge_{r_i} \bigvee_{j, s}^{KR} r_s^{Z_n} = 0 \Rightarrow sw_{s,r_i}^{j, Z_n, KR} = 0,$$

ograniczenie to oznacza, że jeżeli samolot jakiegoś typu nie może być użyty do określonego zadania, to i przydział samolotów tego typu wynosi zero.

$$4. sw_{s,r_i}^{j, Z_n, KR} \in \{ 0, 2, 4, \dots \}, j=1, \overline{L}, s=1, \overline{S}, n=1, \overline{N}, r=1, \overline{R}$$

ograniczenie to oznacza, że ŚNF będą przydzielane do ugrupowania parami.

Dodatkowe ograniczenia dotyczą:

$$5. \quad \bigwedge_{z_n} \quad 0 \leq w_s^{z_n} \leq \max_{s=1, S} w_s^{z_n},$$

ograniczenie to oznacza, że każdy samolot musi mieć określony współczynnik jakości do zadania.

$$6. \quad \bigwedge_{z_n} \bigwedge_s \quad r_s^{z_n} = 0 \Rightarrow w_s^{z_n} = 0,$$

ograniczenie to oznacza, że jeżeli ŚNF jakiegoś typu nie może być użyty do określonego zadania, to jego współczynnik jakości równa się zero (pomimo tego, że w metodzie opisanej w [18] jest większe od zera).

Przydział jest tym lepszy, im dla każdego zadania z_n w określonym rzucie r_i wybrane zostaną ŚNF s -tego typu z J_j^{KR} -tego lotniska, dla których współczynnik jakości $w_s^{z_n}$ jest większy. Dążyć zatem należy do maksymalizacji następującej funkcji:

$$f(sw) = \sum_{i=1}^R \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^L J_{s,r_i}^{KR, z_n} w_s^{z_n} \quad (2.15)$$

Rozwiązać więc trzeba następujące zadanie optymalizacji:

wyznaczyć takie $sw \in SW$, aby:

$$f^*(sw) = \max_{sw \in SW} f(sw),$$

gdzie $f(sw)$ - jak we wzorze (2.15), a zbiór rozwiązań dopuszczalnych SW spełnia ograniczenia 1 - 6. Algorytm rozwiązania powyższego problemu przedstawiony został w rozdziale 2.2.

2.1.13. Wyznaczanie odległości między dwoma punktami

W dotychczasowych rozważaniach przyjęto umownie, że znana jest metoda obliczania odległości między dwoma punktami, określonymi współrzędnymi geograficznymi. Do rozwiązania tego problemu opracowana została metoda wykorzystująca podstawowe wzory z geometrii sferycznej.

W celu osiągnięcia dokładnych wyników obliczeń zakłada się, że:

a) punkty będą znajdowały się w pasie od 49° do 55° szerokości geograficznej północnej,

b) pas ziemi między 49° a 55° będzie aproksymowany pasem kuli o promieniu $r_2 = 6353.6483$ km

Niech x_a oznacza długość geograficzną punktu a podaną z dokładnością do sekundy:

$$x_a = (\text{stop. } x_a, \text{min. } x_a, \text{sek. } x_a),$$

a y_a - szerokość geograficzną punktu a podaną z dokładnością do sekundy:

$$y_a = (\text{stop. } y_a, \text{min. } y_a, \text{sek. } y_a).$$

W analogiczny sposób podane są współrzędne punktu b:

$$x_b = (\text{stop. } x_b, \text{min. } x_b, \text{sek. } x_b),$$

$$y_b = (\text{stop. } y_b, \text{min. } y_b, \text{sek. } y_b).$$

W celu znalezienia odległości d między punktami a i b należy:

1. Współrzędne podane w stopniach zamienić na współrzędne w radianach:

$$a(x_a, y_a) \rightarrow a(\alpha_a, \beta_a),$$

gdzie:

$$\alpha_a = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\frac{\text{sek } x_a}{60} + \text{min } x_a}{60} + \text{st } x_a,$$

$$\beta_a = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\frac{\text{sek } y_a}{60} + \text{min } y_a}{60} + \text{st } y_a,$$

analogicznej zamiany należy dokonać dla punktu b:

$$b(x_b, y_b) \rightarrow b(\alpha_b, \beta_b).$$

2. Współrzędne podane w radianach zamienić na współrzędne sferyczne:

$$a(\alpha_a, \beta_a) \rightarrow a(r_a, \varphi_a, \theta_a),$$

gdzie:

$$r_a = r_z,$$

$$\varphi_a = \alpha_a$$

$$\theta_a = \frac{1}{2}\pi - \beta_a$$

analogicznej zamiany należy dokonać dla punktu b:

$$b(\alpha_b, \beta_b) \rightarrow b(r_b, \varphi_b, \theta_b).$$

3. Współrzędne sferyczne zamienić na współrzędne kartezjańskie:

$$a(r_a, \varphi_a, \theta_a) \rightarrow a(x_a, y_a, z_a),$$

gdzie:

$$x_a = r_z * \cos \varphi_a * \sin \theta_a,$$

$$y_a = r_z * \sin \varphi_a * \sin \theta_a,$$

$$z_a = r_z * \cos \theta_a,$$

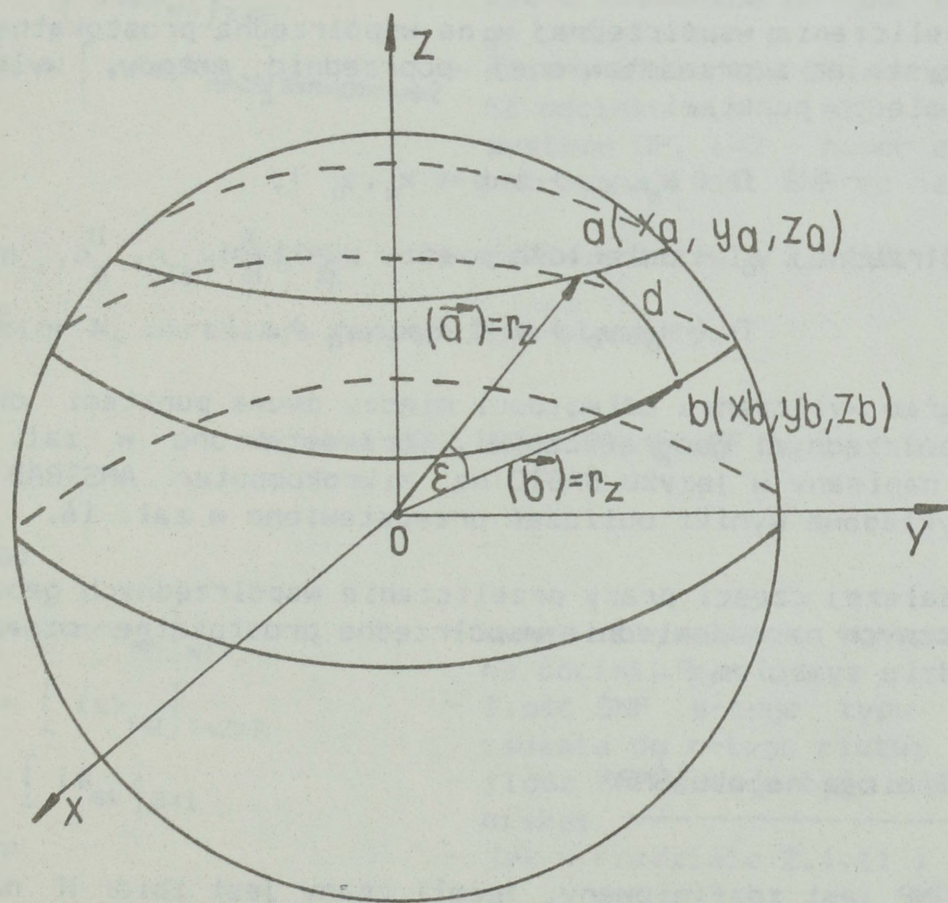
analogicznej zamiany należy dokonać dla punktu b:

$$b (r_b, \varphi_b, \theta_b) \rightarrow b (x_b, y_b, z_b).$$

Zakłada się, że punkty a, b wyznaczają końce wektorów o początku w kartezjańskim układzie współrzędnych (rys.27).

4. Korzystając ze wzoru na iloczyn skalarny wektorów obliczyć kąt między wektorami:

$$\cos \angle (\vec{a}, \vec{b}) = \frac{x_a * x_b + y_a * y_b + z_a * z_b}{\sqrt{x_a^2 + y_a^2 + z_a^2} + \sqrt{x_b^2 + y_b^2 + z_b^2}}$$



Rys.27. Graficzna ilustracja wyliczania długości łuku

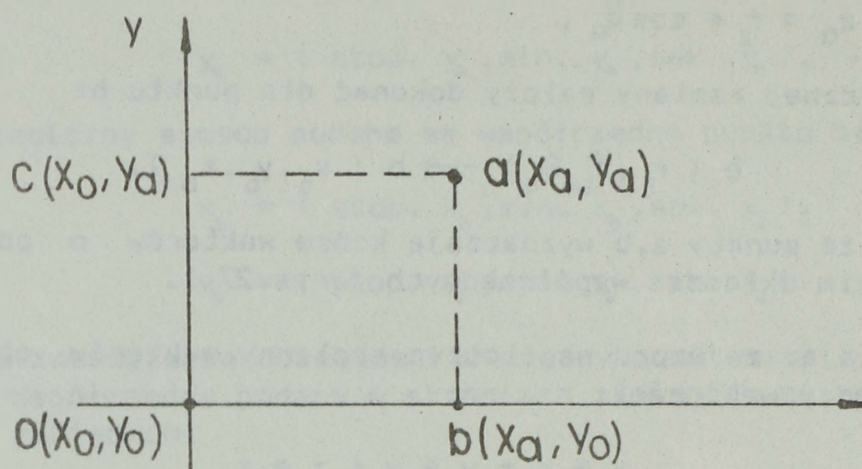
5. Obliczyć długość łuku:

$$d = r_z * \epsilon,$$

przy czym:

$$\epsilon = \arccos \angle (\vec{a}, \vec{b}).$$

Pokazana metoda może również służyć do przeliczania współrzędnych geograficznych na współrzędne prostokątne. Niech x_0 oznacza długość, a y_0 szerokość geograficzną początku układu współrzędnych prostokątnych (rys.28).



Rys.28. Graficzna ilustracja przeliczania współrzędnych

W celu przeliczenia współrzędnej x_0 na współrzędną prostokątną należy, korzystając z przedstawionej poprzednio metody, wyliczyć odległość między punktami:

$$O(x_0, y_0) \text{ i } b(x_a, y_0),$$

a dla współrzędnej y_a - odległość między punktami:

$$O(x_0, y_0) \text{ i } c(x_0, y_a).$$

Podprogram wyliczania odległości między dwoma punktami określonymi współrzędnymi geograficznymi, przedstawiono w zał. 28. Został on napisany w języku BASIC na mikrokomputer AMSTRAD CPC 6128. Przykładowe wyniki obliczeń przedstawiono w zał. 16.

UWAGA: W dalszej części pracy przeliczanie współrzędnych geograficznych na odpowiednie współrzędne prostokątne oznaczone będzie symbolem P.

2.1.14. Definicja nalogu ŚNF

Nalog ŚNF jest zdefiniowany, jeżeli znany jest zbiór N następującej postaci:

$$N = (N_I, N_J, N_{PW}),$$

przy czym:

- N_I - podzbiór parametrów ilościowych opisujących nalog ŚNF,
- N_J - podzbiór parametrów jakościowych opisujących nalog ŚNF,
- N_{PW} - podzbiór parametrów opisujących położenie i warunki działania ŚNF.

Podzbiór N_I określają następujące elementy:

$$N_I = (IL, TKN, LDR, NRDR, LOPK, NROPK, N_p, n_{Z1}^I, n_{Z2}, n_{Z1}^{II}, n_{Z3}, n_{Z1}^{III}, n_{Z4}),$$

gdzie:

$IL = (il_1, il_2, \dots, il_M)$ - ilość ŚNP rzutu uderzeniowego dolatujących do m-tego wierzchołka trasy;

$TKN = [tkn_{ji}]_{L \times 2}$ - macierz kolejności niszczenia obiektów, L - ilość obiektów, i=1 - kolejność niszczenia, i=2 - priorytet niszczenia;

$LDR = [ldr_{mn}]_{M \times M}$ - ilość dywizjonów raketowych do zniszczenia na odcinku m,n trasy nalotu;

$NRDR = [nrdr_{mnZ}]_{M \times M \times LDR(m,n)}$ - numery dywizjonów raketowych do zniszczenia na odcinku m,n;

$LOPK = [lopk_{mn}]_{M \times M}$ - ilość elementów OP do zniszczenia na odcinku m,n;

$NROPK = [nropk_{mnZZ}]_{M \times M \times LOPK(m,n) \times 2}$ - numery elementów OP do zniszczenia na odcinku m,n, i=1 - numer podsystemu OP, i=2 - numer elementu;

N_p - potrzebna ilość ŚNP do nalotu;

$n_{Z1}^I, n_{Z2}, n_{Z1}^{II}, n_{Z3}, n_{Z1}^{III}, n_{Z4}$ - jak w rozdziale 2.1.10.

Podzbiór N_J określają następujące elementy:

$$N_J = (NRU, ISK, IS, \delta_q, FF),$$

gdzie:

$NRU = [nru_{mn}]_{M \times M}$ - numer optymalnego ugrupowania ŚNP na odcinku m,n;

$ISK = [isk_{szr}]_{S \times Z \times R}$ - ilość ŚNP s-tego typu do z-tego zadania do r-tego rzutu;

$IS = [is_{sl}]_{S \times L}$ - ilość ŚNP s-tego typu z l-tego lotniska;

δ_q, FF - jak w rozdziale 2.1.11 i 2.1.12.

Podzbiór N_{PH} określają następujące elementy:

$$N_{PH} = (H_C, V_C, T, OP),$$

gdzie:

$H_C = [H_C(r)]_R$ - wysokość lotu r-tego rzutu ŚNP;

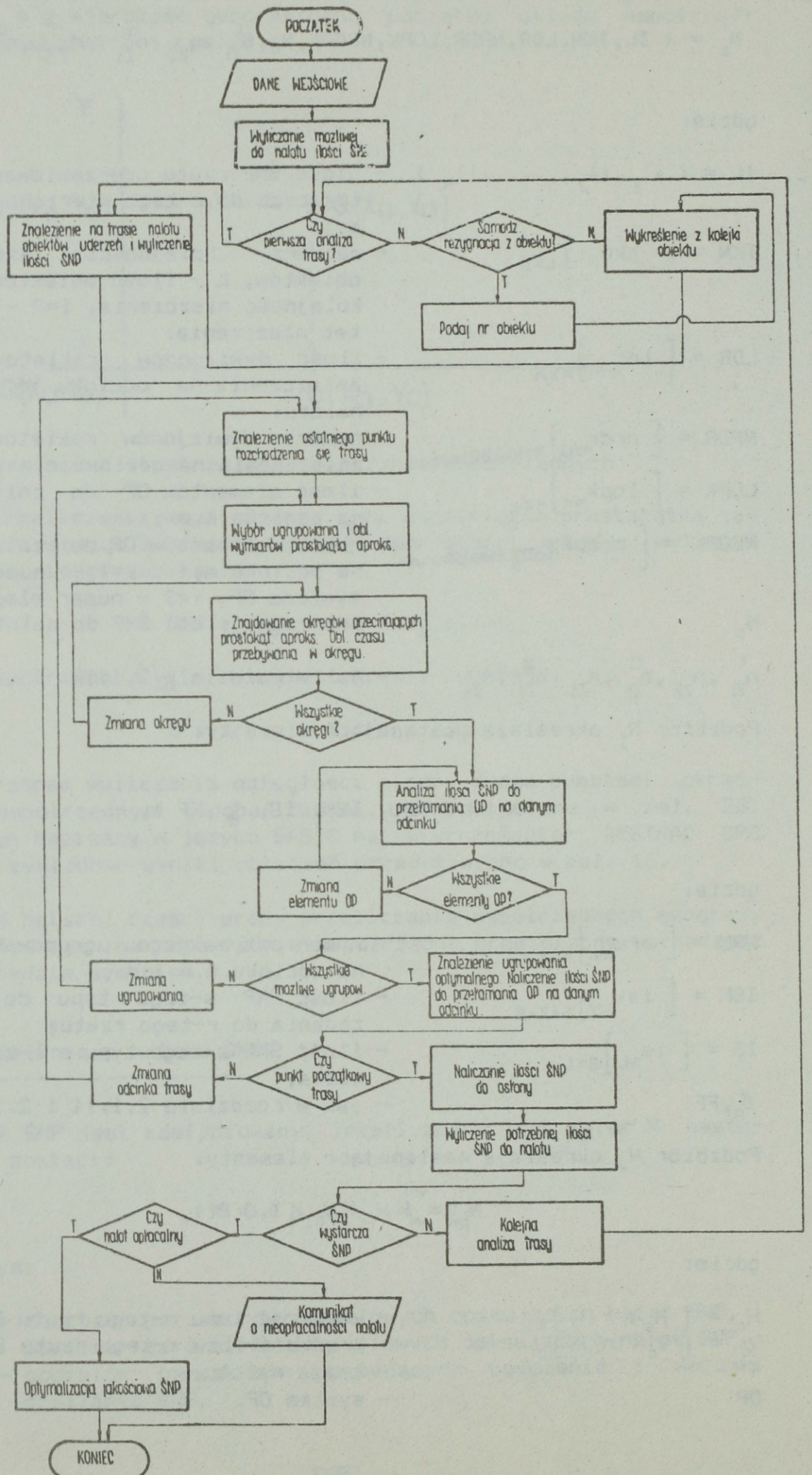
$V_C = [V_C(r)]_R$ - prędkość lotu r-tego rzutu ŚNP;

T - trasa nalotu;

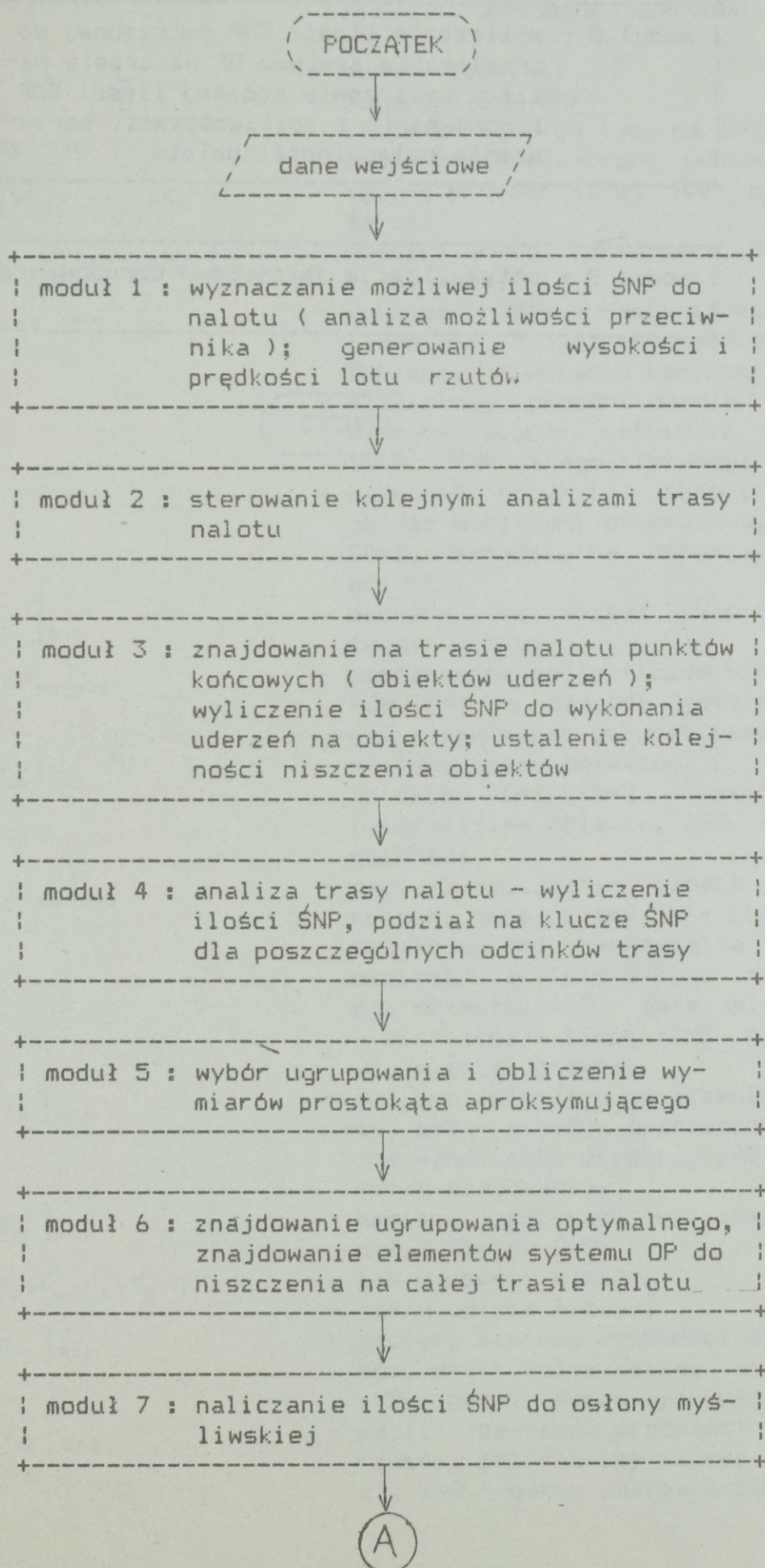
OP - system OP.

2.2. ALGORYTM FORMOWANIA I OPTIMALIZOWANIA NALOTU ŚNF

2.2.1. Schemat blokowy algorytmu



2.2.2. Struktura modułarna algorytmu



A



+-----+
| moduł 8 : wyliczenie ilości ŚNF potrzebnej do |
| przełamania systemu OP na trasie na- |
| lotu, wyliczenie ogólnej ilości ŚNF |
| i porównanie z możliwościami, spraw- |
| dzenie opłacalności nalotu |
+-----+



+-----+
| moduł 9 : optymalizacja jakościowa ugrupowania |
| ŚNF |
+-----+



KONIEC

2.2.3. Wykaz danych wejściowych do algorytmu

$$K = [k_{sl}]_{S \times L}$$

$$l = 1, 2, \dots, L$$

$$s = 1, 2, \dots, S$$

$$B = [b_{sl}]_{S \times L}$$

$$C = (c_1, c_2, \dots, c_M)$$

$$V = (v_1, v_2, \dots, v_L)$$

$$T = 0, 1, 2, \dots$$

NK

D^{KR}

SD

$$A = [a_{ij}]_{M \times M}$$

$$WW = [ww_{mn}]_{M \times 2}$$

$$O = [o_{lt}]_{L \times 3}$$

$$KL = [kl_{nm}]_{N \times 4}$$

$$D = [d_{ip}]_{L \times 2}$$

$$M = [m_{un}]_{U \times N}$$

$$d_g^d, d_g^g, d_s^d, d_s^g, d_p^d, d_p^g$$

$$H_c = [h_{rz}]_{R \times Z}$$

$$V_c = [v_{rz}]_{R \times Z}$$

- ilość ŚNF s-tego typu na l-tym lotnisku na wybranym kierunku nalogu KR;
- numery lotnisk;
- numery typów ŚNF;
- ilość ŚNF s-tego typu na l-tym lotnisku nosicielei broni jądrowej;
- ogólny procent strat ŚNF na m-ty nalog;
- współczynniki sprawności ŚNF na lotniskach;
- kolejne chwile narastania konfliktu;
- ilość ŚNF, o jaką zwiększa się stan ŚNF przy narastaniu konfliktu;
- szacunkowy procent użycia ŚNF na wybrany obszar nalogu z ogólnej ilości ŚNF danego kierunku;
- wskaźnik decyzji: jeżeli SD=0, obiekt wybierany programowo, jeżeli SD=1, samodzielna decyzja wyboru obiektu;
- macierz sąsiedztwa wierzchołków trasy nalogu;
- współrzędne geograficzne wierzchołków, n=1 - długość geograficzna, n=2 - szerokość geograficzna;
- macierz opisu obiektów, L - ilość obiektów, l=1 i l=2 - współrzędne geograficzne obiektu, l=3 - klasa obiektu;
- macierz naliczania ilości ŚNF do obiektu danej klasy, N - ilość klas obiektów, m=1 - maksymalna (m=2 - minimalna) ilość ŚNF do zniszczenia obiektu, m=3 - maksymalna (m=2 - minimalna) ilość ŚNF do obezwładnienia obiektu;
- macierz decyzji o niszczeniu obiektu, p=1 - decyzja o zniszczeniu lub obezwładnieniu obiektu, p=2 - priorytet niszczenia;
- macierz możliwych ugrupowań dla n=1, N kluczy ŚNF;
- jak w opisie metody;
- jak w opisie metody;
- macierz zakresu wysokości dla rzutów, z=1 - dolny zakres wysokości, z=2 - górny zakres wysokości;
- macierz zakresów prędkości lotu dla rzutów, z=1 - dolny zakres prędkości, z=2 - górny zakres prędkości;

$$OP = [op_{ijk}]_{I \times J \times 4}$$

$$T_{dr} = [t_{a,b}^{dr}]_{A \times 4}$$

$$TAB = [tab_{cd}]_{C \times 3}$$

$$P_{Z4}^d, P_{Z4}^g$$

$$W = [w_{zs}]_{Z \times S}$$

$$R = [r_{zs}]_{Z \times S}$$

Dane pośrednie

$$I = [tkn_{ji}]_{L \times 2}$$

$$L = (l_1, l_2, \dots, l_M)$$

$$IL = (il_1, il_2, \dots, il_M)$$

$$ILK = [ilk_{im}]_{M \times M}$$

$$a(u), b(u)$$

$$NRDR = [nrdr_{mnz}]_{M \times M \times LDR(m,n)}$$

$$NROPK = [nropk_{mnZZi}]_{M \times M \times LOPK(m,n) \times 2}$$

- macierz opisu systemu OP, I - ilość elementów systemu, J - ilość podsystemów, k=1 - typ elementu OP, k=2 - wskaźnik przynależności organizacyjnej elementu OP, k=3 i k=4 - współrzędne geograficzne elementu OP;

- tabela danych dla podsystemu OP^{NR}, A - ilość typów, b=1 - zasięg rażenia na małych wysokościach, b=2 - zasięg rażenia na średnich i dużych wysokościach, b=3 - czas cyklu strzelania, b=4 - prawdopodobieństwo zniszczenia ŚNP (zał. 9);

- jak w opisie metody;

- tabela naliczania ilości ŚNP do niszczenia elementów systemu OP, C - ilość typów elementów systemu OP, d=1 - kod podsystemu OP, d=2 - kod typu elementu, d=3 - ilość ŚNP (zał. 12);

- najmniejszy (największy) procentowy udział rzutu rozpoznawczego w nalocie;

- jak w opisie metody;

- macierz współczynników jakości ŚNP, Z - ilość zadań, S - ilość typów;

- macierz zabronionego użycia ŚNP;

- numer analizy trasy nalotu;

- macierz kolejności niszczenia obiektów, L - ilość obiektów, i=1 - numer niszczenia, i=2 - priorytet niszczenia;

- suma kolumn macierzy sąsiedztwa wierzchołków;

- ilość ŚNP dolatujących do m-tego wierzchołka trasy;

- ilość kluczy ŚNP między wierzchołkami i, m;

- szerokość i długość prostokąta aproksymującego u-te ugrupowanie ŚNP;

- numery dywizjonów rakietowych przecinających korytarz lotu ugrupowania u na odcinku trasy m, n, przy czym: u - ugrupowanie optymalne, LDR(m, n) - ilość dywizjonów rakietowych przecinających korytarz;

- numery elementów OP, które znalazły się wewnątrz korytarza lotu optymalnego ugrupowania, LOPK(m, n) -

$O(1,3)$

$$PM = [p_{sl}^m]_{S \times L}$$

- ilość elementów OP, $i=1$ - numer podsystemu, $i=2$ numer elementu;
- $O(1,3)=-1$ oznacza rezygnację z niszczenia obiektu 1;
- stan ŚNF s-tego typu na 1-tym lotnisku; macierz FM uwzględnia sprawność ŚNF, czas narastania konfliktu, użycie ŚNF z BJ.

2.2.4. Opisy modułów algorytmu

moduł 1

A. Dane wejściowe : $K, B, C, V, T, NK, D^{KR}, m, H_c, V_c$.

B. Czynności:

1) dla $LL = \overline{1,L}$ i dla $ss = \overline{1,S}$ obliczyć:

$$PM(SS,LL) = (K(ss,LL) - B(ss,LL) + T * NK) * V(LL) * (1 - C(m))$$
$$ILS(LL) = ILS(LL + FM(ss,LL));$$

2) dla $LL = \overline{1,L}$ obliczyć:

$$IL_{SP} = IL_{SP} + ILS(LL);$$

3) obliczyć:

$$IL_{SFD} = IL_{SP} * D^{KR};$$

4) dla $r = \overline{1,3}$ wylosować liczbę S_1 z przedziału $\langle 0,1 \rangle$ z równomiernym rozkładem prawdopodobieństwa i obliczyć:

$$H_c(r) = H_c^d(r) + (H_c^g(r) - H_c^d(r)) * S_1$$
$$V_c(r) = V_c^d(r) + (V_c^g(r) - V_c^d(r)) * S_1;$$

C. Dane wyjściowe : $IL_{SFD}, H_c(r), V_c(r), r = \overline{1,3}$.

moduł 2

A. Dane wejściowe: I, SD, TKN, L .

B. Czynności:

1) $I=1$;

2) jeżeli $I=1$, to skok do modułu 3;

3) jeżeli $SD=0$ to:

a) z $TKN(1,1)$ dla $l = \overline{1,L}$ znaleźć:

$$l = \max_{l = \overline{1,L}} (TKN(1,1)),$$

b) $O(1,3)=-1$;

4) jeżeli $SD=1$, to należy podać l i $O(1,3)=-1$;

5) skok do modułu 3;

C. Dane wyjściowe: $O(1,3)$.

moduł 3

A. Dane wejściowe: A, WW, O, KL, D.

B. Czynności:

- 1) dla $j=1, \overline{M}$, $i=1, \overline{M}$ obliczyć:
 $L(j)=L(j)+A(i,j)$;
- 2) ustawić $m=M$;
- 3) jeżeli $L(m) \neq 0$, to skok do 7;
- 4) dla $l=1, \overline{L}$ wykonać:
jeżeli $WW(m,1)=O(1,1)$ i $WW(m,2)=O(1,2)$, to skok do 5,
w przeciwnym przypadku zmiana l ;
- 5) wylosować liczbę S_2 z przedziału $\langle 0,1 \rangle$ z równomiernym
rozkładem prawdopodobieństwa;
- 6) jeżeli $O(1,3)=-1$, to $IL(m)=0$;
- 7) jeżeli $d(1,1)=0$, to:
 $IL(m)=KL(O(1,3),4)+(KL(O(1,3),3)-KL(O(1,3),4))*S_2$;
jeżeli $d(1,1)=1$, to:
 $IL(m)=KL(O(1,3),2)+(KL(O(1,3),1)-KL(O(1,3),2))*S_2$;
- 8) jeżeli $m=2$, to skok do 9,
w przeciwnym przypadku $m=m-1$ i skok do 3;
- 9) dla $j=1, \overline{L}$ wykonać:
- 10) $max=0$
- 11) dla $l=1, \overline{L}$ wykonać:
jeżeli $d(1,2) > max$, to $max=d(1,2)$, $NF=1$
- 12) podstawić:
 $TKN(j,1)=NF$
 $TKN(j,2)=max$
 $d(NF,2)=0$;

C. Dane wyjściowe: $L(m)$, $IL(m)$, $TKN(j,i)$, $m=1, \overline{M}$, $j=1, \overline{L}$, $i=1,2$.

moduł 4

A. Dane wejściowe: A, L, IL.

B. Czynności:

- 1) ustawić $m=M$;
- 2) zapamiętać $WK=m$;
- 3) dla $i=1, \overline{M}$:
jeżeli $A(m,i)=1$, to $WF=i$ i skok do 4,
jeżeli $A(m,i)=0$, to zmiana i ;
- 4) jeżeli:
 $L(m)=0$, to skok do 5,
 $L(m) \neq 0$, to skok do 6;
- 5) $ILG(WF,WK)=IL(WK)$ i skok do 8;

- 6) dla $l=1, M$:
 jeżeli $ILG(WK, l) \neq 0$, to $S=S+ILG(WK, l)$,
 jeżeli $ILG(WK, l)=0$, to zmiana l ;
 7) $ILG(WF, WK)=S$
 $S=0$;
 8) jeżeli $m=2$, to skok do 9,
 jeżeli $m \neq 2$, to $m=m-1$ i skok do 2;
 9) dla $i=1, M$ i $m=1, M$ obliczyć:
 $ILK(i, m) = E [ILG(i, m)/4 + 0.5]$;

C. Dane wyjściowe: $ILG(i, m)$, $ILK(i, m)$, $i=1, M$, $m=1, M$.

moduł 5

A. Dane wejściowe: ILK , M , $d_g^d, d_g^g, d_s^d, d_s^g, d_p^d, d_p^g, s_{KL}, g_{KL}$.

B. Czynności:

- 1) dla zadanego $ILK(i, m)$:
 $ILK=ILK(i, m)$,
 $ILP=1$,
 $d=0$,
 wylosować z przedziału $\langle 0, 1 \rangle$ liczby S_3, S_4 i obliczyć:
 $d_g = d_g^d + (d_g^g - d_g^d) * S_3$,
 $d_s = d_s^d + (d_s^g - d_s^d) * S_4$;
- 2) jeżeli $ILK < 7$, to skok do 3,
 jeżeli $ILK \geq 7$, to skok do 9;
- 3) jeżeli $ILK=1$, to skok do 8;
- 4) jeżeli $m(2, ILK)=0$, to skok do 5,
 jeżeli $m(2, ILK)=1$, to:
 $a(2)=s_{KL}$,
 $b(2)=((ILK-1)*d_g + ILK*g_{KL} + (ILP-1)*d_p) * ILP$;
- 5) jeżeli $m(3, ILK)=0$, to skok do 6,
 jeżeli $m(3, ILK)=1$, to:
 $a(3)=ILK*s_{KL} + (ILK-1)*d_s$,
 $b(3)=(g_{KL} + (ILP-1)*d_p) * ILP$;
- 6) jeżeli $m(4, ILK)=0$, to skok do 7,
 jeżeli $m(4, ILK)=1$, to:
 $a(4)=ILK*s_{KL} + (ILK-1)*d_s$,
 $b(4)=((ILK-1)*d_g + ILK*g_{KL} + (ILP-1)*d_p) * ILP$;
- 7) jeżeli $m(5, ILK)=0$, to skok do modułu 6,
 jeżeli $m(5, ILK)=1$, to:
 $a(5)=(ILK-1)*d_s + ILK*s_{KL}$,
 $b(5)=((ILK-2)*d_g + (ILK-1)*g_{KL} + (ILP-1)*d_p) * ILP$
 i skok do modułu 6;
- 8) $a(1)=s_{KL}$,
 $b(1)=g_{KL}$ i skok do modułu 6;
- 9) podstawić:
 $w=0$,
 $ILP=2$;
- 10) jeżeli $ILK \leq 12+w$, to:
 $NP = E [ILK/ILP + 0.5]$,
 wylosować liczbę S_5 z przedziału $\langle 0, 1 \rangle$

- $$d_p = d_p^d + (d_p^g - d_p^d) * S,$$
- $$ILK = NP \text{ i skok do } 4;$$
- 11) jeżeli $ILK > 12 + w$, to:
- $$w = w + 6,$$
- $$ILP = ILP + 1 \text{ i skok do } 10;$$

C. Dane wyjściowe: $a(u)$, $b(u)$, $u = \overline{1,5}$.

moduł 6

A. Dane wejściowe: ILK , a , b , WW , OF .

B. Czynności:

1) dla $n = \overline{1, M}$:

2) dla $m = \overline{1, M}$:

jeżeli $ILK(n, m) = 0$, to zmiana m lub n ,

jeżeli $ILK(n, m) = 1$, to skok do modułu 5

3) z modułu 5: $a(u)$, $b(u)$, $u = \overline{1,5}$

4) dla $u = \overline{1,5}$:

5) dokonać przeliczenia współrzędnych:

$$x_{s1} = F(WW(n, 1))$$

$$y_{s1} = F(WW(n, 2))$$

$$x_{s2} = F(WW(m, 1))$$

$$y_{s2} = F(WW(m, 2))$$

6) obliczyć:

$$d = a(u) / 2$$

$$m = (y_{s2} - y_{s1}) / (x_{s2} - x_{s1}),$$

$$k = (y_{s1} * y_{s2} - x_{s1} * y_{s2}) / (x_{s2} - x_{s1}),$$

$$\text{del} = (-2 * x_{s2} * (1 - 1/m^2))^2 - 4 * (1 + 1/m) * (x_{s2}^2 * (1 + 1/m^2) - d^2)$$

7) obliczyć:

$$x_1 = (2 * x_{s2} * (1 - 1/m^2) + \sqrt{\text{del}}) / (2 * (1 + 1/m^2))$$

$$y_1 = -1/m * x_1 + y_{s2} + 1/m * x_{s2}$$

$$x_2 = (2 * x_{s2} * (1 - 1/m^2) - \sqrt{\text{del}}) / (2 * (1 + 1/m^2))$$

$$y_2 = -1/m * x_2 + y_{s2} + 1/m * x_{s2}$$

8) obliczyć:

$$x_{p1} = (y_1 + 1/m * x_1 - y_{s1} - 1/m * x_{s1}) / (-m - 1/m)$$

$$y_{p1} = m * x_{p1} + y_1 + 1/m * x_1$$

$$x_{p2} = (y_1 + 1/m * x_1 - y_{s2} - 1/m * x_{s2}) / (-m - 1/m)$$

$$y_{p2} = m * x_{p2} + y_1 + 1/m * x_1$$

$$x_{p3} = (y_2 + 1/m * x_2 - y_{s1} - 1/m * x_{s1}) / (-m - 1/m)$$

$$y_{p3} = m * x_{p3} + y_2 + 1/m * x_2$$

$$x_{p4} = (y_2 + 1/m * x_2 - y_{s2} - 1/m * x_{s2}) / (-m - 1/m)$$

$$y_{p4} = m * x_{p4} + y_2 + 1/m * x_2$$

9) obliczyć:

$$c_1 = m * x_{p1} + k - y_{p1}$$

$$c_2 = m * x_{p2} + k - y_{p2}$$

$$c_3 = m * x_{p3} + k - y_{p3}$$

$$c_4 = m * x_{p4} + k - y_{p4}$$

10) jeżeli

$$c_1 > 0, \text{ to } x_{pp1} = x_{p1}, \quad Y_{pp1} = y_{p1}$$

$$c_1 < 0, \text{ to } x_{pp3} = x_{p1}, \quad Y_{pp3} = y_{p1}$$

jeżeli

$$c_2 > 0, \text{ to } x_{pp2} = x_{p2}, \quad Y_{pp2} = y_{p2}$$

- $c_2 < 0$, to $x_{pp4} = x_{p2}$, $y_{pp4} = y_{p2}$
 jeżeli
 $c_3 > 0$, to $x_{pp1} = x_{p3}$, $y_{pp1} = y_{p3}$
 $c_3 < 0$, to $x_{pp3} = x_{p3}$, $y_{pp3} = y_{p3}$
 jeżeli
 $c_4 > 0$, to $x_{pp2} = x_{p4}$, $y_{pp2} = y_{p4}$
 $c_4 < 0$, to $x_{pp4} = x_{p4}$, $y_{pp4} = y_{p4}$
- 11) $c = m * x_{pp1} + y_1 + 1/m * x_1 - y_{pp1}$
- 12) jeżeli
 $c = 0$, to $k_{12} = y_1 + 1/m * x_1$
 $k_{34} = y_2 + 1/m * x_2$
 $c \neq 0$, to $k_{12} = y_2 + 1/m * x_2$
 $k_{34} = y_1 + 1/m * x_1$
- 13) ustawić $j=1$
- 14) dla $i=1, I$:
 $x_{dr}(i) = P(OP(i, j, 3))$,
 $y_{dr}(i) = P(OP(i, j, 4))$;
- 15) jeżeli $H_c(3) \leq H_m$, to $D(i) = t_{dr}(OP(i, j, 1), 1)$,
 jeżeli $H_c(3) > H_m$, to $D(i) = t_{dr}(OP(i, j, 1), 2)$;
- 16) obliczyć:
 $c = m * x_{dr}(i) + k - y_{dr}(i)$;
- 17) jeżeli $c > 0$, to:

$$D_{dr}(i) = \frac{|m * x_{dr}(i) - y_{dr}(i) + k_{12}|}{\sqrt{m^2 + 1}}$$

$$d_{akt}(i) = \sqrt{(x_{dr}(i) - x_{pp1})^2 + (y_{dr}(i) - y_{pp1})^2} + \sqrt{(x_{dr}(i) - x_{pp2})^2 + (y_{dr}(i) - y_{pp2})^2}$$
 jeżeli $c < 0$, to:

$$D_{dr}(i) = \frac{|m * x_{dr}(i) - y_{dr}(i) + k_{34}|}{\sqrt{m^2 + 1}}$$

$$d_{akt}(i) = \sqrt{(x_{dr}(i) - x_{pp3})^2 + (y_{dr}(i) - y_{pp3})^2} + \sqrt{(x_{dr}(i) - x_{pp4})^2 + (y_{dr}(i) - y_{pp4})^2}$$
- 18) jeżeli $D_{dr}(i) < D(i)$, to skok do 19,
 jeżeli $D_{dr}(i) \geq D(i)$, to skok do 14
- 19) obliczyć:
 $d_{max1} = \sqrt{(x_{pp2} - x_{pp1})^2 + (y_{pp2} - y_{pp1})^2} + 2 * D(i)$
- 20) jeżeli $d_{akt}(i) < d_{max1}$, to skok do 21,
 jeżeli $d_{akt}(i) \geq d_{max1}$, to skok do 14
- 21) obliczyć:
 $LD(u) = LD(u) + 1$,
 $NRD(u, LD(u)) = i$,
 $OD(i) = 2 * \sqrt{(D(i))^2 - (D_{dr}(i))^2}$,
 $t_p(i) = (OD(i) + b(u)) / V_c(3)$,
 $St_p(u) = St_p(u) + t_p(i)$ i skok do 14
- 22) obliczyć:

$$d_{max2} = \frac{\sqrt{(x_{pp1} - x_{pp2})^2 + (y_{pp1} - y_{pp2})^2} + \sqrt{(x_{pp1} - x_{pp3})^2 + (y_{pp1} - y_{pp3})^2} + \sqrt{(x_{pp1} - x_{pp4})^2 + (y_{pp1} - y_{pp4})^2}}{2}$$
- 23) dla $j=2, 6$:
- 24) dla $i=1, J$:
 $x_p(i, j) = P(OP(i, j, 3))$
 $y_p(i, j) = P(OP(i, j, 4))$

25) obliczyć:

$$dd(i, j) = \sqrt{(x_p(i, j) - x_{pp1})^2 + (y_p(i, j) - y_{pp1})^2} + \\ + \sqrt{(x_p(i, j) - x_{pp2})^2 + (y_p(i, j) - y_{pp2})^2} + \\ + \sqrt{(x_p(i, j) - x_{pp3})^2 + (y_p(i, j) - y_{pp3})^2} + \\ + \sqrt{(x_p(i, j) - x_{pp4})^2 + (y_p(i, j) - y_{pp4})^2}$$

26) jeżeli $dd(i, j) \leq d_{max2}$, to skok do 27
jeżeli $dd(i, j) > d_{max2}$, to zmiana i lub j

27) podstawić:

$$LOP(u) = LOP(u) + 1$$

$$NROP(u, LOP(u), 1) = i$$

$$NROP(u, LOP(u), 2) = j, \text{ zmiana i lub j}$$

28) jeżeli $St(u) \leq MIN$, to skok do 29

jeżeli $St(u) > MIN$, to zmiana u

29) podstawić:

$$MIN = St(u)$$

$$NRU(n, m) = u$$

$$LDR(n, m) = LD(u)$$

$$\text{dla } z=1, LD(u)$$

$$NRDR(n, m, z) = NRDR(u, z)$$

$$LOPK(n, m) = LOP(u)$$

$$\text{dla } zz=1, LOP(u)$$

$$NROPK(n, m, zz, 1) = NROP(u, zz, 1)$$

$$NROPK(n, m, zz, 2) = NROP(u, zz, 2)$$

zmiana u lub m lub n;

C. Dane wyjściowe: $NRU(n, m)$, $LDR(n, m)$, $NRDR(n, m, z)$, $LOPK(n, m)$,
 $NROPK(n, m, zz, i)$, $n=1, M$, $m=1, M$, $z=1, LDR(n, m)$,
 $zz=1, LOPK(n, m)$, $i=1, 2$.

moduł 7

A. Dane wejściowe: m_{SNP}, n_m .

B. Czynność:

$$n_{SNP} = m_{SNP} * n_m;$$

C. Dane wyjściowe: n_{SNP} .

moduł 8

A. Dane wejściowe: $NRDR$, LDR , $NROPK$, $LOPK$, TAB , F_{Z4}^d , F_{Z4}^g .

B. Czynności:

1) dla $n=1, M$:

2) dla $m=1, M$:

3) dla $z=1, LDR(n, m)$:

jeżeli $NRDR(n, m, z) \neq 0$, to skok do 4

jeżeli $NRDR(n, m, z) = 0$, to zmiana z

4) dla $c=1, C$:

jeżeli $tab(c, 1) = 1$ i $tab(c, 2) = NRDR(m, n, z)$, to

$n_{dr22} = n_{dr22} + tab(c, 3)$ i zmiana z

- 5) dla $zz=1, \overline{LOPK}(n, m)$:
 jeżeli $NROPK(n, m, zz, 1) \neq 0$ i $NROPK(n, m, zz, 2) \neq 0$ to skok do 6
 w przeciwnym wypadku zmiana zz
- 6) dla $c=1, C$:
 jeżeli $\text{tab}(c, 1) = NROPK(m, n, zz, 2)$ i $\text{tab}(c, 2) = NROPK(m, n, zz, 1)$,
 to $n_{opZ2} = n_{opZ2} + \text{tab}(c, 3)$ i zmiana zz
- 7) obliczyć:
 $n_{z2} = n_{drZ2} + n_{opZ2}$
 $n_{z3} = ILG(1, 1)$
 $N = n_{z2} + n_{z3}$
 $d'_a = n_{z2} / n_{z3}$
- 8) jeżeli $d'_a > d'_e$, to skok do 11
- 9) obliczyć:
 dla S_6 wylosowanego z przedziału $\langle 0, 1 \rangle$
 $P_{z4} = P_{z4}^d + (P_{z4}^q - P_{z4}^d) * S_6$
 $n_{z1}^{dr} = n_{SNP} * P_{z4}$
 $F = 1 - P_{z4}$
 $F_{z2} = n_{z2} / N * F$
 $F_{z3} = n_{z3} / N * F$
 $n_{z1}^I = F_{z2} * n_{SNP}$
 $n_{z1}^{II} = F_{z3} * n_{SNP}$
 $n_{z4} = N * F_{z4} / F$
 $N_p = n_{z1}^I + n_{z2} + n_{z1}^{II} + n_{z3} + n_{z1}^{III} + n_{z4}$
- 10) jeżeli $N_p > IL_{STP}$, to skok do 12
 jeżeli $N_p < IL_{STP}$, to przejście do modułu 9
- 11) komunikat o nieopłacalności nalotu; koniec modułu
- 12) komunikat o braku możliwości realizacji nalotu,
 $I = I + 1$ i przejście do modułu 2;

C. Dane wyjściowe: $N_p, d'_a, n_{z1}^I, n_{z2}, n_{z1}^{II}, n_{z3}, n_{z1}^{III}, n_{z4}$.

moduł 9

A. Dane wejściowe: $W, R, n_{z1}^I, n_{z2}, n_{z1}^{II}, n_{z3}, n_{z1}^{III}, n_{z4}, FM$.

B. Czynności:

1) podstawić:

$$x(1) = n_{z1}^I$$

$$x(2) = n_{z2}$$

$$x(3) = n_{z1}^{II}$$

$$x(4) = n_{z3}$$

$$x(5) = n_{z1}^{III}$$

$$x(6) = n_{z4}$$

2) dla $I = \overline{1, S}$:

dla $J = \overline{1, Z}$ obliczyć:

$$W(I, J) = W(I, J) * R(I, J)$$

3) dla $J1 = \overline{1, S}$

dla $I1 = \overline{1, L}$ obliczyć:

$$ISB = ISB + B(I1, J1)$$

4) jeżeli $ISB = 0$, to "nalot z bronią jądrową"

jeżeli $ISB \neq 0$, to "nalot z bronią konwencjonalną"

- 5) podstawić:
 $P, F, H=0$
 $JJ=1$
 $RR=1$
 $WMX=0$
 $ZZ=1$
- 6) dla $SS=1$ wykonać
- 7) jeżeli $W(SS, ZZ) > WMX$, to $WMX=W(SS, ZZ)$, $SB=SS$
 $SS=SS+1$
- 8) jeżeli $SS > S$, to skok do 9
w przeciwnym wypadku to skok do 7
- 9) $W(SB, ZZ)=0$
 $LL=1$
- 10) podstawić:
 $KK=0$
- 11) jeżeli $FM(SB, LL)=0$ to skok do 17
- 12) $KK=KK+2$
- 13) $SW(SB, LL, ZZ, RR)=SW(SB, LL, ZZ, RR)+2$
- 14) jeżeli $SW(SB, LL, ZZ, RR) > X(JJ)$, to skok do 20
- 15) jeżeli $KK \leq FM(SB, LL)$, to skok do 12
- 16) $SW(SB, LL, ZZ, RR)=SW(SB, LL, ZZ, RR)-2$
 $X(JJ)=X(JJ)-SW(SB, LL, ZZ, RR)$
 $FM(SB, LL)=FM(SB, LL)-SW(SB, LL, ZZ, RR)$
- 17) podstawić:
 $LL=LL+1$
- 18) jeżeli $L \geq LL$, to skok do 10
- 19) $WMX=0$ i skok do 6
- 20) obliczyć:
 $SW(SB, LL, ZZ, RR)=SW(SB, LL, ZZ, RR)-2$
 $FM(SB, LL)=FM(SB, LL)-SW(SB, LL, ZZ, RR)$
 $LB=LL$
 $H=H+KK-2$
 $F=F+(KK-2)*WMX$
 $RR=RR+1$
 $JJ=JJ+2$
- 21) jeżeli $RR > R$, to skok do 25
- 22) jeżeli $P \neq 1$, to skok do 24
- 23) $ZZ=ZZ+1$ i skok do 6
- 24) $LL=LB$ i skok do 12
- 25) podstawić:
 $P=1$
 $ZZ=ZZ+1$
- 26) jeżeli $ZZ > Z$, to skok do 28
- 27) podstawić:
 $RR=1$
 $JJ=2$ i skok do 6
- 28) obliczyć:
 $FF=F/H$
- 29) podstawić:
 $RR=1$
 $ZZ=2$
- 30) dla $LL=\overline{1, L}$
dla $SB=\overline{1, S}$ obliczyć:
 $ST(LL, ZZ, RR)=ST(LL, ZZ, RR)+SW(SB, LL, ZZ, RR)$

31) dla $IR1=1, \overline{R}$
 dla $IZ1=1, \overline{Z}$
 dla $IS1=1, \overline{S}$
 dla $L1=1, \overline{L}$ obliczyć:
 $\dot{S}NF(IR1)=\dot{S}NF(IR1)+SW(IS1, L1, IZ1, IR1)$ i zmiana $L1$
 $\dot{S}NPO=\dot{S}NPO+\dot{S}NF(IR1)$ i zmiana $IS1, IZ1, IR1$

32) dla $IS1=1, \overline{S}$
 dla $IZ1=1, \overline{Z}$
 dla $IR1=1, \overline{R}$
 dla $L1=1, \overline{R}$ obliczyć:
 $ISK(IS1, IZ1, IR1)=ISK(IS1, IZ1, IR1)+SW(IS1, IZ1, IR1, L1)$
 $IS(L1, IS1)=IS(L1, IS1)+SW(IS1, IZ1, IR1, L1);$

C. Dane wyjściowe: $FF, \dot{S}NF(R), \dot{S}NPO, ISK(s, z, r), IS(l, s),$
 $ST(l, z, r), r=1, 3, s=1, S, z=1, 4, l=1, L.$

2.3. ALGORYTM SYMULACJI NALOTU ŚNF

W poprzednim rozdziale przedstawiony został model matematyczny nalotu ŚNF. Należy jednak podkreślić, iż model ten nie przedstawia bezpośrednio dynamiki działań bojowych wojsk OPK i ŚNF przeciwnika, a jedynie pewien określony stan początkowy. Dopiero historia stanów modelu umożliwia przedstawienie działania wojsk OPK i ŚNF przeciwnika podczas nalotu.

W celu wygenerowania takiej historii stanów zbudowany został algorytm symulacyjny nalotu ŚNF, do konstrukcji którego zastosowano układ organizacyjny typu kolejnych zdarzeń.

Ponieważ przy formowaniu nalotu ŚNF (rozdz. 2.2) analizę ilościowo-jakościową ugrupowania ŚNF wykonywano dla poszczególnych odcinków trasy nalotu, w analogiczny sposób zorganizowana zostanie symulacja nalotu (zał. 1).

Podstawowymi modułami algorytmu symulacji nalotu ŚNF są:

- moduł budowania i optymalizowania ilościowo-jakościowego nalotu ŚNF (opisany w poprzednim rozdziale);
- moduł formowania ugrupowania ŚNF do symulacji;
- moduł koordynacji czasowej;
- moduły działania podsystemów OP:
 - moduł działania rozpoznania radioelektronicznego,
 - moduł działania rozpoznania radiolokacyjnego,
 - moduł działania wojsk raketowych,
 - moduł działania lotnictwa myśliwskiego,
 - moduł działania walki radioelektronicznej;
- moduł podsumowania wyników symulacji.

W dalszej części pracy zostaną przedstawione, w sposób sformalizowany oraz w postaci zasadniczych procedur, poszczególne moduły algorytmu.

2.3.1. Moduł formowania ugrupowania ŚNF do symulacji

Zadaniem modułu formowania ugrupowania ŚNF jest: przydział ŚNF do niszczenia elementów systemu OP, ustalenie stanów poszczególnych ŚNF, aktualizacja ugrupowania ŚNF oraz wyznaczenie warunków, dla jakich rozgrywana będzie symulacja na danym odcinku trasy nalotu.

Przydział ŚNF do niszczenia elementów systemów OP odbywać się będzie zgodnie z priorytetami ważności pw poszczególnych odcinków trasy. Nadawanie priorytetów ważności poszczególnym odcinkom trasy (gałęziom dendrytu - rozdz. 2.1.3) odbywać się będzie według określonej procedury. W pierwszej kolejności nadaje się priorytety pw kolejnym odcinkom trasy, które prowadzą do obiektu ataku o najwyższym priorytecie niszczenia (pierwszy element macierzy TKN - rozdz. 2.1.14), przy czym najwyższy priorytet ważności pw (w sensie wartości najniższy) ma odcinek sąsiadujący z korzeniem dendrytu; w ten sposób wyznaczona zostanie główna droga nalotu ŚNF. W przypadku rozchodzenia się trasy nadaje się priorytety pw kolejnym odcinkom trasy, które prowadzą od drogi głównej do obiektu ataku o priorytecie niższym niż poprzedni, przy czym najwyższy priorytet ma odcinek

sąsiadujący z drogą główną. Czynność tę powtarza się, aż do wyczerpania obiektów ataku.

W wyniku wykonania powyższej procedury zbudowany zostanie wektor PW priorytetów ważności odcinków trasy nalotu o następującej postaci:

$$PW = \langle pw_j \rangle, \quad j = \overline{1, J},$$

gdzie:

pw_j - priorytet ważności j-tego odcinka trasy,
 J - ilość odcinków trasy.

Z dwóch dowolnych odcinków trasy nalotu $i, j \in J$ ten jest ważniejszy z punktu widzenia realizacji zadań nalotu, który ma wyższy priorytet ważności.

Przydział ŚNF (elementy macierzy SW dla $r = 1$ i $z = 2$ rozdz. 2.1.12) do niszczenia elementów systemu OP (elementy macierzy NRDR i NROP - rozdz. 2.1.14) odbywać się będzie zgodnie z następującą regułą: im wyższy priorytet ważności odcinka trasy nalotu, tym wyższy współczynnik jakości (macierz W - rozdz. 2.1.12) ŚNF przydzielonych do niszczenia elementów systemu OP "broniących" odcinka.

Procedura przydziału ŚNF realizowana będzie dla wszystkich odcinków trasy nalotu według następujących czynności:

- 1) wybierany jest odcinek trasy o najwyższym priorytecie ważności pw ,
- 2) z macierzy NRDR wybierany jest element systemu OP znajdujący się najbliżej wierzchołka początkowego wybranego odcinka,
- 3) z macierzy SW wybierany jest ŚNF o najwyższym współczynniku jakości,
- 4) do macierzy NC zapisywany jest numer elementu NRDR, a do macierzy SP zapisane są numery znalezionych elementów SW, przy czym:

$$NC = [nc_{j,s,l}]_{j \times s \times l},$$

gdzie:

$nc_{j,s,l}$ - numer przydzielonego do niszczenia elementu podsystemu OP na j-tym odcinku przez s-ty typ ŚNF z l-tego lotniska,

$$SP = [sp_{j,s,l}]_{j \times s \times l},$$

gdzie:

$sp_{j,s,l}$ - numer ŚNF niszczonego przydzielony element podsystemu OP,

- 5) czynności 2 - 4 wykonuje się dla wszystkich elementów macierzy NRDR,
- 6) czynności 1 - 5 wykonuje się dla wszystkich odcinków trasy nalotu.

W analogiczny sposób będzie przebiegała procedura dla elementów macierzy NROP.

Przydział ŚNF (elementy macierzy SW dla $r = 2$ i $z = 3$) do wykonania uderzeń na obiekty ataku (wektor O - roz. 2.1.5)

odbywać się będzie zgodnie z następującą regułą: im wyższy priorytet niszczenia obiektu, tym wyższy współczynnik jakości przydzielonego ŚNF.

Procedura przydziału ŚNF realizowana będzie dla wszystkich obiektów ataku według następujących czynności:

- 1) wybierany jest obiekt ataku o najwyższym priorytecie niszczenia,
- 2) z macierzy SW wybierany jest ŚNF o najwyższym współczynniku jakości,
- 3) do macierzy NO zapisywany jest numer obiektu ataku, a do macierzy SO zapisywany jest numer znalezionej komórki SW, przy czym:

$$NO = [no_{s,l}]_{S \times L},$$

gdzie:

$no_{s,l}$ - numer przydzielonego do niszczenia obiektu ataku przez s-ty typ ŚNF z l-tego lotniska,

$$SO = [so_{s,l}]_{S \times L},$$

gdzie:

$so_{s,l}$ - numer ŚNF niszczącego przydzielony obiekt ataku.

Wszystkie ŚNF w każdej chwili symulacji znajdują się w konkretnym stanie, w związku z czym ugrupowanie ŚNF wykonujące lot na danym odcinku trasy dzielone jest zawsze na dwa zasadnicze człony.

Pierwszy człon (nazywany dalej członem aktywnym) stanowią te ŚNF, których zadaniem jest niszczenie (przełamywanie) elementów systemu OP "broniących" odcinka trasy.

Drugi człon (nazywany dalej członem pasywnym) stanowią te ŚNF, których zadaniem jest przelot przez odcinek trasy. Elementami członu aktywnego na j-tym odcinku trasy ($j = \overline{1, J}$) są:

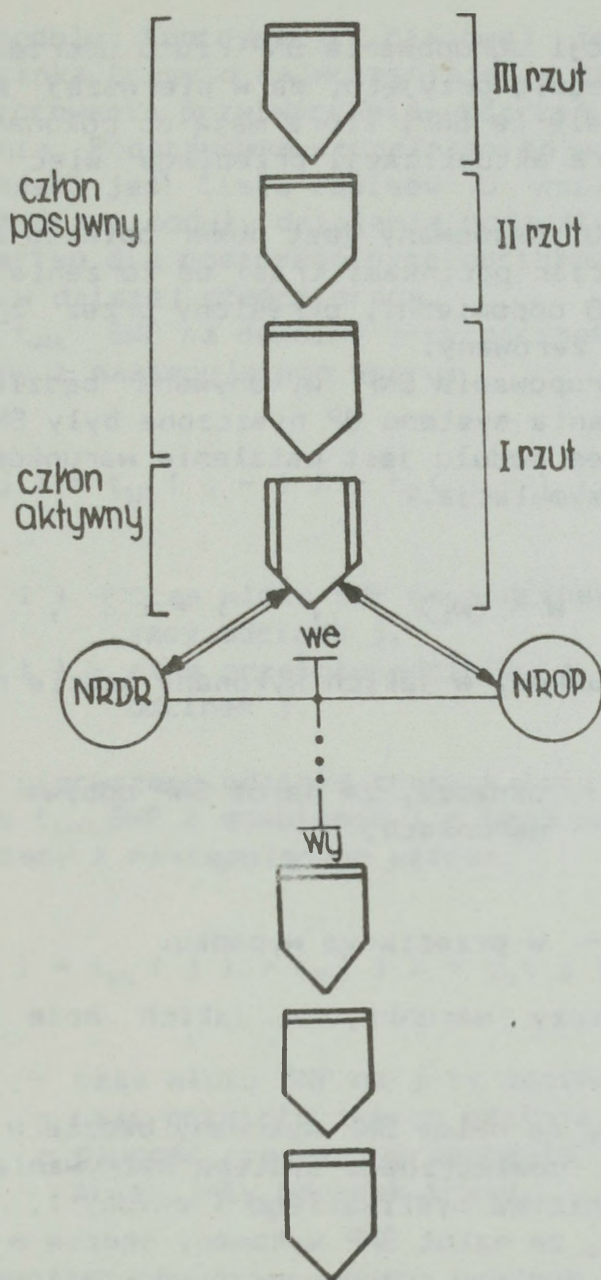
- ŚNF niszczące elementy podsystemu OP^{WR} w ilości $n_{z_2}^{DR}(j)$ (moduł ó - rozdz. 2.2.4);
- ŚNF niszczące pozostałe naziemne elementy systemu OP w ilości $n_{z_2}^{OP}(j)$;
- ŚNF osłony myśliwskiej w ilości $n_{z_1}^I(j)$.

Elementami członu pasywnego na j-tym odcinku trasy ($j = \overline{1, J}$) są:

- pozostała część ŚNF rzutu przełamującego w ilości $n_{z_2}(j) - (n_{z_2}^{DR}(j) + n_{z_2}^{OP}(j))$;
- ŚNF rzutu uderzeniowego w ilości $n_{z_3}(j)$;
- ŚNF osłony myśliwskiej rzutu uderzeniowego w ilości $n_{z_1}^{II}(j)$;
- ŚNF rzutu rozpoznawczego w ilości $n_{z_4}(j)$;
- ŚNF osłony myśliwskiej rzutu rozpoznawczego w ilości $n_{z_1}^{III}(j)$.

W pracy założono, że ŚNF rzutu przełamującego i rozpoznawczego tworzą na poszczególnych odcinkach trasy takie samo ugrupowanie, jak ŚNF rzutu uderzeniowego (rozdz. 2.1.6). Do wyznaczenia wymiarów prostokątów, aproksymujących poszczególne elementy członów ugrupowania ŚNF, należy wykorzystać moduł 5 algorytmu optymalizacji ugrupowania.

Graficzną ilustrację formowania ugrupowania ŚNF dla dowolnego odcinka trasy przedstawia rys.29:



Rys.29. Graficzna ilustracja formowania ugrupowania ŚNF dla dowolnego odcinka trasy nalotu

W wyniku oddziaływania systemu OP ŚNF mogą być niszczone. W module, każdorazowo przed wlotem na kolejny odcinek trasy, ugrupowanie ŚNF jest aktualizowane, przy czym aktualizacja przebiega na podstawie wyników uzyskanych w modułach działania systemu OP. Proces aktualizacji polega na "usunięciu" z ugrupowania odpowiedniej ilości ŚNF według poniższych heurystycznych reguł.

Aktualizacja ugrupowania ŚNF dla rzutu przełamującego przebiega według procedury odwrotnej do procedury przydzielania ŚNF do niszczenia elementów systemu OP. W pierwszej kolejności wybierany jest odcinek trasy o najniższym priorytecie ważności. Dla tego odcinka w macierzy NC znajdujący jest element leżący najbliżej wierzchołka końcowego, a odpowiedni, określony przez znalezione j, s, l , element macierzy SF jest zerowany. Ilość wyze-

rowanych w ten sposób elementów macierzy SF zależy od wyznaczonej w modułach działania podsystemów OP ilości zniszczonych ŚNF.

Przy aktualizacji ugrupowania ŚNF rzutu uderzeniowego i rozpoznawczego jako regułę przyjęto, że w pierwszej kolejności za zniszczone uznaje się te ŚNF, które mają do pokonania największą odległość. Procedura aktualizacji przebiega więc w następujący sposób:

- 1) w macierzy NO znajdujący jest numer obiektu oddalonego najbardziej (licząc odcinkami tras) od korzenia dendrytu,
- 2) w macierzy SO odpowiedni, określony przez znalezione s,l, element jest zerowany.

Aktualizacja ugrupowania ŚNF wykonywana będzie zawsze, gdy w wyniku oddziaływania systemu OP niszczone były ŚNF.

Ostatnim zadaniem modułu jest ustalenie warunków, dla jakich rozgrywana będzie symulacja.

Niech

$$W = \langle w_i \rangle, \quad i = \overline{1, J},$$

oznacza wektor warunków, w jakich wykonany będzie nalot ŚNF, przy czym:

$$w_i = \begin{cases} 1 & - \text{oznacza, że nalot ŚNF odbywa się w } i\text{-tych warunkach,} \\ 0 & - \text{w przeciwnym wypadku.} \end{cases}$$

W pracy przyjęto trzy warunki, w jakich może być wykonany nalot ŚNF:

- w_1 - oznacza, że nalot ŚNF wykonany będzie w warunkach stosowania powietrznego systemu wykrywania i naprowadzania lotnictwa myśliwskiego (osłony),
- w_2 - oznacza, że nalot ŚNF wykonany będzie w warunkach stosowania systemu rozpoznawczo-uderzeniowego,
- w_3 - oznacza, że nalot ŚNF wykonany będzie w warunkach stosowania zakłóceń.

Przykładowo $W = (1, 0, 1)$ oznacza nalot ŚNF w warunkach stosowania systemu wykrywania i naprowadzania LM i w warunkach stosowania zakłóceń. Nalot ŚNF dla $W = (0, 0, 0)$ nazywany będzie nalotem w warunkach normalnych. Wpływ wektora warunków W na postać wygenerowanego nalotu ŚNF pokazany zostanie w dalszej części pracy.

2.3.2. Moduł koordynacji czasowej

Zadaniem modułu koordynacji czasowej jest wybranie do symulacji odcinka trasy o najwcześniejszym czasie wlotu ŚNF, a następnie nadzorowanie przetwarzania zdarzeń zgodnie z czasami ich występowania. Podstawowym uzupełnieniem modułu jest kalendarz zdarzeń. Kalendarz jest listą zapisów o wszystkich zdarzeniach wygenerowanych przez moduły działania podsystemów OP. Tworzenie kalendarza zdarzeń dla poszczególnych odcinków trasy nalogu opisane zostanie w dalszej części pracy.

Czas wlotu t_{WL} ŚNF na dowolny j -ty odcinek trasy nalogu będzie wyznaczany z następującego wzoru:

$$t_{WL}(j) = t_{WL}(j-1) + t_p(j-1) \quad \text{dla } j = \overline{2, J},$$

gdzie:

- $t_{WL}(j-1)$ - czas wlotu ŚNF na odcinek $j-1$ poprzedzający odcinek j ,
- $t_p(j-1)$ - czas przelotu odcinka $j-1$ poprzedzającego odcinek j ,

przy czym dla pierwszego odcinka trasy nalogu $t(1) = 0$.

Czas wylotu t_{WYL} ŚNF z dowolnego j -tego odcinka trasy nalogu będzie wyznaczany z następującego wzoru:

$$t_{WYL}(j) = t_{WL}(j) + t_p(j) + t_u(j) \quad \text{dla } j = \overline{1, J},$$

gdzie:

- $t_{WL}(j)$ - czas wlotu ŚNF na j -ty odcinek trasy,
- $t_p(j)$ - czas przelotu j -tego odcinka,
- $t_u(j)$ - długość czasowa ugrupowania ŚNF przelatującego przez j -ty odcinek trasy,

przy czym:

$$t_u(j) = t_a(j) + t_{od} + t_{pas}(j),$$

gdzie:

- $t_a(j)$ - długość czasowa członu aktywnego ugrupowania ŚNF na j -tym odcinku,
- t_{od} - przerwa czasowa między członem aktywnym, a członem pasywnym ŚNF (wielkość t jest zadana),
- $t_{pas}(j)$ - długość czasowa członu pasywnego ugrupowania ŚNF na j -tym odcinku.

Symulacja nalogu ŚNF rozgrywana będzie dla każdego odcinka trasy od czasu wlotu t ŚNF na dany odcinek, do czasu wylotu t_{WYL} ŚNF z danego odcinka. W przypadku występowania dwóch lub więcej odcinków trasy o jednakowym czasie wlotu ŚNF, do symulacji wybierany jest odcinek o wyższym priorytecie ważności.

2.3.3. Moduł rozpoznania radioelektronicznego

Zadaniem modułu rozpoznania radioelektronicznego jest symulowanie prowadzenia rozpoznania ŚNP, działających na dalekich podejściach, przez podsystem OP^{RRE} .

Dowolny k -ty element podsystemu OP^{RRE} można opisać w następujący sposób:

$$OP_k^{RRE} = \langle t_{OP_k}^{RRE}, d_{p,r}^{OP_k^{RRE}}, x_{OP_k}^{RRE}, y_{OP_k}^{RRE} \rangle, k \in K,$$

gdzie:

- $t_{OP_k}^{RRE}$ - kod typu urządzeń RRe k -tego elementu podsystemu OP^{RRE} ;
- $d_{p,r}^{OP_k^{RRE}}$ - wskaźnik przynależności organizacyjnej k -tego elementu podsystemu OP^{RRE} , przy czym: p - numer związku taktycznego, r - numer w ramach związku taktycznego;
- $x_{OP_k}^{RRE}, y_{OP_k}^{RRE}$ - współrzędne geograficzne środka strefy działania k -tego elementu OP^{RRE} ;
- K - ilość elementów podsystemu OP^{RRE} .

Jako element podsystemu OP^{RRE} w pracy przyjęto pododdział rozpoznania radioelektronicznego.

Kod typu elementu podsystemu OP^{RRE} zależy od posiadanych przez niego urządzeń RRe. Kody typów urządzeń RRe wraz z ich charakterystycznymi danymi przedstawia tabela 2.4.

Tabela 2.4

TABELA DANYCH WEJŚCIOWYCH PODSYSTEMU OP^{RRE}

Kod typu	Nazwa typu	Zasięg strefy rozpoznania				F-stwo rozpozn.
		H_{c1}	H_{c2}	...	H_{cn}	
1	pododdział UKF	$D_{\tau 1}^1$	$D_{\tau 2}^1$	...	$D_{\tau n}^1$	p_{τ}^1
2	pododdział s/rlok	$D_{\tau 1}^2$	$D_{\tau 2}^2$	...	$D_{\tau n}^2$	p_{τ}^2
3	pododdział namierzania UKF	$D_{\tau 1}^3$	$D_{\tau 2}^3$	...	$D_{\tau n}^3$	p_{τ}^3

Objaśnienia:

- H_c - wysokość lotu ŚNP [w m],
- D_{τ} - zasięg strefy rozpoznania [w km],
- n - ilość charakterystycznych przedziałów wysokości lotu ŚNP (im większe n , tym dokładniejsze określenie zasięgu rozpoznania),
- p_{τ} - prawdopodobieństwo rozpoznania ŚNP.

Cecha charakterystyczna podsystemu OP jest to, że jako pierwszy z pozostałych podsystemów OP (rozdz. 2.1.7) będzie mógł oddziaływać na $\dot{S}NF$. Przez oddziaływanie podsystemu OP^{RRE} należy rozumieć możliwość rozpoznania i namierzania $\dot{S}NF$.

W pracy założono, że strefa rozpoznania k -tego elementu OP^{RRE} będzie aproksymowana okręgiem o środku określonym współrzędnymi $x^{OP_k^{RRE}}$, $y^{OP_k^{RRE}}$ i promieniu równym zasięgowi strefy rozpoznania dla wysokości, na jakiej odbywa się lot $\dot{S}NF$. Zasięg ten będzie wyznaczony metodą interpolacji (opis metody w rozdz. 2.3.4).

Niech $D_{TW}^{OP_k^{RRE}}$ oznacza zasięg strefy rozpoznania dla k -tego elementu podsystemu OP^{RRE} na wysokości H_c wyznaczony metodą interpolacji. Równanie aproksymujące strefę rozpoznania dla k -tego elementu OP^{RRE} ma postać:

$$(x - x^{OP_k^{RRE}})^2 + (y - y^{OP_k^{RRE}})^2 = (D_{TW}^{OP_k^{RRE}})^2 \text{ dla } k = \overline{1, K}.$$

Warunkiem koniecznym oddziaływania elementu podsystemu OP^{RRE} na $\dot{S}NF$ jest ich wlot do strefy rozpoznania tego elementu. Znalezienie punktu wejścia do strefy rozpoznania k -tego elementu OP^{RRE} , dla j -tego odcinka trasy nalotu, sprowadza się do rozwiązania układu równań (w celu uproszczenia zapisu opuszczono symbol OP^{RRE}):

$$\begin{cases} (x - x^k)^2 + (y - y^k)^2 = (D_{TW}^k)^2 \\ \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{y - y_{i-1}}{y_i - y_{i-1}} \end{cases} \quad (2.16)$$

dla każdego $k = \overline{1, K}$, przy czym punkt o współrzędnych (x_{i-1}, y_{i-1}) jest punktem początkowym, a punkt o współrzędnych (x_i, y_i) punktem końcowym j -tego odcinka oraz $i = \overline{2, I}$, I - ilość punktów trasy nalotu, $j = \overline{1, J}$, J - ilość odcinków trasy nalotu.

Niech w wyniku rozwiązania układu równań (2.16) znalezione zostaną punkty (x_1, y_1) i (x_2, y_2) .

Punktem wlotu $\dot{S}NF$ do strefy rozpoznania jest punkt leżący bliżej punktu (x_{i-1}, y_{i-1}) . Należy więc sprawdzić, która z dwóch odległości d_1 i d_2 jest mniejsza, według następujących zależności:

$$\begin{aligned} d_1 &= \sqrt{(x_1 - x_{i-1})^2 + (y_1 - y_{i-1})^2}, \\ d_2 &= \sqrt{(x_2 - x_{i-1})^2 + (y_2 - y_{i-1})^2}. \end{aligned} \quad (2.17)$$

Niech w wyniku sprawdzenia odległości d_1 i d_2 znaleziony zostanie punkt (x_{we}, y_{we}) leżący bliżej punktu (x_{i-1}, y_{i-1}) , przy czym:

$$x_{we} = x_1 ; \quad y_{we} = y_1 \quad \text{dla} \quad d_1 < d_2$$

oraz

$$x_{we} = x_2 ; \quad y_{we} = y_2 \quad \text{dla} \quad d_1 > d_2.$$

W pracy założono, że punktem końcowym strefy rozpoznania jest strefa wykrywania podsystemu OP^{WRE} (opis modułu WRt w następnym rozdziale). Punkt wlotu ŚNP do strefy wykrywania podsystemu OP^{WRE} jest punktem końcowym strefy rozpoznania podsystemu OP^{RRE} i jednocześnie punktem początkowym strefy wykrywania podsystemu OP^{WRE} na danym odcinku trasy nalotu.

Ponieważ strefa wykrywania elementów podsystemu OP^{WRE} jest również aproksymowana okręgiem, znalezienie punktu wyjścia ze strefy rozpoznania k-tego elementu OP^{RRE} sprowadza się do rozwiązania układu równań:

$$\begin{cases} (x - x_{OP_k^{WRE}})^2 + (y - y_{OP_k^{WRE}})^2 = (D_{W_k^{OP_k^{WRE}}}^{\prime\prime})^2 \\ \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{y - y_{i-1}}{y_i - y_{i-1}}, \end{cases} \quad (2.18)$$

gdzie:

$x_{OP_k^{WRE}}, y_{OP_k^{WRE}}, D_{W_k^{OP_k^{WRE}}}^{\prime\prime}$ - jak w module WRt.

Niech w wyniku rozwiązania układu (2.18) i sprawdzenia odległości (2.17) znaleziony zostanie punkt wyjścia (x_{wy}, y_{wy}) ze strefy rozpoznania k-tego elementu OP^{RRE} .

Po wykonaniu powyższych obliczeń znaleziony zostanie odcinek ograniczony punktami $P_{we}(x_{we}, y_{we})$ i $P_{wy}(x_{wy}, y_{wy})$, na którym ŚNP mogą zostać rozpoznane. Wyznaczając natomiast odległość $d(p_{we})$, jaką pokonały ŚNP od punktu początkowego trasy nalotu (rozdz. 2.1.3) do punktu wejścia w strefę rozpoznania oraz znając prędkość lotu ŚNP r-tego rzutu $V_c(r)$, można policzyć czas wejścia ŚNP r-tego rzutu w strefę rozpoznania podsystemu OP^{RRE} ze wzoru:

$$t_{we}^{OP^{RRE}} = \frac{d(p_{we})}{V_c(r)} \quad \text{dla } r = \overline{1, R}.$$

Wyznaczając odległość $d(p_{wy})$, jaką pokonały ŚNP od punktu początkowego trasy nalotu do punktu wyjścia ze strefy rozpoznania, czas wyjścia ŚNP r-tego rzutu ze strefy rozpoznania, można obliczyć ze wzoru:

$$t_{wy}^{OP^{RRE}} = \frac{d(p_{wy})}{V_c(r)} + t_p(r) \quad \text{dla } r = \overline{1, R},$$

przy czym:

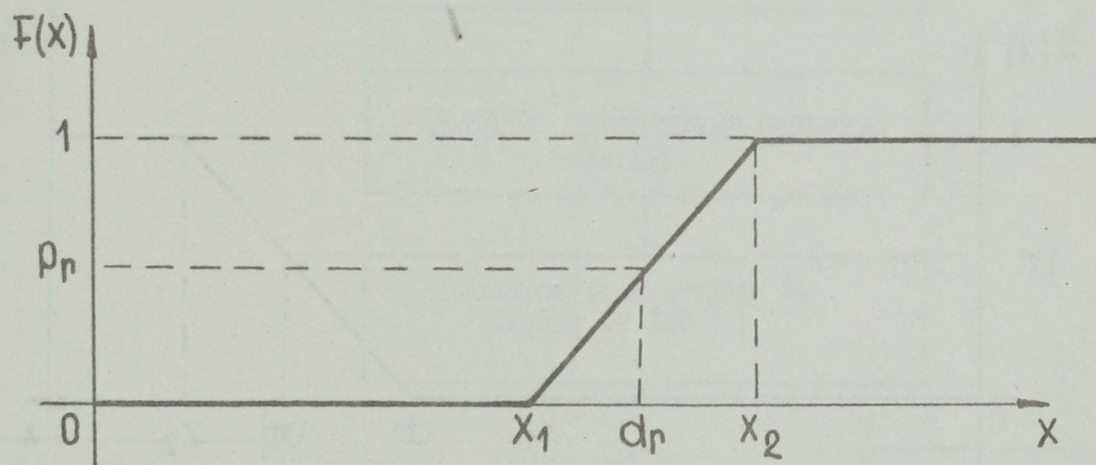
$t_p(r)$ - czas przelotu ŚNP r-tego rzutu.

Warunkiem koniecznym i wystarczającym rozpoznania radioelektronicznego ŚNP jest ich wlot do strefy RRe oraz emitowanie przez nie energii elektromagnetycznej. Prawdopodobieństwo rozpoznania

ŚNF jest tym większe, im dłużej przebywają one w strefie rozpoznania (praktycznie oznacza to, że im głębiej w strefie RRE wleca ŚNF, tym łatwiej je rozpoznać). Ponieważ emitowanie energii przez ŚNF w strefie rozpoznania jest procesem stochastycznym, do określenia odległości rozpoznania założono jednostajny rozkład prawdopodobieństwa w funkcji odległości rozpoznania.

Niech początek układu współrzędnych (na osi x) oznacza punkt początkowy trasy nalotu, x_1 - odległość, po pokonaniu której ŚNF wleca w strefę rozpoznania, x_2 - odległość, po pokonaniu której ŚNF wyleca ze strefy rozpoznania. Założony rozkład prawdopodobieństwa $F(x)$ (rys. 30) można opisać:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq x_1, \\ \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} & \text{dla } x_1 < x < x_2, \\ 1 & \text{dla } x \geq x_2. \end{cases} \quad (2.19)$$



Rys. 30. Rozkład prawdopodobieństwa rozpoznania ŚNF w funkcji odległości rozpoznania

Niech z przedziału $(0,1)$ wylosowana zostanie liczba p_r oznaczająca prawdopodobieństwo rozpoznania ŚNF w strefie RRE. Wylosowanemu prawdopodobieństwu p_r odpowiada, zgodnie z rozkładem (2.19), odległość rozpoznania d_r . Mając wyznaczoną odległość rozpoznania d_r oraz znając punkt wlotu (x_{we} , y_{we}) ŚNF do strefy rozpoznania, można obliczyć współrzędne punktu rozpoznania rozwiązując układ równań:

$$\begin{cases} (x - x_{we})^2 + (y - y_{we})^2 = (d_r)^2 \\ \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{y - y_{i-1}}{y_i - y_{i-1}} \end{cases} \quad (2.20)$$

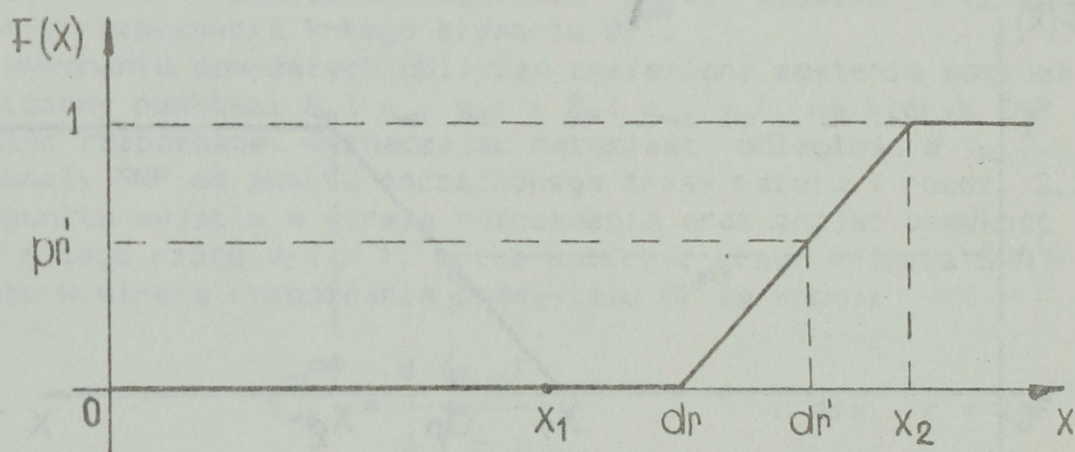
Niech w wyniku rozwiązania układu (2.20) znaleziony zostanie punkt rozpoznania $P_T(x_T, y_T)$ ŚNF. Jako warunek konieczny i wystarczający namierzenia ŚNF, w pracy przyjęto jednoczesną obecność ŚNF przynajmniej w dwóch strefach rozpoznania. Należy więc rozwiązać następujący problem: dla każdego $k \in K$ znaleźć takie elementy, które spełniają nierówność:

$$(x_T - x^k)^2 + (y_T - y^k)^2 \ll (D_{TW}^k)^2, \quad (2.21)$$

gdzie:

- x^k, y^k - współrzędne geograficzne środka strefy rozpoznania k-tego elementu podsystemu OP ,
- D_{TW}^k - zasięg strefy rozpoznania k-tego elementu podsystemu OP^{RRE} .

W wyniku rozwiązania nierówności (2.21) otrzyma się 1 elementów podsystemu OP^{RRE} . Jeżeli $l \gg 2$ oznacza to, że ŚNF zostały namierzone, jeżeli $l=1$ oznacza to, że ŚNF nie zostały namierzone (są w strefie rozpoznania jednego elementu OP^{RRE}). Dla przypadku $l = 1$ procedura jest powtarzana od początku, przy czym strefa rozpoznania jest zmniejszana do głębokości d_r . Ilustruje to rysunek 31.



Rys. 31. Rozkład prawdopodobieństwa rozpoznania ŚNF w funkcji odległości rozpoznania (dla $l = 1$)

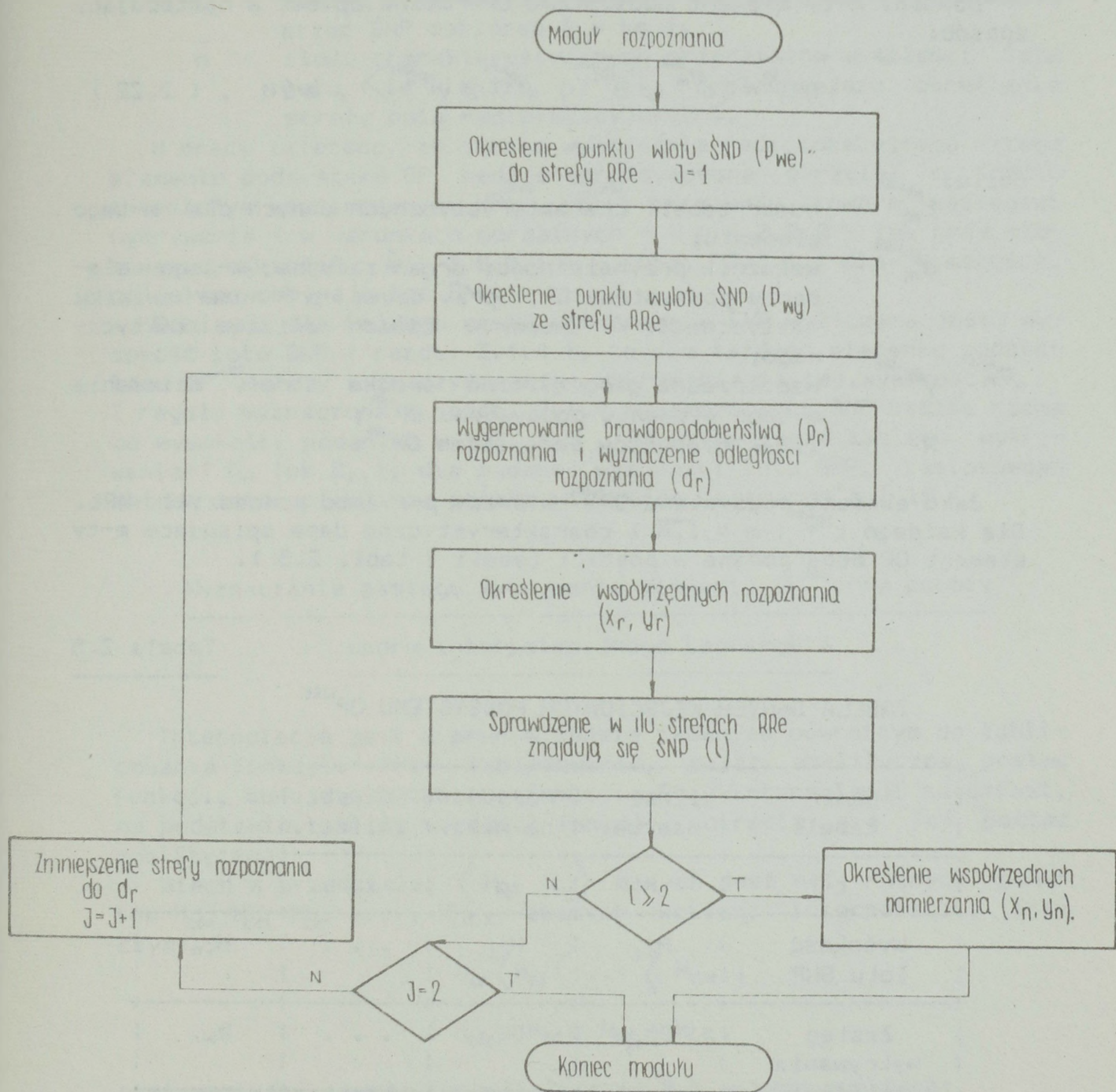
Jeżeli po powtórzeniu procedury ŚNF nie znajdują się w strefie rozpoznania przynajmniej dwóch elementów podsystemu OP^{RRE} w pracy założono, że ŚNF opuszczają strefę RRe nienamierzone.

Wszystkim zdarzeniom symulowanym w module RRe nadany został kod "1", a poszczególnym typom zdarzeń - następujące kody:

- "1" - wejście ŚNF w strefę rozpoznania,
- "2" - rozpoznanie ŚNF,
- "3" - namierzenie ŚNF,
- "4" - wyjście ŚNF ze strefy rozpoznania.

Powyższe zdarzenia wraz z czasami wystąpienia tworzą kalendarz zdarzeń podsystemu OP^{RRE} (zał. 15). W pracy założono, że wszystkie elementy podsystemu OP^{RRE} , w każdej chwili symulacji, są w stanie aktywnym (prowadzą rozpoznanie lub namierzanie) bez żadnych ograniczeń.

Na rys. 32 przedstawiono schemat blokowy algorytmu działania modułu rozpoznania radioelektronicznego.



Rys. 32. Schemat blokowy algorytmu działania modułu rozpoznania radioelektronicznego

2.3.4. Moduł rozpoznania radiolokacyjnego

Zadaniem modułu rozpoznania radiolokacyjnego jest symulowanie prowadzenia ciągłej obserwacji przestrzeni powietrznej z wykorzystaniem środków radiolokacyjnych przez podsystem OP^{WRt} .

Dowolny m -ty element podsystemu OP^{WRt} można opisać w następujący sposób:

$$OP_m^{WRt} = \langle t_m^{OP^{WRt}}, d_m^{OP^{WRt}}, x_m^{OP^{WRt}}, y_m^{OP^{WRt}} \rangle, m \in M, (2.22)$$

gdzie:

- $t_m^{OP^{WRt}}$ - numer tabeli charakterystycznych danych dla m -tego elementu;
- $d_m^{OP^{WRt}}$ - wskaźnik przynależności organizacyjnej m -tego elementu podsystemu OP , przy czym: p - numer związku taktycznego, r - numer w ramach związku taktycznego;
- $x_m^{OP^{WRt}}, y_m^{OP^{WRt}}$ - współrzędne geograficzne środka strefy działania m -tego elementu podsystemu OP^{WRt} ;
- M - ilość elementów podsystemu OP^{WRt} .

Jako element podsystemu OP^{WRt} w pracy przyjęto pododdział WRt . Dla każdego $t_m^{OP^{WRt}}$ ($m = \overline{1, M}$) charakterystyczne dane opisujące m -ty element OP będą podane w postaci tabeli (tabl. 2.5).

Tabela 2.5

TABELA DANYCH WEJŚCIOWYCH PODSYSTEMU OP^{WRt}

Numer tabeli	Ilość naprow.	Podatn. na nisz.	Gr. st. zniszcz.
t	n	d	x_{gr}
Wysokość lotu SNP	H_{c1}	H_{c2}	\dots H_{cn}
Zasięg wykrywania	D_{w1}	D_{w2}	\dots D_{wn}
Zasięg wykrywania w zakł.	D_{z1}	D_{z2}	\dots D_{zn}

Objaśnienia:

- n - ilość jednoczesnych naprowadzeń samolotów LM OP na cele powietrzne,
- d - podatność elementu na niszczące działanie SNP [z przedziału $0 - 1$],

- x_{gr} - graniczny stopień zniszczenia elementu (procent zniszczenia elementu, powyżej którego jest on uważany za zniszczony) [w %],
 H_C - wysokość lotu ŚNF [w m],
 D_W - zasięg wykrywania elementu podany dla prawdopodobieństwa wykrywania równego 0.8 [w km],
 D_Z - zasięg wykrywania elementu w warunkach stosowania przez ŚNF zakłóceń [w km],
 n - ilość charakterystycznych przedziałów wysokości lotu celu (im większe n , tym dokładniejsze określenie strefy pola radiolokacyjnego).

W pracy założono, że strefa wykrywania radiolokacyjnego n -tego elementu podsystemu OF będzie aproksymowana okręgiem o środku określonym współrzędnymi $x_{OP_m}^{WRt}$, $y_{OP_m}^{WRt}$ i promieniu równym zasięgowi wykrywania (w warunkach normalnych - $W = (0, 0, 0)$ lub przy stosowaniu zakłóceń - $W = (0, 0, 1)$ - rozdz. 2.3.1) dla wysokości, na jakiej odbywają lot ŚNF.

Ponieważ dla każdego rzutu ugrupowania ŚNF wyliczana jest wysokość lotu ŚNF (rozdz. 2.1.4), to dla każdego elementu podsystemu OF^{WRt} należy wyznaczyć zasięg wykrywania na tej wysokości. Z reguły wyznaczona w rozdz. 2.1.4 wysokość lotu ŚNF będzie różna od wysokości podanych w tab. 2.5. Do wyznaczenia zasięgu wykrywania (D_W lub D_Z), dla zadanej wysokości lotu ŚNF, zastosowano metodę interpolacji za pomocą wielomianu Lagrange'a [10].

Wyznaczanie zasięgu wykrywania elementu OF^{WRt} przy pomocy

 wzoru interpolacyjnego Lagrange'a

Interpolacja jest w pewnym sensie zadaniem odwrotnym do tablicowania funkcji. Przy tablicowaniu, mając analityczną postać funkcji, buduje się tablice funkcji. Przy interpolacji natomiast, na podstawie tablicy wartości funkcji, określa się jej postać analityczną.

Niech w przedziale $\langle H_{cd}, H_{cg} \rangle$ danych jest $n+1$ różnych punktów $H_{c0}, H_{c1}, H_{c2}, \dots, H_{cn}$, zwanych węzłami interpolacji, przy czym:

$$H_{c0} \langle H_{c1} \langle \dots \langle H_{cn},$$

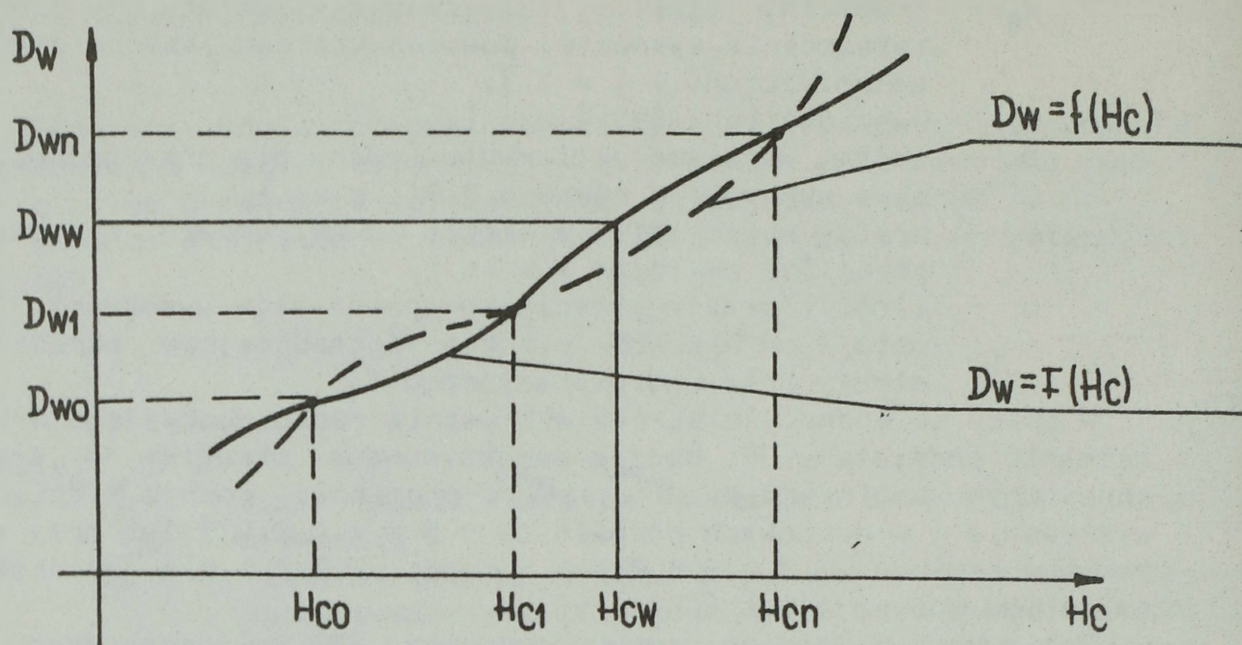
$$H_{cd} = H_{c0} \text{ i } H_{cg} = H_{cn}$$

oraz wartości pewnej funkcji $D_W = f(H_C)$ w tych punktach:

$$f(H_{c0}) = D_{W0}, f(H_{c1}) = D_{W1}, \dots, f(H_{cn}) = D_{Wn}.$$

Wartości $H_{c0}, H_{c1}, \dots, H_{cn}$ oraz odpowiadające im $D_{W0}, D_{W1}, \dots, D_{Wn}$ dane są z tabeli 2.5.

Zadaniem interpolacji jest wyznaczenie przybliżonych wartości funkcji w punktach nie będących węzłami. Niech H_{CW} oznacza wysokość lotu ŚNF. W celu wyznaczenia zasięgu wykrywania D_{WW} dla wysokości H_{CW} należy znaleźć funkcję $F(H_C)$, zwaną funkcją interpolującą, która w węzłach interpolacji przyjmuje takie same wartości, co funkcja $D_W = f(H_C)$ (rys.33).



Rys. 33. Wyznaczanie zasięgu wykrywania metodą interpolacji

Do znalezienia wzoru na funkcję $F(H_c)$ w pracy zastosowano wzór interpolacyjny Lagrange'a w postaci:

$$F_n(H_c) = \sum_{j=0}^n D_j \frac{(H_c - H_{c0})(H_c - H_{c1}) \dots (H_c - H_{c_{j-1}})(H_c - H_{c_{j+1}}) \dots (H_c - H_{cn})}{(H_{cj} - H_{c0})(H_{cj} - H_{c1}) \dots (H_{cj} - H_{c_{j-1}})(H_{cj} - H_{c_{j+1}}) \dots (H_{cj} - H_{cn})} \quad (2.23)$$

Wielomian (2.23) jest stopnia co najwyżej n . W celu wyliczenia wartości D_{ww} należy do wzoru (2.23) podstawić $H_c = H_{cw}$ (analogicznie wyznacza się D_{zw}).

Na podstawie algorytmu przedstawionego w "Metodach numerycznych" [10] opracowany został program "INTERPOL". Program został napisany w języku BASIC na mikrokomputer AMSTRAD CPC 6128. Listę rozkazów programu oraz przykładowe wyniki przedstawiono w zał. 17 i 29.

Niech $D_{zw}^{OP_m^{NRT}}$ oznacza zasięg wykrywania radiolokacyjnego, dla m -tego elementu podsystemu OP_m^{NRT} na wysokości H_c , wyznaczony metodą interpolacji. Równanie aproksymujące zasięg wykrywania ma wtedy postać:

$$(x - x_m^{OP_m^{NRT}})^2 + (y - y_m^{OP_m^{NRT}})^2 = (D_{zw}^{OP_m^{NRT}})^2 \quad \text{dla } m = \overline{1, M}.$$

W przypadku, kiedy m -ty element podsystemu OP_m^{NRT} będzie zakłócony przez ŚNP, równanie aproksymujące będzie miało postać:

$$(x - x_m^{OP_m^{NRT}})^2 + (y - y_m^{OP_m^{NRT}})^2 = (D_{zw}^{OP_m^{NRT}})^2 \quad \text{dla } m = \overline{1, M}.$$

Warunkiem koniecznym wykrycia radiolokacyjnego ŚNF jest ich wlot do strefy wykrywania dowolnego elementu OP^{WRt} . Analogicznie, jak w module rozpoznania radioelektronicznego, znalezienie punktów wejścia i wyjścia dla strefy wykrywania radiolokacyjnego m-tego elementu OP^{WRt} sprowadza się do rozwiązania układu równań (w celu uproszczenia zapisu opuszczono symbol OP^{WRt}):

$$\begin{cases} (x - x^m)^2 + (y - y^m)^2 = (D_{NW}^m)^2 \\ \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{y - y_{i-1}}{y_i - y_{i-1}} \end{cases} \quad (2.24)$$

dla każdego $m = \overline{1, M}$, przy czym punkt o współrzędnych (x_{i-1}, y_{i-1}) jest punktem początkowym, a punkt o współrzędnych (x_i, y_i) punktem końcowym j-tego odcinka trasy nalotu oraz $i = \overline{2, I}$, I - ilość punktów trasy nalotu, $j = \overline{1, J}$, J - ilość odcinków trasy nalotu.

W wyniku rozwiązania układu równań (2.24) możliwe są następujące przypadki:

a) prosta przechodząca przez punkty (x_{i-1}, y_{i-1}) i (x_i, y_i) przecina okrąg aproksymujący w dwóch miejscach (punktach),

b) prosta nie przecina okręgu aproksymującego.

Przypadek, kiedy prosta jest styczna do okręgu, z punktu widzenia rozwiązywanego problemu, jest nieinteresujący i należy go odrzucić. Dla przypadku a) należy sprawdzić, czy otrzymane punkty leżą wewnątrz analizowanego odcinka trasy nalotu. Niech punkty (x_1, y_1) i (x_2, y_2) oznaczają rozwiązanie układu (2.24). Jeżeli spełniony jest układ nierówności:

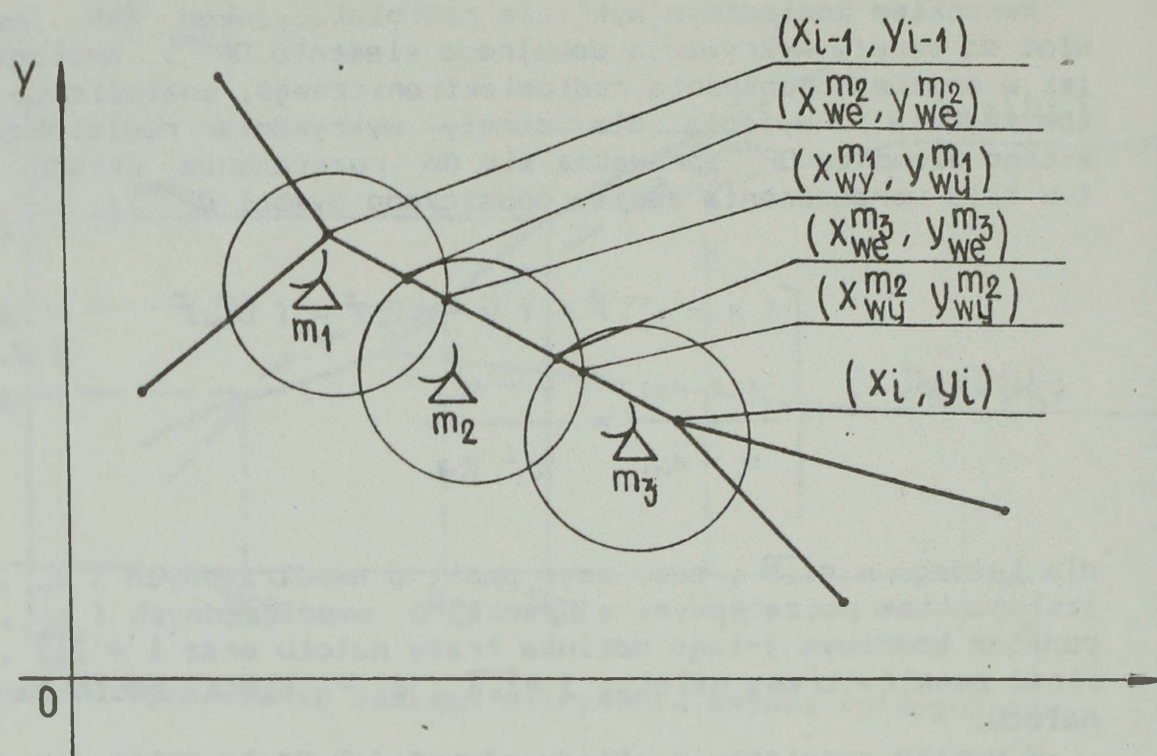
$$\begin{cases} x_{i-1} \leq x_1 \leq x_i \\ y_{i-1} \leq y_1 \leq y_i \end{cases} \quad (2.25)$$

oznacza to, że punkt (x_1, y_1) leży na analizowanym odcinku trasy. Analogicznego sprawdzenia należy dokonać dla punktu (x_2, y_2) . Jeżeli oba punkty spełniają układ nierówności (2.25) oznacza to, że na analizowanym odcinku trasy ŚNF weszły i wyszły ze strefy wykrywania m-tego elementu OP^{WRt} . Jeżeli nierówność (2.25) spełnia tylko jeden punkt oznacza to, że:

- jest to punkt wejścia ŚNF do strefy wykrywania m-tego elementu OP^{WRt} , gdy drugi punkt wspólny z okręgiem aproksymującym znajdzie się na następnych, po analizowanym, odcinkach trasy nalotu,

- jest to punkt wyjścia ŚNF ze strefy wykrywania m-tego elementu OP^{WRt} , gdy drugi punkt wspólny z okręgiem aproksymującym znajdzie się na poprzedzających analizowany odcinkach trasy nalotu (rys.34).

Przypadek b) oznacza, że ŚNF lecące po odcinkach trasy nalotu od punktu (x_{i-1}, y_{i-1}) do punktu (x_i, y_i) nie będą śledzone przez m-ty element podsystemu OP^{WRt} .



Rys. 34. Graficzna ilustracja znajdowania punktów wejścia i wyjścia w strefy wykrywania radiolokacyjnego

Punkt wejścia ŚNF w strefę wykrywania m -tego elementu podsystemu OP^{WRT} będzie oznaczony przez F o współrzędnych x_{we}^m i y_{we}^m . Wyznaczając natomiast odległość $d(F_{we}^m)$, jaką pokonały ŚNF od punktu początkowego trasy nalotu do punktu wejścia w strefę wykrywania oraz znając prędkość $V_c(r)$, można policzyć czas wejścia ŚNF r -tego rzutu w strefę wykrywania m -tego elementu OP^{WRT} według wzoru:

$$t_{we}^m = \frac{d(F_{we}^m)}{V_c(r)} \quad \text{dla } r = \overline{1, R}.$$

Analogicznie, jeżeli F_{wy}^m o współrzędnych x_{wy}^m i y_{wy}^m oznaczać będzie punkt wyjścia ŚNF ze strefy wykrywania m -tego elementu OP^{WRT} , $d(F_{wy}^m)$ - aktualnie pokonaną odległość, czas wyjścia ŚNF r -tego rzutu ze strefy wykrywania m -tego elementu OP^{WRT} można policzyć ze wzoru:

$$t_{wy}^m = \frac{d(F_{wy}^m)}{V_c(r)} + t_p(r) \quad \text{dla } r = \overline{1, R},$$

gdzie:

$t_p(r)$ - czas przelotu ŚNF r -tego rzutu.

Procedura znajdowania punktów wejścia i wyjścia do stref wykrywania podsystemu OP^{WRT} musi być prowadzona osobno dla każdego odcinka trasy nalotu, w stosunku do wszystkich elementów podsystemu OP^{WRT} . Po jej wykonaniu wyznaczony zostanie zbiór ZFW_j^{WRT} punktów i czasów wejść i wyjść ŚNF w strefy wykrywania podsystemu OP^{WRT} na j -tym odcinku trasy nalotu:

$$ZPW_j^{WRT} = (F_{we}^{m_1}, t_{we}^{m_1}), (F_{wy}^{m_1}, t_{wy}^{m_1}), \dots, (F_{we}^{m_k}, t_{we}^{m_k}), (F_{wy}^{m_k}, t_{wy}^{m_k}), \\ \dots, (F_{we}^{m_x}, t_{we}^{m_x}), (F_{wy}^{m_x}, t_{wy}^{m_x}) \quad (2.26)$$

dla $j = \overline{1, J}$, przy czym:

- $m_k = \overline{m_1, m_x}$ - numery elementów podsystemu OP^{WRT} mogących śledzić lot ŚNP na j -tym odcinku trasy,
- K - ilość elementów podsystemu OP^{WRT} mogących śledzić lot ŚNP na j -tym odcinku trasy.

Punkty zbioru (2.26) dzielą j -ty odcinek trasy na $K+1$ mniejszych odcinków, dla których można dokonać następującego sprawdzenia:

$$\triangle_{l=1, K+1} \quad K_L = \sum_{k=1}^1 L_{wek} - \sum_{k=1}^1 L_{wyk}$$

przy czym:

- l - numer analizowanego odcinka,
- K_L - krotność pokrycia pola radiolokacyjnego dla l -tego odcinka,
- L_{we} - licznik wejść w strefy wykrywania,
- L_{wy} - licznik wyjść ze stref wykrywania.

Jeżeli dla l -tego odcinka:

- $K_L = 0$ - oznacza to, że na l -tym odcinku ŚNP nie są śledzone przez żaden element OP^{WRT} ,
- $K_L > 0$ - oznacza to, że na l -tym odcinku ŚNP są śledzone przez podsystem OP^{WRT} , przy czym wartość K_L pokazuje, ile elementów OP^{WRT} śledzi jednocześnie ŚNP.

Procedura badania ciągłości pola radiolokacyjnego prowadzona będzie w stosunku do wszystkich odcinków trasy nalogu. Po jej wykonaniu znany będzie zbiór ZPN_j punktów nieciągłości pola radiolokacyjnego na j -tym odcinku trasy:

$$ZPN_j = \{ (F_{weN}^1, t_{weN}^1), (F_{wyN}^1, t_{wyN}^1), \\ \dots, (F_{weN}^P, t_{weN}^P), (F_{wyN}^P, t_{wyN}^P) \} \quad (2.27)$$

dla każdego $j = \overline{1, J}$, przy czym:

- P - ilość odcinków nieciągłości pola radiolokacyjnego.

Korzystając z wyznaczonego zbioru (2.26) można wyznaczyć:

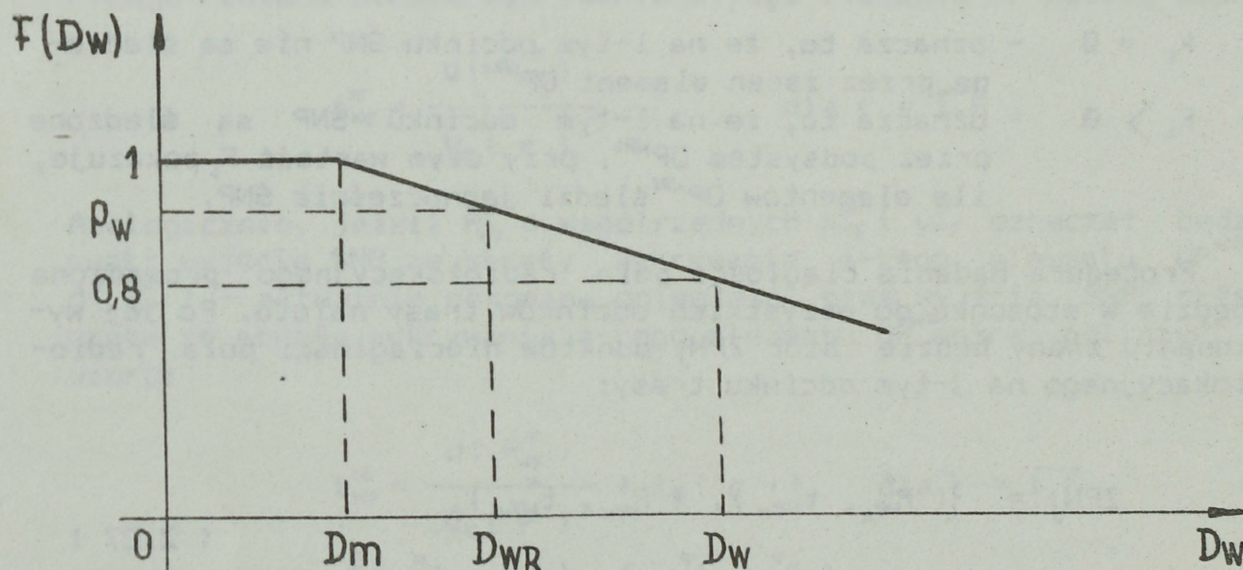
$$N_j = \sum_{k=1}^K r_k^{m_k}$$

przy czym:

- N_j - ilość jednoczesnych naprowadzeń samolotów LM OFK na cele powietrzne na j-tym odcinku trasy,
- n^{m_k} - ilość jednoczesnych naprowadzeń samolotów LM OFK na cele powietrzne z m-tego elementu podsystemu OP^{WRt} , który na j-tym odcinku trasy nalotu może śledzić ŚNF.

Wykrywanie ŚNF przez podsystem OP^{WRt} jest procesem stochastycznym zależnym od wielu czynników. Dokładniejsze zbadanie tego problemu wymagałoby wprowadzenia do modułu dużej ilości dodatkowych danych wejściowych i przeprowadzenia wnikliwej analizy. Dla potrzeb modelowania przyjęto w pracy uproszczoną procedurę:

- 1) znany jest zasięg wykrywania (D_w lub D_z) ŚNF przez m-ty element OP^{WRt} z prawdopodobieństwem wykrycia równym 0.8 (tab 2.5),
- 2) przyjęto, że wykrycie ŚNF z prawdopodobieństwem równym 1 wystąpić może na okręgu stożka martwego dla m-tego elementu OP^{WRt} , przy czym promień tego okręgu $D_m = 2 * H_c$,
- 3) przyjęto jednostajny rozkład prawdopodobieństwa wykrycia ŚNF dla zasięgu wykrywania m-tego elementu OP^{WRt} (rys.35),



Rys. 35. Rozkład prawdopodobieństwa wykrycia ŚNF w funkcji odległości wykrycia

- 4) z przedziału $\langle 0.8, 1 \rangle$ losowana jest liczba p_w ,
- 5) miejsce przecięcia się liczby pseudolosowej p_w z funkcją rozkładu $F(D_w)$ określa odległość wykrycia D_{WR} dla m-tego elementu podsystemu OP^{WRt} .

Procedura ta będzie w module realizowana jednokrotnie, kiedy na trasie nalotu znaleziony zostanie pierwszy, w kolejności występowania, punkt wejścia w strefę wykrywania OF^{WRT} . W celu znalezienia współrzędnych x_w, y_w punktu wykrycia F_w należy rozwiązać układ równań, analogiczny jak układ (2.24), przy czym zamiast D_{ww}^m należy podstawić D_{wr} . Wyznaczając odległość $d(F_w)$ od punktu początkowego trasy nalotu do punktu wykrycia, można policzyć czas wykrycia ŚNF r-tego rzutu przez podsystem OF^{WRT} według wzoru:

$$t_w^{WRT} = \frac{d(F_w)}{V_c(r)} \quad \text{dla } r = \overline{1, R}.$$

Zbiory ZFW_j^{WRT} , ZFN_j (dla każdego $j = \overline{1, J}$) oraz $\{F_w, t_w^{WRT}\}$ uporządkowane chronologicznie tworzą kalendarz zdarzeń podsystemu OF^{WRT} na j-tym odcinku trasy.

Wszystkim zdarzeniom symulowanym w module WRT nadany został kod "2", a poszczególnym typom zdarzeń - następujące kody:

- "1" - wejście ŚNF w strefę wykrywania,
- "2" - wyjście ŚNF ze strefy wykrywania,
- "3" - wykrycie ŚNF,
- "4" - wejście ŚNF w strefę nieciągłości radiolokacyjnej,
- "5" - wyjście ŚNF ze strefy nieciągłości radiolokacyjnej.

Kalendarz zdarzeń generowany przez moduł WRT dla każdego odcinka trasy przedstawia zał. 15.

Wszystkie elementy podsystemu OF^{WRT} w każdej chwili symulacji znajdują się w określonym stanie. W module przewidziano następujące stany elementów podsystemu OF^{WRT} i odpowiadające im kody:

- "1" - element OF^{WRT} aktywny; jest to stan, gdy element może prowadzić wykrywanie ŚNF,
- "2" - element OF^{WRT} zniszczony.

Niech

$$KS^{WRT} = \langle KS_m^{WRT}, t_w^m \rangle \quad \text{dla } m = \overline{1, M}$$

oznacza wektor kodów stanów i czasów ich wystąpienia dla elementów podsystemu OF^{WRT} . Przed rozpoczęciem symulacji ($t_w = 0$) wszystkie elementy OF^{WRT} są w stanie aktywnym. Stan elementów podsystemu OF^{WRT} może być zmieniony w wyniku niszczącego oddziaływania ŚNF.

Do symulowania niszczenia elementów podsystemu OF^{WRT} przez ŚNF wykorzystana zostanie pomocnicza procedura szacowania strat (dokładny opis procedury w rozdz. 2.3.5).

Symulacja przeprowadzona zostanie pomiędzy członem aktywnym ugrupowania ŚNF niszczącym elementy podsystemu OF^{WRT} na danym odcinku trasy nalotu i tymi elementami OF^{WRT} , które zostały naliczone do macierzy $NROPK$ (rozdz. 2.1.9) w procedurze optymalizacji ugrupowania ŚNF.

Niech $sp_{j,s,l} \in SP$ oznacza numer SNP niszczącego element $nc_{j,s,l} \in NC$ (rozdz. 2.3.1) podsystemu OF na j -tym odcinku trasy. Znane są: wysokość H_c i prędkość V_c rzutu przełamującego system OF, współczynnik jakości w (rozdz. 2.1.12) SNP, ilość SNP (zał. 12) atakujących element $nc_{j,s,l}$ oraz prawdopodobieństwo zniszczenia elementu w jednym oddziaływaniu dla zadanego wektora warunków W . Dla atakowanego elementu $nc_{j,s,l}$ znana jest (z tab. 2.5) jego podatność d na niszczące działanie SNP oraz jego graniczny stopień zniszczenia x_{gr} . Czas "stochastycznego pojedynku" wyznaczany jest z zależności:

$$t_{poj} = \frac{D_{nc,j}}{V_c},$$

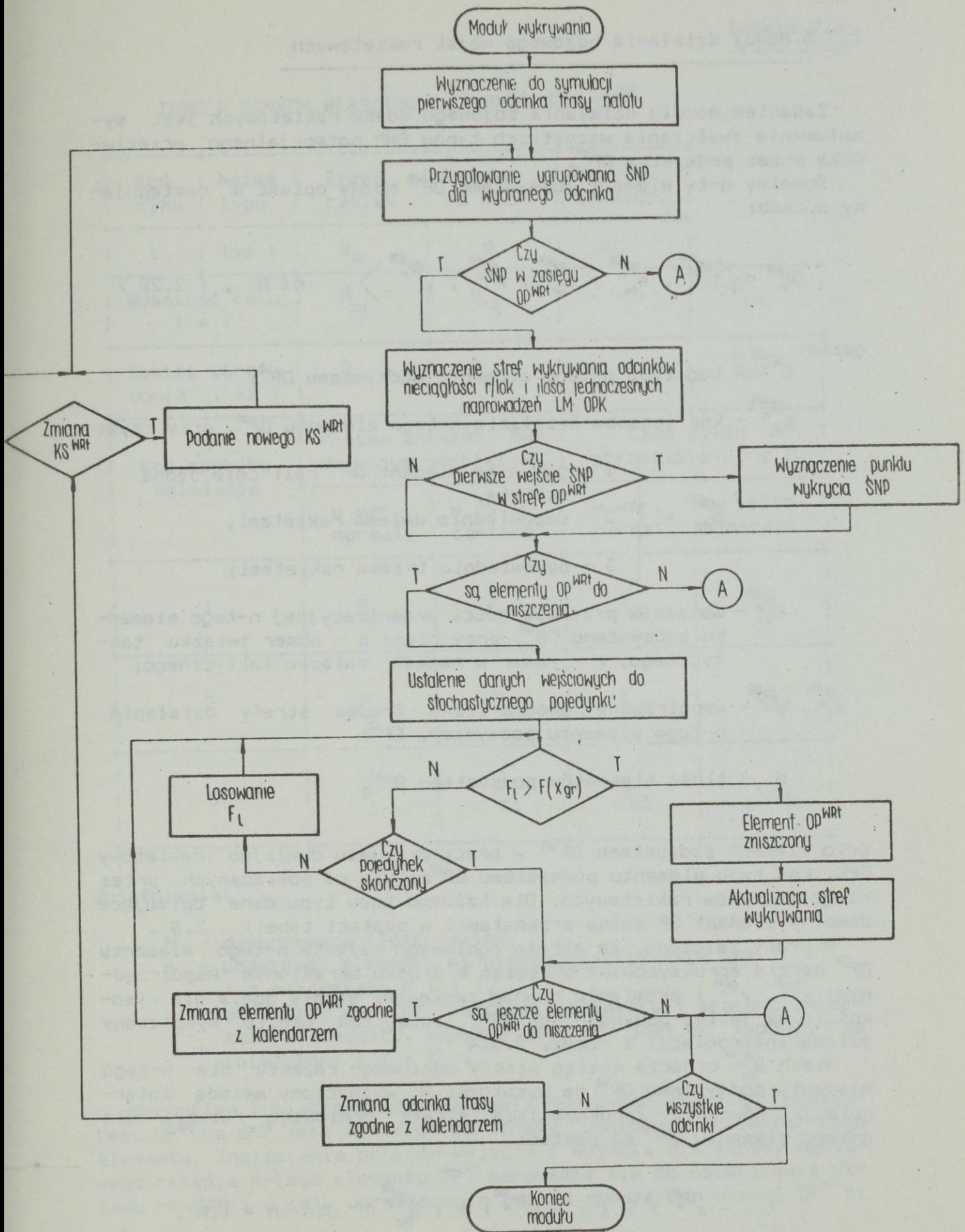
przy czym:

$D_{nc,j}$ - odległość elementu nc od j -tego odcinka trasy.

Za początek "pojedynku" przyjęto czas t osiągnięcia przez SNP punktu na j -tej trasie, stycznego do okręgu określonego współrzędnymi elementu nc i promieniu $D_{nc,j}$. Jeżeli w wyniku wykonania czynności 7 procedury szacowania strat spełniony jest warunek: $F_L > F(x_{gr})$, to element $nc_{j,s,l}$ uważany jest za zniszczony i zapisany mu zostaje kod stanu równy "2" w czasie symulacji $t_s = t_{dol}$. Jeżeli $F_L \leq F(x_{gr})$, następane losowanie odbywa się w czasie symulacji $t_s = t_s + t_{od}$, gdzie t_{od} - czas jednego oddziaływania SNP. "Pojedynek" uważa się za skończony, gdy element nc zostanie uznany za zniszczony, lub gdy skończy się czas t_{poj} .

Procedurę wykonuje się dla wszystkich elementów $OP^{WRT} \in NROPK$, zgodnie z kalendarzem zdarzeń j -tego odcinka trasy nalotu. Po jej wykonaniu znany będzie wektor kodów stanów KS^{WRT} , przy czym założono, że jeżeli dowolnemu m -temu elementowi OP^{WRT} przypisano kod stanu równy "2", to jego strefa wykrywania D_w równa się zero.

Na rys. 36 przedstawiono schemat blokowy algorytmu działania modułu rozpoznania radiolokacyjnego.



Rys. 36. Schemat blokowy algorytmu działania modułu rozpoznania radiolokacyjnego

2.3.5. Moduł działania bojowego wojsk raketowych

Zadaniem modułu działania bojowego wojsk raketowych jest symulowanie zwalczania wszystkich typów ŚNF potencjalnego przeciwnika przez podsystem OP^{HR} .

Dowolny n -ty element podsystemu OP^{HR} można opisać w następujący sposób:

$$OP_n^{HR} = \langle t_n^{OP^{HR}}, s_{dz}^{OP^{HR}}, d_{pr}^{OP^{HR}}, x_n^{OP^{HR}}, y_n^{OP^{HR}} \rangle, \quad n \in N, \quad (2.28)$$

gdzie:

$t_n^{OP^{HR}}$ - kod typu n -tego elementu podsystemu OP^{HR} ;

$s_{dz}^{OP^{HR}}$ - kod sposobu działania n -tego elementu OP^{HR} , przy czym:

$$s_{dz}^{OP^{HR}} = \begin{cases} 1 - \text{gdy } n\text{-ty element } OP^{HR} \text{ razi cele jedną rakieta,} \\ 2 - \text{odpowiednio dwiema raketami,} \\ 3 - \text{odpowiednio trzema raketami;} \end{cases}$$

$d_{pr}^{OP^{HR}}$ - wskaźnik przynależności organizacyjnej n -tego elementu podsystemu OP^{HR} , przy czym: p - numer związku taktycznego, r - numer w ramach związku taktycznego;

$x_n^{OP^{HR}}, y_n^{OP^{HR}}$ - współrzędne geograficzne środka strefy działania n -tego elementu podsystemu OP^{HR} ;

N - ilość elementów podsystemu OP^{HR} .

Jako element podsystemu OP^{HR} w pracy przyjęto dywizjon raketowy OPK. Kod typu elementu podsystemu OP^{HR} zależy od posiadanych przez niego zestawów raketowych. Dla każdego kodu typu dane opisujące dowolny element OP można przedstawić w postaci tabeli 2.6.

W pracy założono, że strefa ogniowego rażenia n -tego elementu OP^{HR} będzie aproksymowana okręgiem o środku określonym współrzędnymi $x_n^{OP^{HR}}, y_n^{OP^{HR}}$ i promieniu równym zasięgowi strefy ognia dla wysokości, na jakiej odbywają lot ŚNF. Zasięg ten będzie wyznaczany metodą interpolacji (rozdz. 2.3.4).

Niech $D_{ow}^{OP^{HR}}$ oznacza zasięg strefy ogniowego rażenia dla n -tego elementu podsystemu OP^{HR} na wysokości H_c wyznaczony metodą interpolacji. Równanie aproksymujące strefę ogniowego rażenia dla n -tego elementu OP^{HR} ma postać:

$$(x - x_n^{OP^{HR}})^2 + (y - y_n^{OP^{HR}})^2 = (D_{ow}^{OP^{HR}})^2 \quad \text{dla } n = \overline{1, N}.$$

Tabela 2.6

TABELA DANYCH WEJSCIOWYCH PODSYSTEMU OP^{WR}

Kod typu	Nazwa typu	Zapasy rakiet	Podatn. na niszc.	Gr. st. zniszcz.
t	typ t	N_R	d	x_{gr}
Wysokość celu [m]		H_{c1}	H_{c2}	... H_{cn}
Zasięg strefy ognia [km]		D_{o1}	D_{o2}	... D_{on}
Kod sposobu działania	P-stwo zniszcz. ŚNP w jednym oddziaływ.		Czas cyklu strzelania [s]	
	w war. normal.	w zakłóceniach	w war. normal.	w zakłóceniach
1		P_1	P_{z1}	t_{c1} t_{cz1}
2		P_2	P_{z2}	t_{c2} t_{cz2}
3		P_3	P_{z3}	t_{c3} t_{cz3}

Objaśnienia:

- N_R - dysponowana ilość rakiet,
- d - podatność elementu na niszczące działanie ŚNP
! z przedziału $0 \div 1$!,
- x_{gr} - graniczny stopień niszczenia elementu (procent zniszczenia elementu, powyżej którego jest on uważany za zniszczony) [w %] .

Warunkiem koniecznym oddziaływania ogniowego elementu podsystemu OP^{WR} na ŚNP jest ich wlot do strefy ogniowego rażenia tego elementu. Znalazienie punktów wejścia i wyjścia dla strefy ogniowego rażenia n-tego elementu OP^{WR} sprowadza się do rozwiązania układu równań (w celu uproszczenia zapisu opuszczono symbol OP^{WR}):

$$\left\{ \begin{array}{l} (x - x^n)^2 + (y - y^n)^2 = (D_{ow}^n)^2 \\ \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{y - y_{i-1}}{y_i - y_{i-1}} \end{array} \right. \quad (2.29)$$

dla każdego $n = \overline{1, N}$, przy czym punkt o współrzędnych (x_{i-1}, y_{i-1}) jest punktem początkowym, a punkt o współrzędnych (x_i, y_i) punktem końcowym j -tego odcinka trasy nalotu oraz $i = \overline{2, I}$, I - ilość punktów trasy, $j = \overline{1, J}$, J - ilość odcinków trasy nalotu. Układ równań (2.29) należy rozwiązać tylko dla tych elementów podsystemu OP^{WR} , które zostały wpisane do tablicy NRDR (moduł 5 - rozdz. 2.2.4).

Punkt wejścia członu aktywnego ugrupowania ŚNF w strefę ogniowego rażenia n -tego elementu OP^{WR} będzie oznaczony przez P_{we}^n o współrzędnych x_{we}^n i y_{we}^n . Wyliczając odległość $d(P_{we}^n)$ od punktu początkowego trasy nalotu (rozdz. 2.1.3) do punktu wejścia w strefę oraz znając prędkość V_c ($r=1$) rzutu przełamującego, można policzyć czas wejścia członu aktywnego ugrupowania ŚNF w strefę ogniowego rażenia n -tego elementu według wzoru:

$$t_{we}^n = \frac{d(P_{we}^n)}{V_c(r=1)}$$

Analogicznie, jeżeli punkt P_{wy}^n o współrzędnych x_{wy}^n i y_{wy}^n oznaczać będzie punkt wyjścia ze strefy ogniowego rażenia n -tego elementu OP^{WR} , $d(P_{wy}^n)$ - aktualnie pokonaną odległość, czas wyjścia poszczególnych elementów członu pasywnego ugrupowania ŚNF ze strefy n -tego elementu OP^{WR} można policzyć ze wzoru:

$$t_{wy}^n = \frac{d(P_{wy}^n)}{V_c(r)} + t_p(r) \quad \text{dla } r = 1, R,$$

gdzie:

$t_p(r)$ - czas przelotu ŚNF r -tego rzutu.

Procedura znajdowania punktów wejścia i wyjścia dla stref ogniowego rażenia podsystemu OP^{WR} musi być prowadzona osobno dla każdego odcinka trasy nalotu w stosunku do wszystkich elementów podsystemu OP^{WR} . Po jej wykonaniu wyznaczony zostanie zbiór ZFW_j^{WR} punktów i czasów wejść i wyjść ŚNF w strefy ogniowego rażenia podsystemu OP^{WR} na j -tym odcinku trasy nalotu:

$$ZFW_j^{WR} = \left\{ (P_{we}^{n1}, t_{we}^{n1}), (P_{wy}^{n1}, t_{wy}^{n1}), \dots, (P_{we}^{nk}, t_{we}^{nk}), (P_{wy}^{nk}, t_{wy}^{nk}), \dots, (P_{we}^{nK}, t_{we}^{nK}), (P_{wy}^{nK}, t_{wy}^{nK}) \right\} \quad (2.30)$$

dla $j = \overline{1, J}$, przy czym:

- $n_k = \overline{n, n_K}$ - numery elementów OP^{HR} mogące prowadzić ogniowe oddziaływanie na ŚNP na j-tym odcinku trasy nalotu,
K - ilość elementów OP^{HR} mogących prowadzić ogniowe oddziaływanie na ŚNP na j-tym odcinku trasy nalotu.

Zbiór (2.30) uporządkowany chronologicznie tworzy kalendarz zdarzeń podsystemu OP^{HR} na j-tym odcinku trasy. Wszystkim zdarzeniom symulowanym w module WR nadany został kod "3", a poszczególnym typom zdarzeń - następujące kody:

- "1" - wejście w strefę ognia członu aktywnego ugrupowania ŚNP,
"2" - wejście w strefę ognia członu pasywnego ugrupowania ŚNP,
"3" - wyjście ze strefy ognia członu pasywnego ugrupowania ŚNP.

Kalendarz zdarzeń generowany przez moduł WR dla każdego odcinka trasy przedstawia zał. 15.

W wyniku zachodzenia zdarzeń poszczególne elementy OP^{HR} mogą zmieniać swój stan. Wszystkie elementy podsystemu OP^{HR} w każdej danej chwili symulacji znajdują się w określonym stanie. W module przewidziano następujące stany elementów podsystemu OP^{HR} i odpowiadające im kody:

- "1" - element OP^{HR} aktywny; jest to stan, gdy element może prowadzić ogniowe oddziaływanie na ŚNP oraz liczba rakiet elementu $N_R > 0$,
"2" - element OP^{HR} pasywny; jest to stan, gdy liczba rakiet $N_R = 0$, lub gdy $N_R > 0$, ale na podstawie planu współdziałania systemu OP element nie może prowadzić ogniowego oddziaływania na ŚNP,
"3" - element OP^{HR} zniszczony.

Niech

$$KS^{HR} = \langle KS_n^{HR}, t_n^n \rangle$$

dla $m = \overline{1, M}$ oznacza wektor kodów stanów i czasów ich wystąpienia dla elementów podsystemu OP^{HR} . Przed rozpoczęciem symulacji ($t_n = 0$) wszystkie elementy OP^{HR} muszą mieć zadany swój stan początkowy (aktywny lub pasywny). W celu zachowania konwersacyjnego charakteru symulacji nalotu ŚNP w pracy założono, że przed wlotem ŚNP na dowolny odcinek trasy nalotu będzie możliwe bieżące aktualizowanie wektora KS^{HR} .

Symulowanie zwalczania ŚNP przez podsystem OP^{HR} zorganizowane jest w module w postaci dwóch kolejnych iteracji. Pierwsza, "rozegrana" zostanie między członem aktywnym ugrupowania ŚNP niszczącym elementy podsystemu OP^{HR} na danym odcinku trasy nalotu i tymi elementami podsystemu OP^{HR} , które na danym odcinku mogą niszczyć ŚNP (elementy macierzy NRDR - rozdz. 2.1.9). Druga, "rozegrana" zostanie między członem pasywnym ugrupowania ŚNP

wykonującym przelot przez dany odcinek trasy i tymi elementami podsystemu OP^{HR} , które nie zostaną zniszczone w wyniku oddziaływania członu aktywnego ugrupowania ŚNF.

Do rozegrania pierwszej iteracji opracowana została pomocnicza procedura szacowania strat.

Procedura szacowania strat

Niszczenie elementów systemu OP przez ŚNF, a także ŚNF przez system OP jest procesem stochastycznym zależnym od wielu czynników. Dokładniejsze zbadanie tego procesu wymagałoby wprowadzenia dużej ilości danych wejściowych, opracowania wielu skomplikowanych procedur, co zdaniem autorów przekroczyłoby znacznie ramy tej pracy. Dla potrzeb modelowania przyjęto uproszczoną procedurę szacowania strat. Poszczególne czynności procedury można ująć w następujących punktach:

- 1) niech x będzie zmienną losową, oznaczającą stopień zniszczenia rozpatrywanego elementu;
- 2) niech będzie znany rozkład prawdopodobieństwa F zmiennej losowej x , przy czym $F(x=0) = 0$ oraz $F(x \rightarrow \infty) = 1$;
- 3) biorąc pod uwagę punkt 2) oraz to, że funkcja F jest rosnąca względem argumentu x , można ją aproksymować z pewnym przybliżeniem funkcją:

$$F(x) = 1 - e^{-\mathcal{L}x};$$

- 4) współczynnik \mathcal{L} jest funkcją zależną wprost proporcjonalnie od następujących argumentów:

$$\mathcal{L} = w * p_0 * n * d,$$

przy czym:

- w - współczynnik jakości elementu atakującego,
- p_0 - prawdopodobieństwo zniszczenia elementu atakowanego w jednym oddziaływaniu w zależności od założonych warunków przeprowadzenia ataku (np. osłona WRe),
- n - ilość elementów atakujących,
- d - podatność elementu atakowanego na niszczące działanie elementu atakującego; wielkość d może być liczbą zadaną z przedziału $\langle 0,1 \rangle$, przy czym $d=0$ oznacza element niepodatny na niszczenie,

czyli:

$$F(x) = 1 - e^{-w \cdot p_0 \cdot n \cdot d \cdot x}; \quad (2.31)$$

- 5) niech x_{gr} będzie znanym granicznym stopniem zniszczenia, powyżej którego można uznać element atakowany za zniszczony (rys. 37); wielkość x_{gr} może być zadanym procentem maksymalnych strat elementu, powyżej którego jest on uważany za zniszczony;

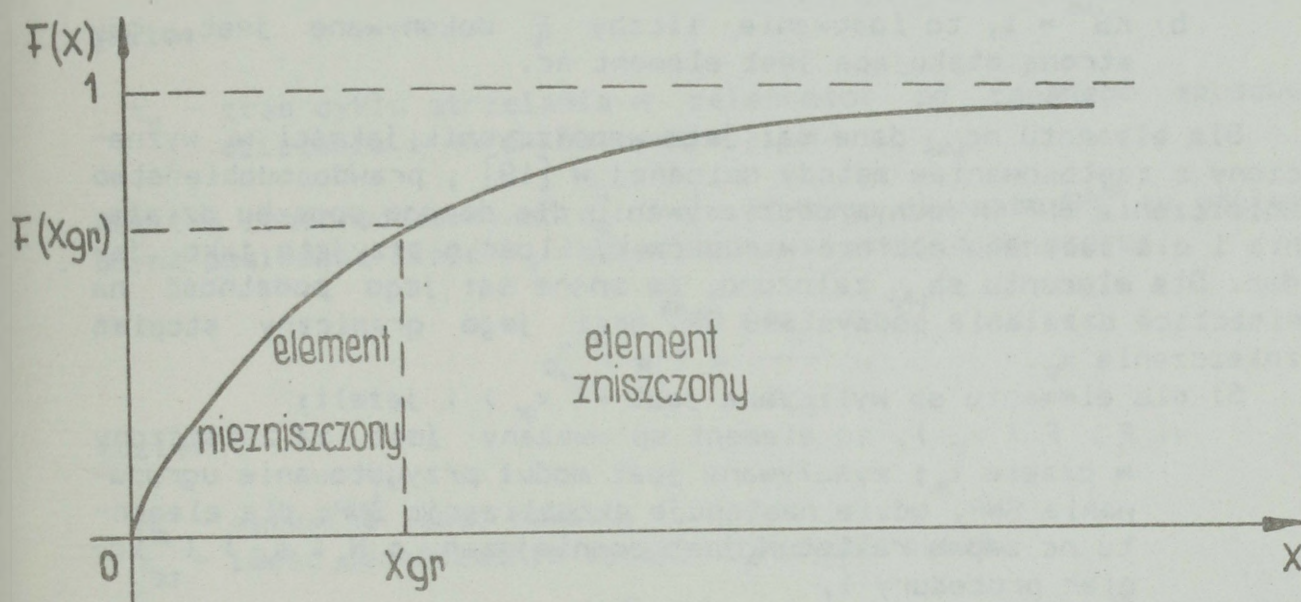
6) po podstawieniu x_{gr} do (2.31) otrzyma się :

$$F (x_{gr}) = 1 - e^{-w \cdot p_0 \cdot n_d \cdot x_{gr}} \quad (2.31a)$$

7) niech F_L oznacza wylosowane z przedziału $\langle 0, 1 \rangle$ prawdopodobieństwo zniszczenia elementu atakowanego;

8) jeżeli:

- a) $F_L > F (x_{gr})$, to element atakowany zostaje uznany za zniszczony,
- b) $F_L \leq F (x_{gr})$, to element atakowany nie zostaje zniszczony.



Rys. 37. Graficzna ilustracja procedury szacowania strat

W celu graficznego zobrazowania funkcji strat (2.31a) zbudowano program na mikrokomputer AMSTRAD CPC 6128. Przykładowe wyniki programu, dla zmieniającego się współczynnika jakości ŚNP, przedstawia zał. 18. Listę rozkazów programu (w języku BASIC) kreślącego krzywe szacowania strat przedstawia zał. 30.

Opisana procedura szacowania strat będzie wykorzystana w pierwszej iteracji symulowania działania bojowego podsystemu OP^{HR}. Niech $sp_{j,s,l} \in SF$ oznacza numer ŚNP niszczącego element nc NC (rozdz. 2.3.1) podsystemu OP^{HR} na j -tym odcinku trasy. Znane są: wysokość H_c i prędkość rzutu przełamującego system OP, współczynnik jakości w (rozdz. 2.1.12) ŚNP, ilość ŚNP (zał. 12) atakujących element $nc_{j,s,l}$ oraz prawdopodobieństwo zniszczenia elementu w jednym oddziaływaniu dla zadanego wektora warunków W . Dla atakowanego elementu $nc_{j,s,l}$ znana jest (z tab. 2.6) jego podatność d na niszczące działanie ŚNP oraz jego graniczny stopień zniszczenia x_{gr} . Dla tych danych rozgrywany jest "stochastyczny pojedynek" według następującej procedury:

1) czas "pojedyнку": $t_{poj} = \frac{D_{ow}^{nc}}{V_c}$, początek t_{we}^{nc} , przy czym:

D_{ow}^{nc} - zasięg strefy ogniowego rażenia dla elementu nc , t - czas wejścia ŚNP do strefy ogniowego rażenia elementu nc ;

- 2) pierwsze losowanie liczby F_l jest dokonywane, gdy stroną atakującą jest element sp w czasie symulacyjnym $t_s = t_{we}^{nc}$;
- 3) dla elementu nc wyliczana jest $F(x_{gr})$ i jeżeli:
 - a) $F_l > F(x_{gr})$, element $nc_{j,s,l}$ uważany jest za zniszczony i zapisany zostaje $KS^{nc} = 3$ w czasie t_s (koniec procedury),
 - b) $F_l \leq F(x_{gr})$, to wykonywana jest czynność 4;
- 4) sprawdza się, czy $KS^{nc} = 1$, tzn. czy element nc jest w stanie aktywnym i jeżeli:
 - a) $KS^{nc} = 2$ (element pasywny), to w czasie $t_s = t_s + t_{od}$ wykonywana jest czynność 1, przy czym t_{od} - czas jednego oddziaływania ŚNF,
 - b) $KS^{nc} = 1$, to losowanie liczby F_l dokonywane jest, gdy stroną atakującą jest element nc .

Dla elementu $nc_{j,s,l}$ dane są: jego współczynnik jakości w , wyznaczony z zastosowaniem metody opisanej w [18], prawdopodobieństwo zniszczenia ŚNF w jednym oddziaływaniu dla danego sposobu działania i dla zadanego wektora warunków W , ilość n przyjęto jako jeden. Dla elementu $sp_{j,s,l}$ założono, że znane są: jego podatność na niszczące działanie podsystemu OP^{WR} oraz jego graniczny stopień zniszczenia x_{gr} .

- 5) dla elementu sp wyliczana jest $F(x_{gr})$ i jeżeli:
 - a) $F_l > F(x_{gr})$, to element sp uważany jest za zniszczony w czasie t_s ; wywoływany jest moduł przygotowania ugrupowania ŚNF, gdzie następuje aktualizacja ŚNF; dla elementu nc zapas rakiet N_R jest pomniejszany o $N_R(s_{dz})$ (koniec procedury),
 - b) $F_l \leq F(x_{gr})$, to sprawdza się, czy nie skończył się czas "pojedyнку" $t_s - t_{we}^{nc} \leq t_{poj}$; jeżeli czas "pojedyнку" jeszcze się nie skończył wykonywana jest czynność 2; jeżeli czas "pojedyнку" zakończył się, to procedura jest zakończona.

Jak widać procedura szacowania strat kończy się, gdy jedna ze stron zostanie uznana za zniszczoną, lub gdy skończy się czas "pojedyнку".

Procedurę wykonuje się dla wszystkich elementów macierzy NC dla wybranego j -tego odcinka trasy nalotu. Po jej wykonaniu w zbiorze ZFW^{WR} pozostaną tylko te elementy podsystemu OP^{WR} , które nie zostały uznane za zniszczone w wyniku oddziaływania członu aktywnego ugrupowania ŚNF.

Druga iteracja, wykonywana w module WR , ma za zadanie wyliczenie oczekiwanej liczby zniszczonych samolotów przeciwnika z członu pasywnego ugrupowania.

Niech e_i^j oznacza i -ty element członu pasywnego ugrupowania ŚNF o szerokości aproksymującego go prostokąta a_i^j i długości b_i^j , przelatujący przez j -ty odcinek trasy nalotu. Niech $n' \in ZFW_j^{WR}$ oznacza n' -ty niezniszczony element podsystemu OP^{WR} . Czas przebywania $t_p(e_i^j)$ e_i^j -tego elementu w strefie rażenia n' -tego elementu można wyznaczyć ze wzoru:

$$t_p(e_i^j) = \frac{\Delta_j^{n'} + b}{v_c},$$

gdzie:

$\Delta_j^{n'}$ - długość j-tego odcinka trasy przechodzącego przez strefę rażenia n'-tego elementu (rozdz. 2.1.8).

Możliwą ilość oddziaływań $q_t^{n'} (e_i^j)$ n'-tego elementu OP^{NR} na e_i^j -ty element, ze względu na czas przebywania w strefie rażenia, można wyznaczyć ze wzoru:

$$q_t^{n'} (e_i^j) = \frac{t_p (e_i^j)}{t_c} ,$$

gdzie:

t_c - czas cyklu strzelania w zależności od zadanego sposobu działania i warunków symulacji W.

Możliwą ilość oddziaływań $q_R^{n'} (e_i^j)$ n'-tego elementu OP^{NR} ze względu na posiadaną ilość N_R rakiet można wyznaczyć ze wzoru:

$$q_R^{n'} (e_i^j) = \frac{N_R}{s_{DZ}} ,$$

gdzie:

N_R - aktualna ilość rakiet,

s_{DZ} - ilość jednocześnie wystrzeliwanych rakiet.

Możliwą ilość oddziaływań $q^{n'} (e_i^j)$ n'-tego elementu OP^{NR} można więc wyliczyć:

- a) jeżeli $q_t^{n'} (e_i^j) < q_R^{n'} (e_i^j)$, to $q^{n'} (e_i^j) = q_t^{n'} (e_i^j)$,
- b) jeżeli $q_t^{n'} (e_i^j) \geq q_R^{n'} (e_i^j)$, to $q^{n'} (e_i^j) = q_R^{n'} (e_i^j)$.

Oczekiwaną ilość zniszczonych ŚNF $m (e_i^j, n')$ e_i^j -tego elementu przez n'-ty element OP^{NR} można wyliczyć ze wzoru:

$$m (e_i^j, n') = q^{n'} (e_i^j) * P_0 , \quad (2.32)$$

gdzie:

P_0 - prawdopodobieństwo zniszczenia samolotu przeciwnika (tab. 2.6) w jednym oddziaływaniu, w zależności od sposobu i warunków działania n'-tego elementu OP^{NR} .

Korzystając ze wzoru (2.32) można wyznaczyć ogólną oczekiwaną ilość $m (n')$ zniszczonych ŚNF przez n'-ty element z członu pasywnego ugrupowania na j-tym odcinku trasy nalotu:

$$m (n') = \sum_{i=1}^I m (e_i^j, n') , \quad (2.33)$$

gdzie:

I - ilość elementów członu pasywnego ugrupowania ŚNF.

Korzystając ze wzoru (2.33) można wyznaczyć ogólną oczekiwaną ilość ŚNP m_j zniszczonych przez podsystem OP na j-tym odcinku trasy nalotu:

$$m_j = \sum_{n'=n_1}^{n_K'} m_j (n') ,$$

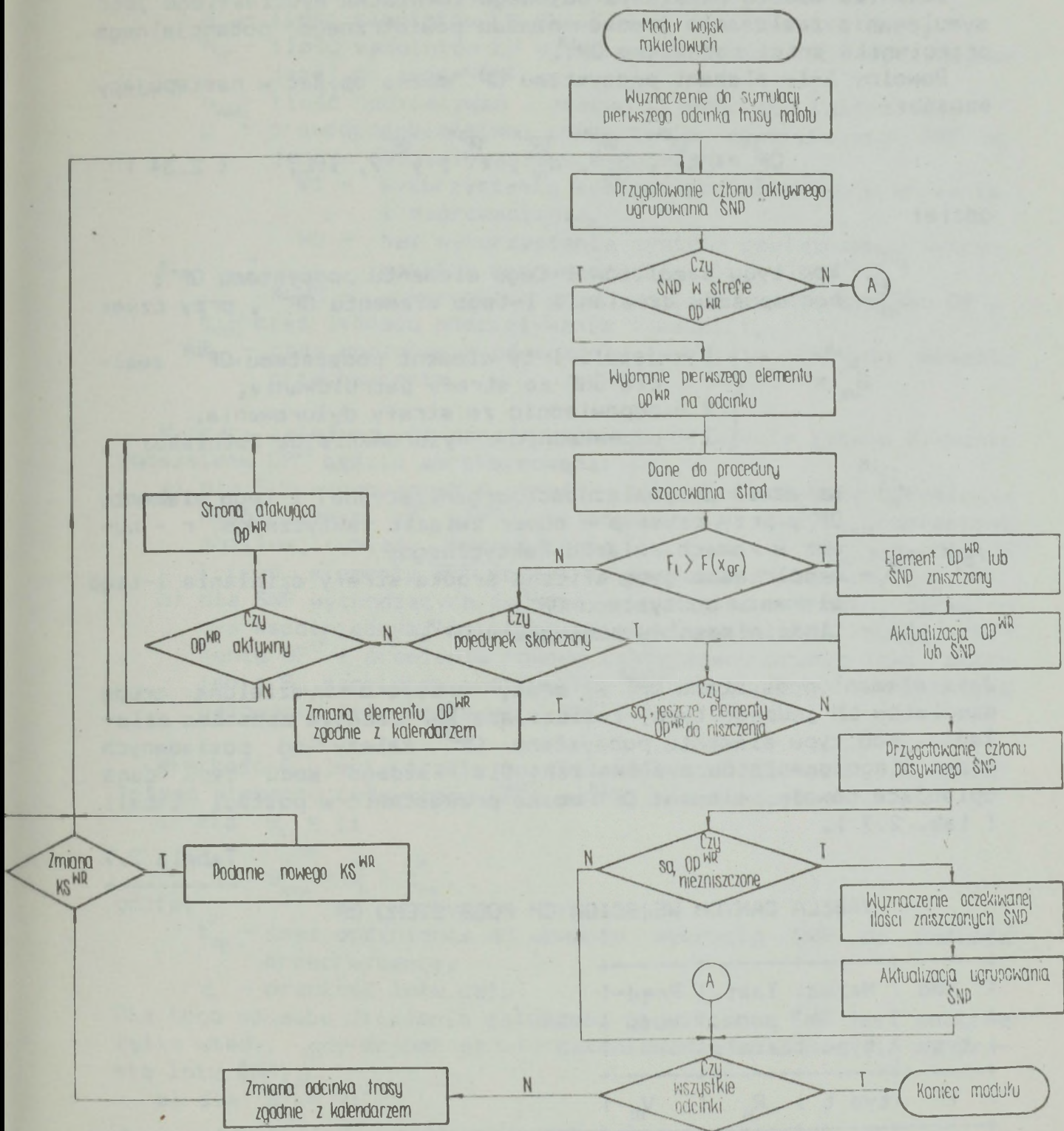
gdzie:

$n' = n_1, n_K'$ - numery elementów OP^{WR} mogące prowadzić ogniowe oddziaływanie na ŚNP członu pasywnego n j-tym odcinku trasy nalotu,

K' - ilość elementów OP^{WR} mogących prowadzić ogniowe oddziaływanie na ŚNP członu pasywnego na j-tym odcinku trasy nalotu.

Każdorazowo po wykonaniu drugiej iteracji wywoływany jest moduł formowania ugrupowania ŚNP, gdzie następuje aktualizacja stanu ŚNP.

Na rys. 38 przedstawiono schemat blokowy algorytmu działania modułu wojsk raketowych.



Rys. 38. Schemat blokowy algorytmu modułu działania bojowego wojsk rakietowych

2.3.6. Moduł działania bojowego lotnictwa myśliwskiego

Zadaniem modułu działania bojowego lotnictwa myśliwskiego jest symulowanie zwalczania środków napadu powietrznego potencjalnego przeciwnika przez podsystem OP^{LM} .

Dowolny 1-ty element podsystemu OP^{LM} można opisać w następujący sposób:

$$OP_l^{LM} = \langle t_{OP_l^{LM}}, S_{dz}^{OP_l^{LM}}, d_{pr}^{OP_l^{LM}}, x_l^{OP_l^{LM}}, y_l^{OP_l^{LM}} \rangle, \quad 1 \leq L, \quad (2.34)$$

gdzie:

$t_{OP_l^{LM}}$ - kod typu samolotów 1-tego elementu podsystemu OP^{LM} ;
 $S_{dz}^{OP_l^{LM}}$ - kod sposobu działania 1-tego elementu OP^{LM} , przy czym:

$$S_{dz}^{OP_l^{LM}} = \begin{cases} 1 - \text{jeżeli 1-ty element podsystemu } OP^{LM} \text{ zwalcz} \\ \text{a } \dot{S}NP \text{ ze strefy patrolowania,} \\ 2 - \text{odpowiednio ze strefy dyżurowania,} \\ 3 - \text{odpowiednio z dyżurowania na lotnisku;} \end{cases}$$

$d_{pr}^{OP_l^{LM}}$ - wskaźnik przynależności organizacyjnej 1-tego elementu OP^{LM} , przy czym: p - numer związku taktycznego, r - numer w ramach związku taktycznego;

$x_l^{OP_l^{LM}}, y_l^{OP_l^{LM}}$ - współrzędne geograficzne środka strefy działania 1-tego elementu podsystemu OP^{LM} ;

L - ilość elementów podsystemu OP^{LM} .

Jako element podsystemu OP^{LM} w pracy przyjęto wydzieloną grupę samolotów LM jednego typu, zwalczającą $\dot{S}NP$ zadany sposób działania. Kod typu elementu podsystemu OP^{LM} zależy od posiadanych przez niego samolotów myśliwskich. Dla każdego kodu typu dane opisujące dowolny element OP^{LM} można przedstawić w postaci tabeli (tab. 2.7).

Tabela 2.7

TABELA DANYCH WEJŚCIOWYCH PODSYSTEMU OP

Kod typu	Nazwa typu	Takt. dział.	Pręđ. prom.	Pręđ. kość				
t	typ	t	R_d	V_m				
Kod dział.	Ilość samo- lotów	Ilość w j. takt.	Ilość oddz.	P-stwo zniszczenia	t_{oddz}	$t_{opóž}$		
1	N_{LM1}	N_{gr1}	n_{oddz1}	p_1	p_{N1}	p_{RE1}	t_{od1}	t_{op1}
2	N_{LM2}	N_{gr2}	n_{oddz2}	p_2	p_{N2}	p_{RE2}	t_{od2}	t_{op2}
3	N_{LM3}	N_{gr3}	n_{oddz3}	p_3	p_{N3}	p_{RE3}	t_{od3}	t_{op3}

Objaśnienia (do tabeli 2.7):

- R_d - taktyczny promień działania samolotów LM z lotniska bazowania [km],
- V_m - średnia prędkość myśliwca [km/h],
- N_{LM} - ilość samolotów LM dla danego sposobu działania,
- N_{gr} - ilość samolotów LM w jednostce taktycznej oddziaływującej na jeden ŚNF,
- n_{oddz} - ilość oddziaływań (ataków) jednostki taktycznej,
- p - prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego ŚNF w jednym oddziaływaniu w warunkach:
 - W1 - wykorzystania systemu powietrznego wykrywania i naprowadzania,
 - W2 - bez wykorzystania systemu powietrznego wykrywania i naprowadzania,
 - W3 - w warunkach przeciwdziałania WRe systemu OP,
- t_{oddz} - czas jednego oddziaływania (walki),
- $t_{opóz}$ - czas opóźnienia od momentu wykrycia ŚNF do momentu przechwycenia.

W pracy założono, że strefa bojowego działania 1-tego elementu podsystemu OP^{LM} będzie aproksymowana:

- a) dla ŚNF wchodzących w strefę - okręgiem o środku określonym współrzędnymi $x_L^{OP^{LM}}$, $y_L^{OP^{LM}}$ i promieniu, równym promieniowi możliwej rubieży wprowadzenia do walki $S_{MRW}^{OP^{LM}}$ samolotów 1-tego elementu OP^{LM} jednym ze sposobów działania,
- b) dla ŚNF wychodzących ze sfery - okręgiem o środku określonym współrzędnymi lotniska bazowania samolotów 1-tego elementu OP^{LM} i promieniu równym taktycznemu promieniowi działania R_d samolotów myśliwskich $t_L^{OP^{LM}}$ -tego typu z lotniska bazowania 1-tego elementu OP^{LM} (rys. 39).

Wielkość $S_{MRW}^{OP^{LM}}$ jest ściśle uzależniona od sposobu działania 1-tego elementu podsystemu OP^{LM} i można ją wyznaczyć:

- a) dla $S_{dz} = 1$:

$$S_{MRW}^{OP^{LM}} = V_c * t_{op}^p,$$

gdzie:

t_{op}^p - czas opóźnienia od momentu wykrycia ŚNF do momentu przechwycenia,

V_c - prędkość lotu celu.

Dla tego sposobu działania założono, że wykrycie ŚNF jest możliwe tylko wtedy, gdy środek strefy patrolowania znajduje się na trasie lotu ŚNF.

- b) dla $S_{dz}^{OP^{LM}} = 2$:

$$S_{MRW}^{OP^{LM}} = \frac{D_w^d - V_c * t_{op}^d}{1 + n},$$

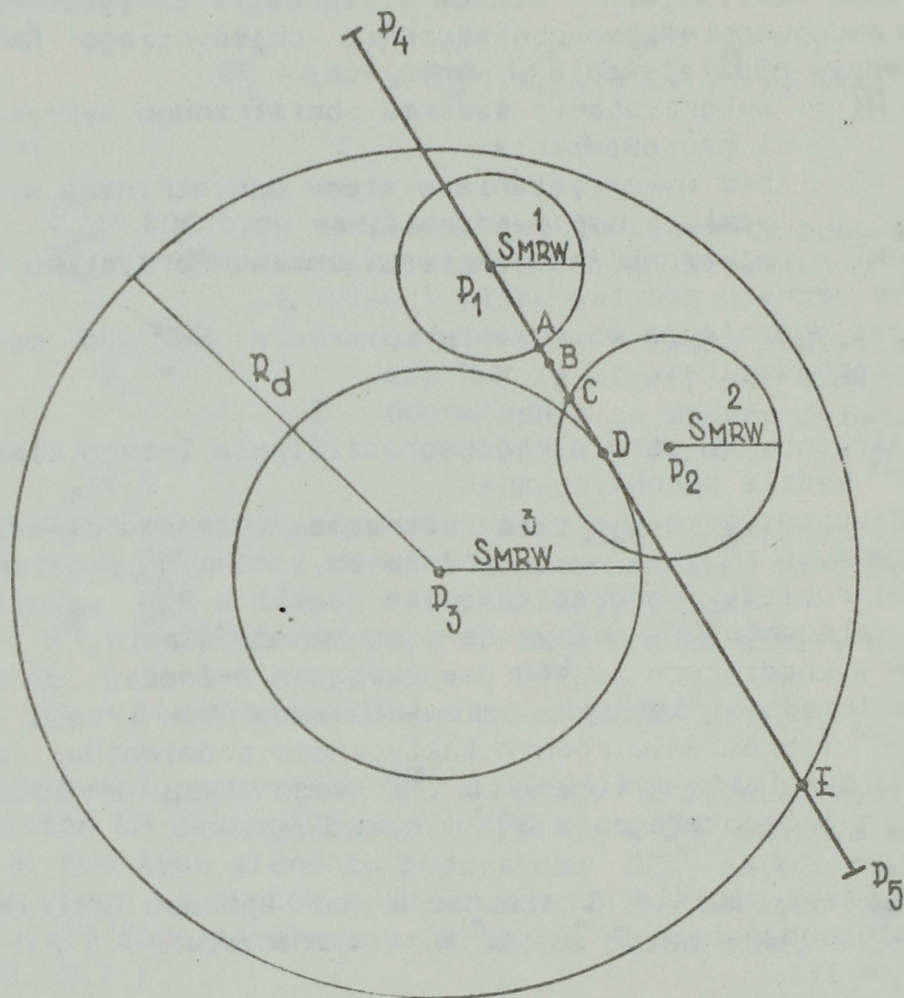
gdzie:

D_w^d - odległość punktu wykrycia ŚNF (z modułu WRe lub RRe) do środka strefy dyżurowania,

t_{op}^d - średni sumaryczny czas opóźnienia od momentu wykrycia celu do chwili zakończenia manewru,

$n = \frac{V_c}{V_m}$ - stosunek prędkości celu V_c do prędkości V_m samolotów myśliwskich 1-tego elementu OP^{LM} .

W pracy założono, że dla $S_{dz} = 1$ i $S_{dz} = 2$ samoloty myśliwskie mogą prowadzić bojowe oddziaływanie tylko na pierwszy rzut ŚNP.



Objaśnienia:

- $S^1_{MRW}, S^2_{MRW}, S^3_{MRW}$ - promienie możliwych rubieży wprowadzenia do walki LM dla poszczególnych sposobów działania,
- R_d - taktyczny promień działania LM,
- P_1, P_2, P_3 - współrzędne środków stref działania,
- P_4, P_5 - współrzędne odcinka trasy nalotu,
- A, C, D - punkty wejścia w strefę działania OP^{LM} ,
- B - punkt wykrycia ŚNP,
- E - punkt wyjścia ze strefy działania OP .

Rys. 39. Graficzna ilustracja znajdowania punktów wejścia i wyjścia w strefę bojowego oddziaływania podsystemu OP^{LM} .

c) dla $S_{dz}^L = 3$:

$$S_{MRW}^{OP^{LM}} = \frac{D_w^L + d - V_c (t_{pas} + t_{wzn} + t_{man}) + n * S_{wzn}}{1 + n}$$

gdzie:

- D_w^L - odległość punktu wykrycia ŚNF do lotniska 1-tego elementu OP^{LM} ,
- d - odległość wprowadzenia w tylną półstrefę celu,
- t_{pas} - czas startu samolotów myśliwskich w zależności od stopnia gotowości bojowej,
- t_{man} - czas manewru w końcowej fazie naprowadzania myśliwca na cel.

Wielkości S_{wzn} i t_{wzn} będą wyznaczone metodą interpolacji (rozdz. 2.3.4) z zadanej tabeli (2.8):

Tabela 2.8

TABELA WYSOKOŚCI I CZASÓW WZNOSZENIA SAMOLOTÓW MYŚLIWSKICH W ZALEŻNOŚCI OD WYSOKOŚCI LOTU CELU

H_c	H_{c1}	H_{c2}	...	H_{cm}
S_{wzn}	S_{wzn1}	S_{wzn2}	...	$S_{wzn,m}$
t_{wzn}	t_{wzn1}	t_{wzn2}	...	$t_{wzn,m}$

W pracy założono, że dla $S_{dz} = 3$ samoloty myśliwskie mogą prowadzić bojowe oddziaływanie na wszystkie rzuty ŚNF.

Niech $S_{MRW}^{OP^{LM}}$ będzie promieniem możliwej rubieży wprowadzenia do walki LM, dla jednego ze sposobów działania 1-tego elementu podsystemu OP^{LM} . Równanie aproksymujące tą strefę ma wtedy postać:

$$(x - x^{OP^{LM}})^2 + (y - y^{OP^{LM}})^2 = (S_{MRW}^{OP^{LM}})^2 \text{ dla } l = \overline{1, L}.$$

Warunkiem koniecznym oddziaływania bojowego elementu podsystemu OP^{LM} na ŚNF jest ich wlot do możliwej rubieży wprowadzenia do walki samolotów myśliwskich tego elementu. Znalazienie punktu wejścia do strefy bojowego oddziaływania 1-tego elementu OP^{LM} sprowadza się do rozwiązania układu równań (w celu uproszczenia zapisu opuszczono symbol OP^{LM}):

$$\begin{cases} (x - x^L)^2 + (y - y^L)^2 = (S_{MRW}^L)^2 \\ \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{y - y_{i-1}}{y_i - y_{i-1}} \end{cases} \quad (2.35)$$

przy czym punkt o współrzędnych (x_{i-1}, y_{i-1}) jest punktem początkowym, a punkt o współrzędnych (x_i, y_i) punktem końcowym j -tego odcinka trasy oraz $i = \overline{2, I}$, I - ilość punktów trasy, $j = \overline{1, J}$, J - ilość odcinków trasy nalotu. Znalazienie punktu wyjścia ze sfery bojowego oddziaływania 1-tego elementu OP^{LM} dla j -tego odcinka trasy nalotu sprowadza się do rozwiązania układu równań:

$$(x - x^L)^2 + (y - y^L)^2 = (R_d^L)^2 \quad (2.36)$$

$$\frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{y - y_{i-1}}{y_i - y_{i-1}},$$

przy czym:

x^L, y^L - oznaczają współrzędne lotniska bazowania 1-tego elementu podsystemu OP^{LM} .

Dla układów równań (2.35) i (2.36) należy dokonać sprawdzenia rozwiązania, analogicznie jak w module WRT, przy pomocy układu nierówności (2.25).

Punkt wejścia ŚNF w strefę bojowego oddziaływania 1-tego elementu podsystemu OP^{LM} będzie oznaczony P_{we}^L o współrzędnych x_{we}^L, y_{we}^L . Wyznaczając odległość $d(P_{we}^L)$, jaką pokonały ŚNF od punktu początkowego trasy nalotu (rozdz. 2.1.3) do punktu wejścia w strefę oraz znając prędkość lotu ŚNF r-tego rzutu $V_c(r)$, można policzyć czas wejścia ŚNF w strefę bojowego oddziaływania 1-tego elementu OP^{LM} według wzoru:

$$t_{we}^L = \frac{d(P_{we}^L)}{V_c(r)} \quad \text{dla } r = \overline{1, R}.$$

Analogicznie, jeżeli P_{wy}^L o współrzędnych x_{wy}^L, y_{wy}^L oznaczać będzie punkt wyjścia ŚNF ze strefy bojowego oddziaływania 1-tego elementu $d(P_{wy}^L)$ aktualnie pokonaną odległość, czas wyjścia ŚNF r-tego rzutu ze strefy bojowego oddziaływania r-tego elementu OP^{LM} można policzyć ze wzoru:

$$t_{wy}^L = \frac{d(P_{wy}^L)}{V_c(r)} + t_p(r) \quad \text{dla } r = \overline{1, R}.$$

Procedura znajdowania punktów wejścia i wyjścia ŚNF do stref bojowego oddziaływania podsystemu OP^{LM} musi być przeprowadzona dla każdego odcinka trasy nalotu ŚNF, w stosunku do wszystkich elementów podsystemu OP^{LM} .

Niech dla j-tego odcinka trasy nalotu wyznaczony zostanie zbiór ZPW_j^{LM} punktów i czasów wejść i wyjść ŚNF w strefy bojowego oddziaływania podsystemu OP^{LM} :

$$ZPW_j^{LM} = \left\{ (P_{we}^{L1}, t_{we}^{L1}), (P_{wy}^{L1}, t_{wy}^{L1}), \dots, (P_{we}^{Lk}, t_{we}^{Lk}), (P_{wy}^{Lk}, t_{wy}^{Lk}), \dots \right. \\ \left. \dots, (P_{we}^{Lk}, t_{we}^{Lk}), (P_{wy}^{Lk}, t_{wy}^{Lk}) \right\} \quad (2.37)$$

dla $j = \overline{1, J}$, przy czym:

- $l_k = \overline{l_1, l_k}$ - numery elementów podsystemu OP^{LM} mogących prowadzić bojowe oddziaływanie na ŚNF na j-tym odcinku trasy nalotu,
- K - ilość elementów podsystemu OP^{LM} mogących prowadzić bojowe oddziaływanie na ŚNF na j-tym odcinku trasy nalotu.

Zbiór ZPW_j^{LM} (dla każdego $j=1, \dots, J$) uporządkowany chronologicznie tworzy kalendarz zdarzeń podsystemu OP^{LM} na j -tym odcinku trasy nalotu.

Wszystkim zdarzeniom symulowanym w module LM nadany został kod "4", a poszczególnym typom zdarzeń - następujące kody:

- "1" - wejście ŚNF w strefę bojowego oddziaływania LM,
- "2" - wyjście ŚNF ze strefy bojowego oddziaływania LM.

Kalendarz zdarzeń generowany przez moduł LM dla każdego odcinka trasy przedstawia zał. 15.

Wszystkie elementy podsystemu OP^{LM} , w każdej danej chwili symulacji, znajdują się w określonym stanie. W module przewidziano następujące stany elementów podsystemu OP^{LM} i odpowiadające im kody:

- "1" - element OP^{LM} aktywny; jest to stan, gdy element może prowadzić bojowe oddziaływanie na ŚNF oraz gdy ilość oddziaływań $n_{oddz}^L > 0$,
- "2" - element OP^{LM} pasywny; jest to stan, gdy ilość oddziaływań $n_{oddz}^L = 0$, ale na podstawie planu współdziałania systemu OP element nie może prowadzić bojowego oddziaływania na ŚNF.

Niech

$$KS^{LM} = \langle KS_1^{LM}, t_w^L \rangle \quad \text{dla } l = 1, L \quad (2.38)$$

oznacza wektor kodów stanów i czasów ich wystąpienia dla elementów podsystemu OP^{LM} . Przed rozpoczęciem symulacji ($t_w = 0$) wszystkie elementy OP^{LM} muszą mieć zadany swój stan początkowy. W celu zachowania konwersacyjnego charakteru symulacji nalotu ŚNF, w pracy założono, że przed wlotem ŚNF na dowolny odcinek trasy nalotu, będzie możliwe bieżące aktualizowanie wektora KS^{LM} .

Symulowanie zwalczania ŚNF przez podsystem OP^{LM} zorganizowane jest w module w postaci procedur wyliczających oczekiwaną liczbę zniszczonych ŚNF, osobno dla każdego odcinka trasy, zgodnie z kalendarzem jego zdarzeń. Niech l_k ($l_k = l_1, l_k$) oznacza numer elementu podsystemu OP^{LM} mogący prowadzić bojowe oddziaływanie na ŚNF na j -tym odcinku trasy nalotu. Zgodnie z (2.37) oddziaływanie to może być prowadzone od punktu $P_{we}^{l_k}$ o czasie wystąpienia $t_{we}^{l_k}$ do punktu $P_{wy}^{l_k}$ o czasie wystąpienia $t_{wy}^{l_k}$.

W celu wyznaczenia czasu oddziaływania $t_{oddz}^{l_k}$ tego elementu na ŚNF wykonywana jest następująca procedura:

- 1) bada się, czy na podstawie planu współdziałania systemu OP elementy podsystemu OP^{LM} mogą prowadzić bojowe oddziaływanie na ŚNF bez ograniczeń,
- 2) bada się, czy w strefie bojowego oddziaływania elementów podsystemu OP^{LM} nie występują odcinki nieciągłości radiolokacyjnej.

Jeżeli w systemie OP organizowane jest współdziałanie między podsystemami OP^{LM} i OP^{HR} należy, dla każdego elementu $n_k = n_1, n_k$ zbioru ZPW^{HR} (2.30), sprawdzić układ nierówności:

$$\begin{cases} t_{we}^{n_k} \leq t_{we}^{l_k} \leq t_{wy}^{n_k} \\ t_{we}^{n_k} \leq t_{wy}^{l_k} \leq t_{wy}^{n_k} \end{cases} \quad (2.39)$$

Jeżeli spełniona jest pierwsza nierówność układu (2.39) oznacza to, że punkt wejścia samolotów myśliwskich l_k -tego elementu OP^{LM} znajduje się w strefie ogniowego rażenia n_k -tego elementu OP^{WR} . Dla takiego przypadku należy dokonać podstawienia $t_{ue}^{l_k} = t_{uy}^{n_k}$, czyli $t_{oddz}^{l_k} = t_{uy}^{l_k} - t_{ue}^{n_k}$.

Jeżeli spełniona jest druga nierówność układu (2.39) oznacza to, że punkt wyjścia samolotów myśliwskich l_k -tego elementu OP^{LM} znajduje się w strefie ogniowego rażenia n_k -tego elementu OP^{WR} . Dla takiego przypadku należy dokonać podstawienia $t_{uy}^{l_k} = t_{ue}^{n_k}$, czyli $t_{oddz}^{l_k} = t_{ue}^{l_k} - t_{ue}^{n_k}$.

Jeżeli spełnione są obydwie nierówności układu (2.39) oznacza to, że strefa bojowego oddziaływania l_k -tego elementu zawiera się w strefie ogniowego rażenia n_k -tego elementu OP^{WR} . Dla takiego przypadku $t_{oddz}^{l_k} = 0$.

Jeżeli nie spełnione są obydwie nierówności układu (2.39) oznacza to, że l_k -ty element OP^{LM} może prowadzić bojowe oddziaływanie na ŚNF bez ograniczeń. Dla takiego przypadku $t_{oddz}^{l_k} = t_{uy}^{l_k} - t_{ue}^{l_k}$.

W celu zbadania, czy w strefie bojowego oddziaływania l_k -tego elementu OP^{LM} nie występują odcinki nieciągłości radiolokacyjnej należy, dla każdego elementu p ($p=1, P$) zbioru ZPN (2.27), sprawdzić układ nierówności:

$$\begin{cases} t_{ueN}^p \leq t_{ue}^{l_k} \leq t_{uyN}^p \\ t_{ueN}^p \leq t_{uy}^{l_k} \leq t_{uyN}^p \end{cases} \quad (2.40)$$

Jeżeli spełniona jest pierwsza nierówność układu (2.40) oznacza to, że punkt wejścia samolotów myśliwskich l_k -tego elementu OP^{LM} znajduje się na odcinku nieciągłości radiolokacyjnej. Dla takiego przypadku $t_{ue}^{l_k} = t_{uyN}^p$, czyli $t_{oddz}^{l_k} = t_{uy}^{l_k} - t_{uyN}^p$.

Jeżeli spełniona jest druga nierówność układu (2.40) oznacza to, że punkt wyjścia samolotów myśliwskich l_k -tego elementu OP^{LM} znajduje się na odcinku nieciągłości radiolokacyjnej. Dla takiego przypadku $t_{uy}^{l_k} = t_{ueN}^p$, czyli $t_{oddz}^{l_k} = t_{ueN}^p - t_{ue}^{l_k}$.

Jeżeli spełnione są obydwie nierówności układu (2.40) oznacza to, że strefa bojowego oddziaływania l_k -tego elementu OP^{LM} zawiera się w strefie nieciągłości pola radiolokacyjnego. Dla takiego przypadku $t_{oddz}^{l_k} = 0$.

Jeżeli nie spełnione są obydwie nierówności układu (2.40) oznacza to, że w strefie bojowego oddziaływania l_k -tego elementu OP^{LM} nie ma odcinków nieciągłości pola radiolokacyjnego. Dla takiego przypadku $t_{oddz}^{l_k} = t_{uy}^{l_k} - t_{ue}^{l_k}$.

Mając wyliczony czas oddziaływania $t_{oddz}^{l_k}$ oraz znając (z tab. 2.7) czas jednego oddziaływania $t_{oddz}(s_{dz}^{l_k})$ w zależności od sposobu działania, można wyznaczyć ilość oddziaływań x^{l_k} l_k -tego elementu OP^{LM} na cele powietrzne ze względu na ich czas przebywania w strefie bojowego oddziaływania z następującej zależności:

$$x^{l_k} = \frac{t_{oddz}^{l_k}}{t_{oddz}(s_{dz}^{l_k})}$$

Korzystając z tabeli 2.7 można również wyznaczyć ilość grup oddziaływujących na cele powietrzne z l_k -tego elementu według następującej zależności:

$$y^{L_k} = \frac{N_{LM} (s_{dz}^{L_k})}{N_{gr} (s_{dz}^{L_k})},$$

a znając ilość oddziaływań $n_{oddz} (s_{dz}^{L_k})$ jednej grupy można wyznaczyć możliwą ilość oddziaływań $n_{oddz}^{L_k}$ l_k -tego elementu OP^{LM} ze wzoru:

$$n_{oddz}^{L_k} = y^{L_k} * n_{oddz} (s_{dz}^{L_k}),$$

przy czym:

- a) jeżeli $n_{oddz} (s_{dz}^{L_k}) > x^{L_k}$, to $n_{oddz} (s_{dz}^{L_k}) = x^{L_k}$,
- b) jeżeli $y^{L_k} > N_j$, to $y^{L_k} = N_j$, gdzie N_j oznacza ilość jednoczesnych naprowadzeń samolotów LM OPK na cele powietrzne na j -tym odcinku trasy nalotu (N - z modułu WRT).

Oczekiwana liczbę zniszczonych ŚNP przez l_k -ty element OP^{LM} na j -tym odcinku trasy nalotu można wyznaczyć na podstawie zależności:

$$M_j^{L_k} = n_{oddz}^{L_k} * p (s_{dz}^{L_k}, W),$$

gdzie:

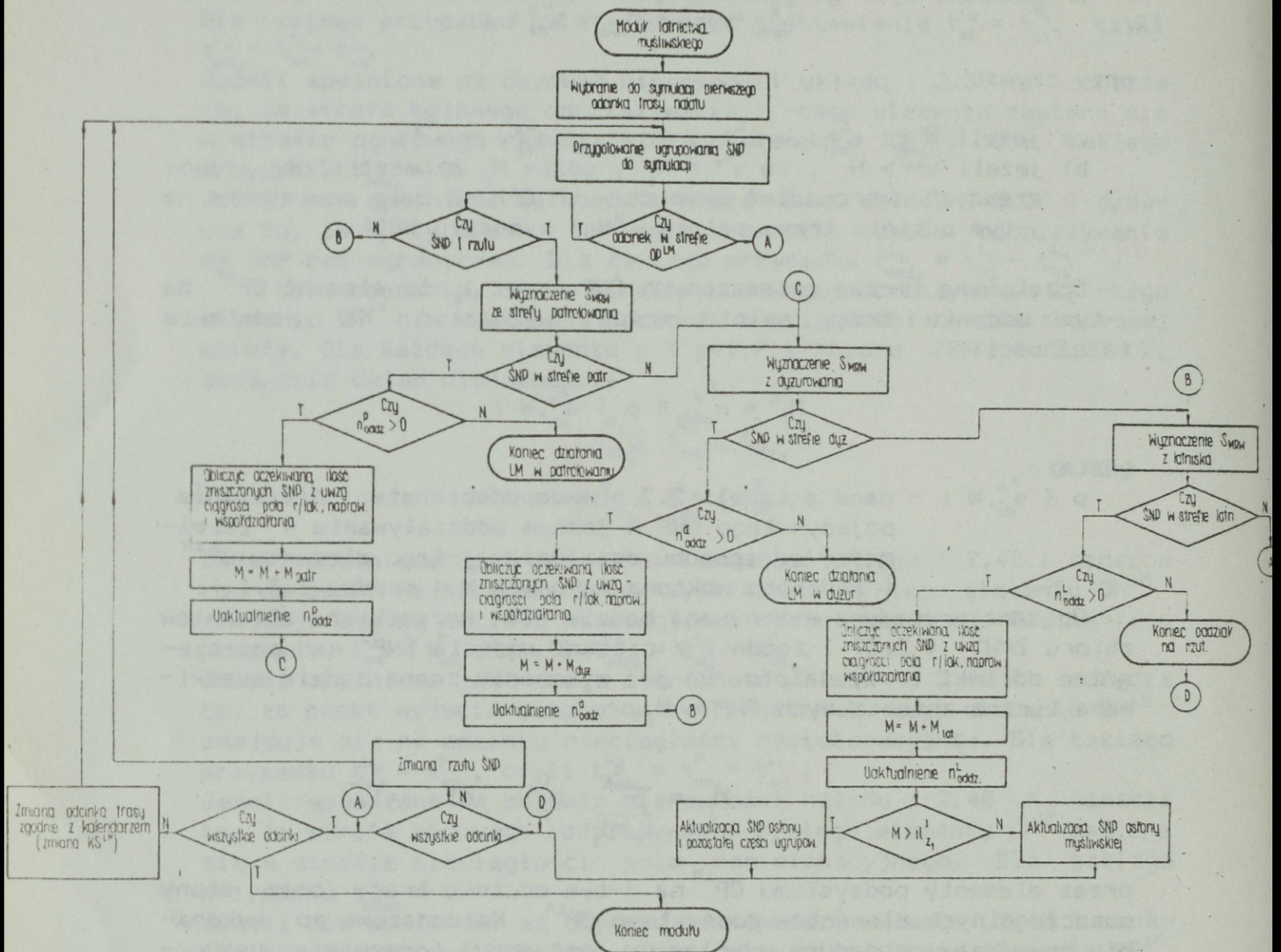
$p (s_{dz}^{L_k}, W)$ - dane z tabeli 2.7 prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego ŚNP w jednym oddziaływaniu w zależności od sposobu działania l_k -tego elementu OP^{LM} i zadanego wektora warunków W (rozdz. 2.3.1).

Opisana procedura wykonywana będzie dla wszystkich elementów zbioru ZPW^{LM} (2.37) zgodnie z czasami wejścia ŚNP na poszczególne odcinki trasy nalotu. Po jej wykonaniu znana będzie oczekiwana liczba zniszczonych ŚNP - M_j ,

$$M_j = \sum_{l_k=1}^{l_k} M_j^{L_k} \quad \text{dla } j=\overline{1, J},$$

przez elementy podsystemu OP^{LM} na j -tym odcinku trasy oraz stany poszczególnych elementów podsystemu OP^{LM} . Każdorazowo po wykonaniu powyższej procedury wywoływany jest moduł formowania ugrupowania ŚNP, gdzie następuje aktualizacja stanu ŚNP.

Na rys.40 przedstawiono schemat blokowy algorytmu działania lotnictwa myśliwskiego.



Rys. 40. Schemat blokowy algorytmu działania modułu lotnictwa myśliwskiego

2.3.7. Moduł walki radioelektronicznej

Zadaniem modułu walki radioelektronicznej jest symulowanie obezwładniania radioelektronicznego ŚNF przez podsystem OP^{WRE} .

Dowolny e-ty element podsystemu OP^{WRE} można opisać w następujący sposób:

$$OP_e^{WRE} = \left\langle t_e^{OP^{WRE}}, d_{p,r}^{OP^{WRE}}, x_e^{OP^{WRE}}, y_e^{OP^{WRE}} \right\rangle, e \in E, \quad (2.41)$$

gdzie:

- $t_e^{OP^{WRE}}$ - kod typu urządzeń WRe e-tego elementu podsystemu OP^{WRE} ;
- $d_{p,r}^{OP^{WRE}}$ - wskaźnik przynależności organizacyjnej e-tego elementu OP^{WRE} , przy czym p - numer związku taktycznego, r - numer w ramach związku taktycznego;
- $x_e^{OP^{WRE}}, y_e^{OP^{WRE}}$ - współrzędne geograficzne środka strefy działania e-tego elementu OP^{WRE} ;
- E - ilość elementów podsystemu OP^{WRE} .

Jako element podsystemu OP^{WRE} w pracy przyjęto pododdział walki radioelektronicznej.

Kod typu elementu podsystemu OP^{WRE} zależy od posiadanych przez niego urządzeń WRe. Kody typów urządzeń WRe wraz z ich charakterystycznymi danymi przedstawia tabela 2.9.

Tabela 2.9

TABELA DANYCH WEJŚCIOWYCH PODSYSTEMU OP^{WRE}

Kod	Nazwa	Zasięg str. zakł.				P-stwo zakł.	Podatn. na niszc.	Granicz. stopień zniszcz.
		H_{c1}	H_{c2}	....	H_{cn}			
1	podod. UKF	D_{z1}^1	D_{z2}^1		D_{zn}^1	p_z^1	d^1	x_{gr}^1
2	podod. is.r/lok	D_{z1}^2	D_{z2}^2		D_{zn}^2	p_z^2	d^2	x_{gr}^2

Objaśnienia:

- H_c - wysokość lotu ŚNF i m i,
- D_z - zasięg strefy zakłóceń i km i,
- n - ilość charakterystycznych przedziałów wysokości lotu ŚNF (im większe n, tym dokładniejsze określenie strefy zakłóceń),
- d - podatność elementu na niszczące działanie ŚNF i z przedziału 0÷1 i,
- x_{gr} - graniczny stopień zniszczenia elementu (procent zniszczenia elementu, powyżej którego jest on uważany za zniszczony) i % i.

W pracy założono, że strefa zakłóceń e-tego elementu OP^{HRE} będzie aproksymowana okręgiem o środku określonym współrzędnymi $x_e^{OP^{HRE}}, y_e^{OP^{HRE}}$ i promieniu równym zasięgowi strefy zakłóceń dla wysokości, na jakiej odbywa się lot ŚNF. Zasięg ten będzie wyznaczany metodą interpolacji (rozdz. 2.3.4).

Niech $D_{ZH}^{OP^{HRE}}$ oznacza zasięg strefy zakłóceń dla e-tego elementu podsystemu OP^{HRE} na wysokości H_c , wyznaczony metodą interpolacji. Równanie aproksymujące strefę zakłóceń dla e-tego elementu OP^{HRE} ma postać:

$$(x - x_e^{OP^{HRE}})^2 + (y - y_e^{OP^{HRE}})^2 = (D_{ZH}^{OP^{HRE}})^2 \quad \text{dla każdego } e = \overline{1, E}.$$

Warunkiem koniecznym oddziaływania elementu podsystemu OP^{HRE} na ŚNF jest ich wlot do strefy zakłóceń tego elementu. Znalezienie punktów wejścia i wyjścia dla strefy zakłóceń e-tego elementu OP^{HRE} , dla j-tego odcinka trasy nalogu, sprowadza się do rozwiązania układu równań (w celu uproszczenia zapisu opuszczono symbol OP^{HRE}):

$$(x - x_e)^2 + (y - y_e)^2 = (D_{ZH}^e)^2 \quad (2.42.)$$

$$\frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{y - y_{i-1}}{y_i - y_{i-1}}$$

dla każdego $e = \overline{1, E}$, przy czym punkt o współrzędnych (x_{i-1}, y_{i-1}) jest punktem początkowym, a punkt o współrzędnych (x_i, y_i) punktem końcowym j-tego odcinka trasy oraz $i = \overline{2, I}$, I - ilość punktów trasy nalogu, $j = \overline{1, J}$, J - ilość odcinków trasy nalogu. Dla układu równań (2.42) należy dokonać sprawdzenia rozwiązania, analogicznie jak w module WRT, przy pomocy układu nierówności (2.25).

Wyznaczony, w wyniku rozwiązania układów (2.42) i (2.25), punkt wejścia ŚNF w strefę zakłóceń e-tego elementu podsystemu OP będzie oznaczony przez P_{we}^e o współrzędnych x_{we}^e i y_{we}^e . Wyznaczając odległość $d(P_{we}^e)$, jaką pokonały ŚNF od punktu początkowego trasy nalogu (rozdz. 2.1.3) do punktu wejścia w strefę zakłóceń oraz znając prędkość lotu ŚNF r-tego rzutu $V_c(r)$, można policzyć czas wejścia ŚNF r-tego rzutu w strefę zakłóceń e-tego elementu OP^{HRE} ze wzoru:

$$t_{we}^e = \frac{d(P_{we}^e)}{V_c(r)} \quad \text{dla } r = \overline{1, R}.$$

Jeżeli P_{wy}^e o współrzędnych x_{wy}^e i y_{wy}^e oznaczać będzie punkt wyjścia ŚNF ze strefy zakłóceń e-tego elementu OP^{HRE} , $d(P_{wy}^e)$ - aktualnie pokonaną odległość, czas wyjścia ŚNF r-tego rzutu ze strefy zakłóceń tego elementu można wyznaczyć ze wzoru:

$$t_{wy}^e = \frac{d(P_{wy}^e)}{V_c(r)} + t_p(r) \quad \text{dla } r = \overline{1, R},$$

przy czym:

$t_p(r)$ - czas przelotu ŚNP r-tego rzutu.

Procedura znajdowania punktów wejścia i wyjścia ŚNP dla stref zakłóceń podsystemu OP^{HRE} musi być przeprowadzona dla każdego odcinka trasy nalotu, w stosunku do wszystkich elementów podsystemu OP^{HRE} .

Niech dla j-tego odcinka trasy nalotu wyznaczony zostanie zbiór ZPW_j^{HRE} punktów i czasów wejść i wyjść ŚNP w strefy zakłóceń elementów OP^{HRE} :

$$ZPW_j^{HRE} = \left\{ (F_{we}^{e_1}, t_{we}^{e_1}), (P_{wy}^{e_1}, t_{wy}^{e_1}), \dots, (F_{we}^{e_K}, t_{we}^{e_K}), (F_{wy}^{e_K}, t_{wy}^{e_K}), \dots, (P_{we}^{e_K}, t_{we}^{e_K}), (P_{wy}^{e_K}, t_{wy}^{e_K}) \right\} \quad (2.43)$$

dla $j = \overline{1, J}$, przy czym:

- $e_k = e_1, e_K$ - numery elementów podsystemu OP^{HRE} mogących zakłócać ŚNP na j-tym odcinku trasy,
- K - ilość elementów podsystemu OP^{HRE} mogących zakłócać ŚNP na j-tym odcinku trasy.

Zbiór ZPW_j^{HRE} (dla każdego $j = \overline{1, J}$), uporządkowany chronologicznie, tworzy kalendarz zdarzeń podsystemu OP^{HRE} na j-tym odcinku trasy nalotu.

Wszystkim zdarzeniom symulowanym w module WRe nadany został kod "5", a poszczególnym typom zdarzeń - następujące kody:

- "1" - wejście w strefę zakłóceń członu aktywnego ugrupowania ŚNP,
- "2" - wejście w strefę zakłóceń członu pasywnego ugrupowania ŚNP,
- "3" - wyjście ze strefy zakłóceń członu pasywnego ugrupowania ŚNP.

Kalendarz zdarzeń generowany przez moduł WRe dla każdego odcinka trasy przedstawia zał. 15.

W wyniku zachodzenia zdarzeń poszczególne elementy podsystemu OP^{HRE} mogą zmieniać swój stan. Wszystkie elementy podsystemu OP^{HRE} , w każdej chwili symulacji, znajdują się w konkretnym stanie. W module przewidziano następujące stany elementów OP^{HRE} i odpowiadające im kody:

- "1" - element OP^{HRE} aktywny; jest to stan, gdy element może zakłócać ŚNP bez ograniczeń,
- "2" - element OP^{HRE} pasywny; jest to stan, gdy na podstawie planu współdziałania systemu OP element nie może zakłócać ŚNP,
- "3" - element OP^{HRE} zniszczony.

Niech

$$KS^{HRE} = \langle KS_e^{HRE}, t_w^e \rangle, e = \overline{1, E} \quad (2.44)$$

oznacza wektor kodów stanów i czasów ich wystąpienia dla elementów podsystemu OP^{HRE} . Przed rozpoczęciem symulacji ($t_w = 0$) wszystkie elementy OP^{HRE} muszą mieć określony swój stan (element aktywny lub pasywny). W trakcie symulacji możliwe jest bieżące aktualizowanie wektora KS^{HRE} przed wlotem ŚNP na dowolny odcinek trasy nalotu.

Symulowanie walki radioelektronicznej przez podsystem OP^{HRE} zorganizowane jest w module w postaci dwóch kolejnych iteracji.

Pierwsza, przeprowadzona zostanie między członem aktywnym ugrupowania ŚNP niszczącym elementy podsystemu OP^{HRE} na danym odcinku trasy i tymi elementami OP^{HRE} , które zostały naliczone do macierzy NROFK (rozdz. 2.1.9) w procedurze optymalizacji ugrupowania ŚNP.

Druga, przeprowadzona zostanie między pozostałą częścią ugrupowania ŚNP i tymi elementami podsystemu OP , które nie zostaną zniszczone w wyniku oddziaływania członu aktywnego ugrupowania ŚNP.

Do "rozegrania" pierwszej iteracji wykorzystana będzie procedura szacowania strat (rozdz. 2.3.5). Niech $sp_{j,s,l} \in SP$ oznacza numer ŚNP niszczącego element $nc_{j,s,l} \in NC$ (rozdz. 2.3.1) podsystemu OP^{HRE} na j -tym odcinku trasy. Znane są wysokość H_c i prędkość V_c rzutu przełamującego system OP , współczynnik jakości w (2.1.12) ŚNP, ilość n (zał. 12) ŚNP atakujących element $nc_{j,s,l}$ oraz prawdopodobieństwo zniszczenia elementu w jednym oddziaływaniu dla zadanego wektora warunków W (rozdz. 2.3.1). Dla atakowanego elementu $nc_{j,s,l}$ znana jest (z tabeli 2.9) jego podatność d na niszczące działanie ŚNP oraz jego graniczny stopień zniszczenia x_{gr} . Dla tych danych rozgrywany jest "stochastyczny pojedynek" według następującej procedury:

1) czas "stochastycznego pojedynku": $t_{poj} = \frac{D_{ZH}^{nc}}{V_c}$, początek pojedynku: t_{we}^{nc} ,

2) jeżeli w wyniku losowania liczby F_l :

- $F_l > F(x_{gr})$, to element $nc_{j,s,l}$ uważany jest za zniszczony i zapisany mu zostaje $KS^{nc} = 3$ w czasie symulacji $t_s = t_{we}^{nc}$; dla takiego przypadku przyjęto, że $D_{ZH}^{nc} = 0$,
- $F_l \leq F(x_{gr})$, to następne losowanie F_l odbywa się w czasie symulacji $t_s = t_s + t_{od}$, przy czym t_{od} - czas jednego oddziaływania ŚNP.

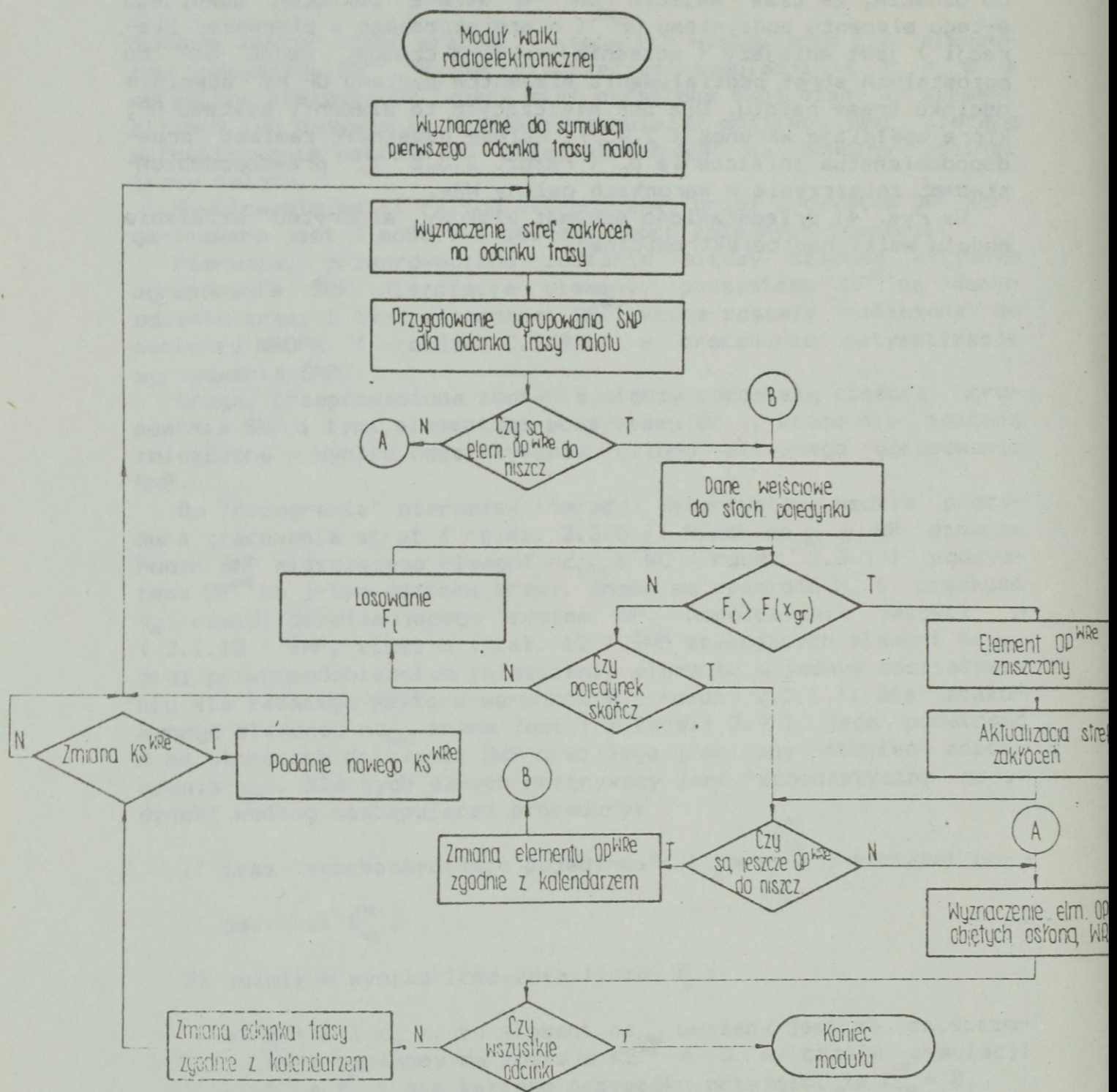
"Pojedynek" uważa się za skończony, gdy element OP_{nc}^{HRE} zostanie uznany za zniszczony lub gdy skończy się czas t_{poj} . Procedurę wykonuje się dla wszystkich elementów $OP^{HRE} \in NROFK$ zgodnie z kalendarzem zdarzeń j -tego odcinka trasy nalotu.

Druga iteracja wykonywana w module WRe ma za zadanie wyznaczenie, dla każdego odcinka trasy nalotu, tych elementów systemu OP , które działają w warunkach osłony WRe. Sprowadza się to do sprawdzenia warunku:

$$\bigwedge_{e=1, E} t_{we}^e \leq t_{we}^{OP}, \quad (2.45)$$

co oznacza, że czas wejścia ŚNF w strefę zakłóceń dowolnego e-tego elementu podsystemu OP^{WRE} (niezniszczonego w pierwszej iteracji) jest mniejszy (wcześniejszy) od czasów wejść ŚNF do pozostałych stref oddziaływania elementów systemu OP na dowolnym odcinku trasy nalotu. Dla ŚNF niszczących te elementy systemu OP, które spełniają warunek (2.45), należy podstawić zamiast prawdopodobieństwa zniszczenia p_0 (rozdz. 2.3.5), prawdopodobieństwo p_0^z zniszczenia w warunkach osłony WRe.

Na rys. 41 przedstawiono schemat blokowy algorytmu działania modułu walki radioelektronicznej.



Rys. 41. Schemat blokowy algorytmu działania modułu walki radioelektronicznej

3.8. Moduł podsumowania wyników symulacji

Zadaniem modułu podsumowania wyników symulacji jest wydruk informacji wyjściowych po zakończeniu symulacji. Ponieważ jednym z kryteriów budowy algorytmu symulacyjnego była jego uniwersalność, w module nie opracowano jednego zestawienia danych wyjściowych, ale przedstawiono pewne sugestie wykorzystania wyników symulacji.

Algorytm symulacji nalotu ŚNF generuje dwa typy informacji wyjściowych. Pierwszy z nich to chronologiczna historia zdarzeń. Historię zdarzeń otrzymuje się na podstawie opisów wszystkich bezpośrednich konsekwencji przetwarzanych zdarzeń, generowanych przez moduły działania podsystemów OP. Informacje te określają, w jaki sposób zmieniał się stan systemu OP na skutek wystąpienia zdarzenia.

Niech

$$ZPW_j^{OP} = (ZPW_j^{RRE}, ZPW_j^{HRE}, ZFN_j, ZFW_j^{HR}, ZFW_j^{LM}, ZFW_j^{HRE})$$

dla $j=1, \overline{J}$, oznacza zbiór punktów i czasów wejść i wyjść ŚNF w strefy bojowego oddziaływania elementów podsystemów systemu OP na j -tym odcinku trasy nalotu.

Niech

$$KS^{OP} = (KS^{RRE}, KS^{HRE}, KS^{HR}, KS^{LM}, KS^{HRE})$$

oznacza wektor kodów stanów i czasów ich wystąpienia dla elementów podsystemów systemu OP. Zbiór ZPW^{OP} i wektor KS^{OP} uporządkowane chronologicznie dają pełny opis stanów systemu OP w każdej chwili czasowej. Analizując wektor KS^{OP} , po zakończeniu symulacji, można określić stan elementów systemu OP uczestniczących w odpieraniu nalotu ŚNF.

Przykładowo dla podsystemu OP^{HR} wektor KS^{HR} pokazuje elementy zniszczone, elementy niezniszczone, ale będące w stanie pasywnym na skutek wyczerpania się rakiet, elementy niezniszczone będące w stanie aktywnym, gotowe do ponownego działania.

Drugi typ informacji wyjściowych dotyczy stanu sił ŚNF po nalocie. Informacje takie można otrzymać drukując macierze SP i SO (rozdz. 2.3.1). Macierz $SP = [sp_{j,s,l}]_{j \times s \times l}$ pokazuje stan ŚNF rzutu przełamującego. Sumując elementy macierzy SP (stan ŚNF po nalocie):

$$A = \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L (sp_{j,s,l} - sp_{j,s,l}^*)$$

i porównując z sumą elementów macierzy SP przed nalotem, można określić straty rzutu przełamującego. Można również dokonywać innych analiz, przykładowo:

- a) dla stałego s-tego typu ŚNF można wyznaczyć $B(s)$ - ilość zniszczonych ŚNF s-tego typu

$$B(s) = \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L (sp_{j,l} - sp'_{j,l,s}) ;$$

analizując poszczególne elementy macierzy $B(s)$ można znaleźć jakiego typu środków napadu powietrznego rzutu przełamującego zniszczono najwięcej, a jakiego najmniej,

- b) dla stałego j (numer odcinka trasy nalotu) można wyznaczyć $C(j)$ - ilość zniszczonych ŚNF rzutu przełamującego na dowolnym odcinku trasy

$$C(j) = \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L (sp_{j,s,l} - sp'_{j,s,l}) ;$$

analizując natomiast poszczególne elementy macierzy C , można określić odcinek trasy nalotu, gdzie potencjalny przeciwnik poniósł największe (najmniejsze) straty w rzucie przełamującym.

Macierz $SO = [so_{j,s,l}]_{J,S,L}$ pokazuje stan ŚNF rzutu uderzeniowego po symulacji nalotu. Sumując elementy macierzy SO' (stan ŚNF po nalocie):

$$D = \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L (so_{j,s,l} - so'_{j,s,l})$$

i porównując z sumą elementów macierzy SO (stan ŚNF przed nalotem) można określić straty rzutu uderzeniowego. Ważnym parametrem wyjściowym może być stan ŚNF rzutu uderzeniowego w poszczególnych punktach końcowych trasy nalotu (rozdz. 2.1.3). Można to wyznaczyć z następującej zależności:

$$E(j') = \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L (so_{j',s,l} - so'_{j',s,l}) ,$$

gdzie j' - odcinki trasy sąsiadujące z obiektami nalotu (rozdz. 2.1.5). Porównując odpowiednie elementy macierzy E z założoną ilością $IL(WK)$ (rozdz. 2.2.3) ŚNF niszczących (obezwładniających) obiekty nalotu, przy czym WK - wierzchołek końcowy trasy nalotu, można ocenić, które obiekty nalotu mogą zostać zniszczone.

Niech funkcja kryterium jakości ugrupowania ŚNF F , wyznaczona w module optymalizacji jakości ŚNF (rozdz. 2.1.12), będzie swoistego rodzaju jego wskaźnikiem potencjału bojowego przed nalotem. Korzystając z wyznaczonych wielkości A i D , można wyznaczyć wskaźnik potencjału bojowego ugrupowania ŚNF F' po

nalocie. Porównując obie wielkości F i F' oraz zakładając, że znany jest graniczny procentowy wskaźnik obniżenia potencjału bojowego ŚNF w nalocie, można sprawdzić następujący warunek:

$$\frac{F'}{F} \cdot 100\% < f_{gr} \quad (2.46)$$

Spełnienie warunku (2.46) oznacza, że wybrane do nalotu typy i ilości ŚNF zapewniają wykonanie zadań założonych przez potencjalnego przeciwnika. Nie spełnienie warunku (2.46) oznacza, że w wyniku oddziaływania systemu OP wskaźnik potencjału bojowego przeciwnika obniża się na tyle, że można uznać nalot za nieefektywny.

WNIOSKI KONCOWE ROZDZIAŁU DRUGIEGO

Potencjalny przeciwnik wprowadza do uzbrojenia coraz doskonalsze środki napaadu powietrznego, doskonali metody i sposoby ich wykorzystania na współczesnym polu walki. Wszystko to zmusza wojskowych badaczy do sięgania po nowe, coraz doskonalsze metody badawcze. Jedną z takich metod jest niewątpliwie komputerowa symulacja działań ŚNF.

Symulacyjny model działania ŚNF uwzględniający podstawowe procesy oddziaływania na system OP wyrażone w szeregu wskaźników oraz zmiennych i stałych, pozwala tworzyć i analizować różne warianty przebiegu działań bojowych. Procesy wzajemnych oddziaływań ŚNF i systemu OP odtwarzane są przy pomocy danych liczbowych i realizacji szeregu procedur obliczeniowych i logicznych, bez udziału rzeczywistych wojsk i techniki bojowej. Jednakże wyniki uzyskane z eksperymentów symulacyjnych mogą być zbliżone do wyników prawdopodobnych. W odróżnieniu od metod tradycyjnych poznanie, prognozowanie i sprawdzenie interesujących badacza (dowódce, sztab) wielkości odbywa się od początku do końca teoretycznie, drogą eksperymentowania na skonstruowanym modelu symulacyjnym a nie na systemie rzeczywistym. Stwarza to możliwość dokonywania dokładniejszych analiz z uwzględnieniem różnorodnych czynników wywierających wpływ na sposoby działań bojowych, a także może znacznie obniżyć wydatki związane z prowadzeniem kosztownych przecież ćwiczeń doświadczalnych z wojskami.

Konstruując model symulacyjny nalotu ŚNF nie rozważano dotychczas problemu adekwatności takiego modelu. Dla uzasadnienia poprawności modelu symulacyjnego pożądanym byłoby dysponowanie choćby jednym wariantem funkcjonowania systemu rzeczywistego wraz z dostępnymi danymi. Posługując się wtedy modelem można wykonać odpowiednie obliczenia na wspólnych danych i otrzymane wyniki porównać z wynikami systemu rzeczywistego. Jednakże w przypadku modelowania systemów hipotetycznych, do jakich zaliczyć można system działania ŚNF, takie postępowanie nie jest możliwe. Z tych względów ocena adekwatności modelu ograniczyła się tylko do sprawdzenia wewnętrznej poprawności logicznej modelu [46].

3. PRZYKŁAD OPERACYJNO-TAKTYCZNY

Wariant wykorzystania proponowanej koncepcji modelowania działań ŚNP zaprezentowany zostanie na przykładzie prognozowania parametrów spodziewanego nalotu na szczeblu związku operacyjno-taktycznego OPK (ZOT OPK) na berlińskim kierunku operacyjnym.

W drugim dniu działań bojowych z użyciem broni konwencjonalnej ZOT OPK uczestniczy w operacji przeciwpowietrznej broniąc przed rozpoznaniem i uderzeniami z powietrza określone obiekty znajdujące się w jego rejonie obrony. W ramach prowadzonej zaczepnej operacji powietrznej, ŚNP przeciwnika dokonały w pierwszym dniu działań bojowych dwóch zmasowanych uderzeń na bronione obiekty nie uzyskując zamierzonego powodzenia. Siły i środki ZOT OPK przygotowują się do odparcia kolejnego nalotu.

Dowódca ZOT OPK nakazał przeanalizować dotychczasowe działania przeciwnika i sprecyzować wnioski dotyczące prawdopodobnego wariantu i możliwości jego działań w kolejnym dniu operacji.

W omawianym przykładzie przyjęto, że wykonawca zadania (wydział rozpoznawczy ZOT OPK) posiada następujące informacje: siły powietrzne przeciwnika rozpoczęły działania ze wzmocnieniem na M+5; znane jest zasadnicze zgrupowanie lotnisk i stan samolotów, które mogą być na tym kierunku wykorzystane oraz ich możliwości w realizacji poszczególnych zadań wyrażone współczynnikiem jakości (współczynnik jakości - rozdział 2.1.12); najprawdopodobniej nalot wykonywany będzie na małych wysokościach. Ponadto, na podstawie analizy możliwości systemu OP, ustalono cztery prawdopodobne kierunki dolotu ŚNP do obiektów uderzeń.

Dowódca ZOT OPK oczekuje informacji dotyczących spodziewanej ilości ŚNP w kolejnym nalocie, składu ilościowo-jakościowego poszczególnych rzutów i prawdopodobnych kierunków nalotu w przypadku kontynuowania działań przeciwnika z użyciem broni konwencjonalnej oraz rozpoczęcia działań jądrowych.

Do wykonania powyższej analizy na podstawie metody opisanej w rozdziale 2.1.12 zbudowany został program DR-01 optymalizacji jakościowej ugrupowania ŚNP (lista rozkazów programu DR-01 przedstawiona jest w załączniku 31). Program ten został opracowany w języku FORTRAN na EMC ODRA-1325. Minimalna konfiguracja zestawu komputerowego, na jakim można wykonać obliczenia, to: jednostka centralna o pamięci operacyjnej 32 K, czytnik kart, dwie stacje taśm magnetycznych, drukarka wierszowa.

Na podstawie posiadanych informacji użytkownik przygotowuje zestaw danych wejściowych według tabel: 3.1, 3.2, 3.3.

Tabela 3.1

STAN ŚNF NA KIERUNKU BERLIŃSKIM

Typ ŚNF/nbj	TORNADO	JAGUAR	F-4	F-16	F-111	RF-16
Lotnisko						
LAARBRUCH	36/36	12/0				
BRUEGGEN	60/60	36/36				
WILDENRATH			24/0			
BEAUVECHAIN				36/0		
KLEINE BROGEL				36/36		
VOLKEL				36/36		18/0
LEEWARDEN				36/0		
NOERVENICH	36/36					
HOPSTEN			45/0			
JEVER	18/0					
UPPER HEYFORD					72/72	
LAKENHEATH					96/96	

Tabela 3.2

WSPÓŁCZYNNIK JAKOŚCI ŚNF

Typ ŚNF	Współczynnik			
	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4
1. TORNADO	0.082	0.082	0.136	0.010
2. JAGUAR	0.084	0.084	0.151	0.020
3. F-4	0.066	0.066	0.117	0.020
4. F-16	0.117	0.117	0.154	0.020
5. F-111	0.047	0.047	0.278	0.010
6. RF-16	0.020	0.020	0.020	0.150

Tabela 3.3.

WARUNKI DZIAŁAŃ ŚNP

WN	I	SB	KR	D	T	H	σ_a	*
1	1	BK	berliński	2	M+5	małe	0.30	
2	1	BJ	berliński	2	M+5	małe	0.25	
3	2	BK	berliński	2	M+5	małe	0.20	
4	2	BJ	berliński	2	M+5	małe	0.15	
5	3	BK	berliński	2	M+5	małe	0.10	
6	3	BJ	berliński	2	M+5	małe	0.08	
7	4	BK	berliński	2	M+5	małe	0.45	
8	4	BJ	berliński	2	M+5	małe	0.38	

Objaśnienia: WN - wariant nalotu;
 I - nr kierunku dolotu (trasy nalotu);
 SB - rodzaj działań;
 KR - kierunek operacyjno-powietrzny;
 D - dzień działań;
 T - wzmocnienie ŚNP;
 H - wysokość nalotu;
 σ_a - współczynnik potencjału OP trasy nalotu

Dane wejściowe w tabelach 3.1 i 3.2 tworzą bank danych. Jeżeli jest on wcześniej przygotowany, istnieje potrzeba wprowadzania danych tylko według tabeli 3.3. Dane oznaczone w tabeli gwiazdka (*), w pełnym modelu symulacyjnym są precyzyjnie naliczane w zależności od możliwości systemu obrony powietrznej i trasy nalotu (rozdz. 2.1). W tym przypadku, dla celów zademonstrowania przykładu funkcjonowania modelu, są one przyjmowane a priori jako wielkości znane.

Dla poszczególnych zestawów danych program DR-01 wylicza możliwe warianty składu ilościowo-jakościowego nalotu i poszczególnych rzutów, ich wysokości i prędkości lotu (załączniki 19-26). W celu ustalenia najbardziej prawdopodobnego kierunku i ilości ŚNP w nalocie, użytkownik dokonuje porównania możliwych składów rzutów na poszczególnych kierunkach i według tabeli 3.4 ustala najsilniejszy wariant rzutu uderzeniowego.

ZESTAWIENIE WYNIKÓW OBLICZEŃ

Trasa	BK				BJ			
	I	II	III	Razem	I	II	III	Razem
1	44	44	10	98	32	86	12	130
2	34	54	10	98	26	92	12	130
4	30	60	10	100	20	100	12	132
3	20	70	10	100	12	106	12	130

Porównanie potrzebnej ilości ŚNP do rzutu przełamania systemu OP na poszczególnych kierunkach oraz odpowiednio możliwe składy ilościowe rzutu uderzeniowego sugerują, że najbardziej efektywne jest dokonanie nalotu z kierunku (trasy) nr 3.

Na tej podstawie można wnioskować, że spodziewany nalot dokonany zostanie najprawdopodobniej z kierunku (trasy) nr 3, a jego skład ilościowo-jakościowy w warunkach działań konwencjonalnych będzie jak w załączniku 23, z użyciem broni jądrowej - załącznik 24.

Wiarygodna ocena możliwości i sposobów działań ŚNF przeciwnika w ewentualnej wojnie stanowi podstawę do planowania i podejmowania racjonalnych decyzji o użyciu sił i środków obrony powietrznej. Dokonanie takiej oceny możliwe jest tylko na podstawie wyników wszechstronnych badań z zastosowaniem odpowiednich metod i narzędzi badawczych.

Prezentowany w rozprawie symulacyjny model działania systemu ŚNF stanowi próbę, zdaniem autorów skromnego, wkładu do budowy komputerowego modelu symulacyjnego działań bojowych wojsk w systemie OP.

Z przeprowadzonych badań wynika, że hipoteza o możliwości zbudowania modelu działań ŚNF z zastosowaniem symulacji komputerowej jest słuszna.

Zgodnie z założoną koncepcją badań, jako metodę badawczą zastosowano analizę systemową. Umożliwiło to traktowanie obiektu badań jako systemu oraz ułatwiło wyodrębnienie podstawowych elementów (modułów) systemu działania ŚNF, jego uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych, a także sformułowanie celów i zasad działania. W czasie realizacji tego etapu badań zasadniczym problemem był fakt, że część czynników determinujących działania ŚNF nie jest znana, w związku z czym wartości niektórych parametrów nalotu ŚNF zostały przyjęte jako szacunkowe z pewnego, racjonalnie wybranego przedziału wartości.

Zastosowanie symulacji komputerowej jako techniki rozwiązywania problemów umożliwiło śledzenie w czasie zmian zachodzących w dynamicznym modelu systemu działania ŚNF. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w charakterze modelu matematycznego nalotu ŚNF. W celu uniknięcia nadmiernego przeładowania modelu szczegółami i elementami, które niczego nie wnoszą do prowadzonych badań, zbudowano model zorientowany na rozwiązywanie zasadniczych problemów i uzyskanie odpowiedzi na interesujące autorów rozprawy pytania. Przyjęta struktura modułowa modelu uprościła opis wzajemnych oddziaływań wewnątrzsystemowych za pomocą odpowiednich połączeń między modułami. Ponieważ większość procesów zachodzących podczas nalotu ŚNF ma charakter stochastyczny, do określenia ich wyników wykorzystano teoretyczne rozkłady prawdopodobieństw.

Dla potwierdzenia słuszności przyjętych rozwiązań opracowano program obliczeniowy na EMC i wykonano obliczenia dla wybranego przykładu operacyjno-taktycznego. Należy jednak podkreślić, że zarówno program na EMC, jak i wykonane obliczenia, miały na celu dokonanie częściowej weryfikacji poprawności modelu działania ŚNF i jego algorytmów. Pełna weryfikacja proponowanych w rozprawie rozwiązań oraz przekształcenie symulacyjnego modelu działań ŚNF w uniwersalne narzędzie są możliwe poprzez doskonalenie algorytmów działania systemu OP i opracowanie kompletnego oprogramowania modelu.

Posługując się terminologią projektowania systemów informatycznych, autorzy oceniają, że rozprawa może stanowić projekt koncepcyjny działania ŚNF w ramach realizowanego w Katedrze Taktyki Wojsk OPK ASG WP przedsięwzięcia opracowania komputerowego

modelu symulacyjnego działań bojowych wojsk w systemie OP pod kryptonimem "ZENIT".

Autorzy spodziewają się, że opracowana i zaproponowana w rozprawie metoda badawcza może znaleźć zastosowanie w następujących sferach działalności:

1. W sferze badań naukowych - jako metoda pozwalająca lepiej zrozumieć i wyjaśniać złożone problemy funkcjonowania systemu działania ŚNF. Ponadto w przypadku zmiany elementów systemu (np. wprowadzenie nowego typu ŚNF) lub sposobów działania, metoda umożliwia przewidywanie przyszłych stanów systemu w procesie walki.
2. W sferze badań efektywności - jako metoda oceny przydatności i skuteczności systemów działania ŚNF i OP w przyszłych działaniach bojowych oraz jako narzędzie do oceny, wyboru i doskonalenia wariantów działań bojowych.
3. W sferze dowodzenia - jako narzędzie umożliwiające odwzorowywanie zakładanego przez dowództwa i sztaby wojsk OPK nalotu ŚNF w procesie wypracowania i podejmowania racjonalnych decyzji.
4. W sferze szkolenia - jako narzędzie usprawniające kształcenie i przygotowanie kadr dowódczo-sztabowych.

Autorzy rozprawy czują się zobowiązani do przekazania pewnych uwag i sugestii związanych z oprogramowaniem (etap projektowania technologicznego) symulacyjnego modelu działania ŚNF.

Ważnym momentem w projektowaniu będzie wybór języka programowania. Ze względu na przyjętą metodę konstrukcji algorytmów poszczególnych modułów do napisania programów symulacyjnych najodpowiedniejszym będzie jeden z języków algorytmicznych, np. FORTRAN lub ALGOL. W przypadku zastosowania języka symulacyjnego, np. CLS lub Simscript opracowane algorytmy wymagają pewnej modyfikacji (m.in. należy dokonać podporządkowania: elementy systemu - to obiekty, opisy stanów elementów - to atrybuty).

W okresie urozmaiconego parku komputerowego, duże znaczenie ma wybór odpowiedniego komputera. Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że budując model działania ŚNF, autorzy rozprawy nie narzucali żadnych ograniczeń odnośnie ilości elementów poszczególnych podsystemów. Problem ten staje się jednak niezwykle ważnym w przypadku wyboru komputera, a ściślej mówiąc, pojemności jego pamięci operacyjnej. W przypadku, kiedy użytkownikowi modelu będzie zależało na dokładnych obliczeniach, do przetwarzania najlepiej wykorzystać komputer o dużej pojemności pamięci operacyjnej, np. IRYS-80 lub mikrokomputer klasy IBM PC/XT. W przypadku, gdy ważnym staje się zobrazowanie wyników, wystarczającym może okazać się mikrokomputer klasy AMSTRAD CPC 6128. Próbe graficznego zobrazowania fragmentu roboczego programu, wykorzystywanego w trakcie badań, autorzy rozprawy przeprowadzili na zajęciach pokazowych ze słuchaczami WOSR (załącznik 27).

Autorzy byliby w pełni usatysfakcjonowani, gdyby skonstruowany model znalazł zastosowanie praktyczne w wojskach Obrony Powietrznej Kraju i był pomocny w procesach dowodzenia i szkolenia.

Skromnym życzeniem autorów jest, aby prezentowana rozprawa stanowiła wkład do działalności naukowo-badawczej Wyższej Oficerskiej Szkoły Radiotechnicznej w roku 35-lecia jej istnienia.

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

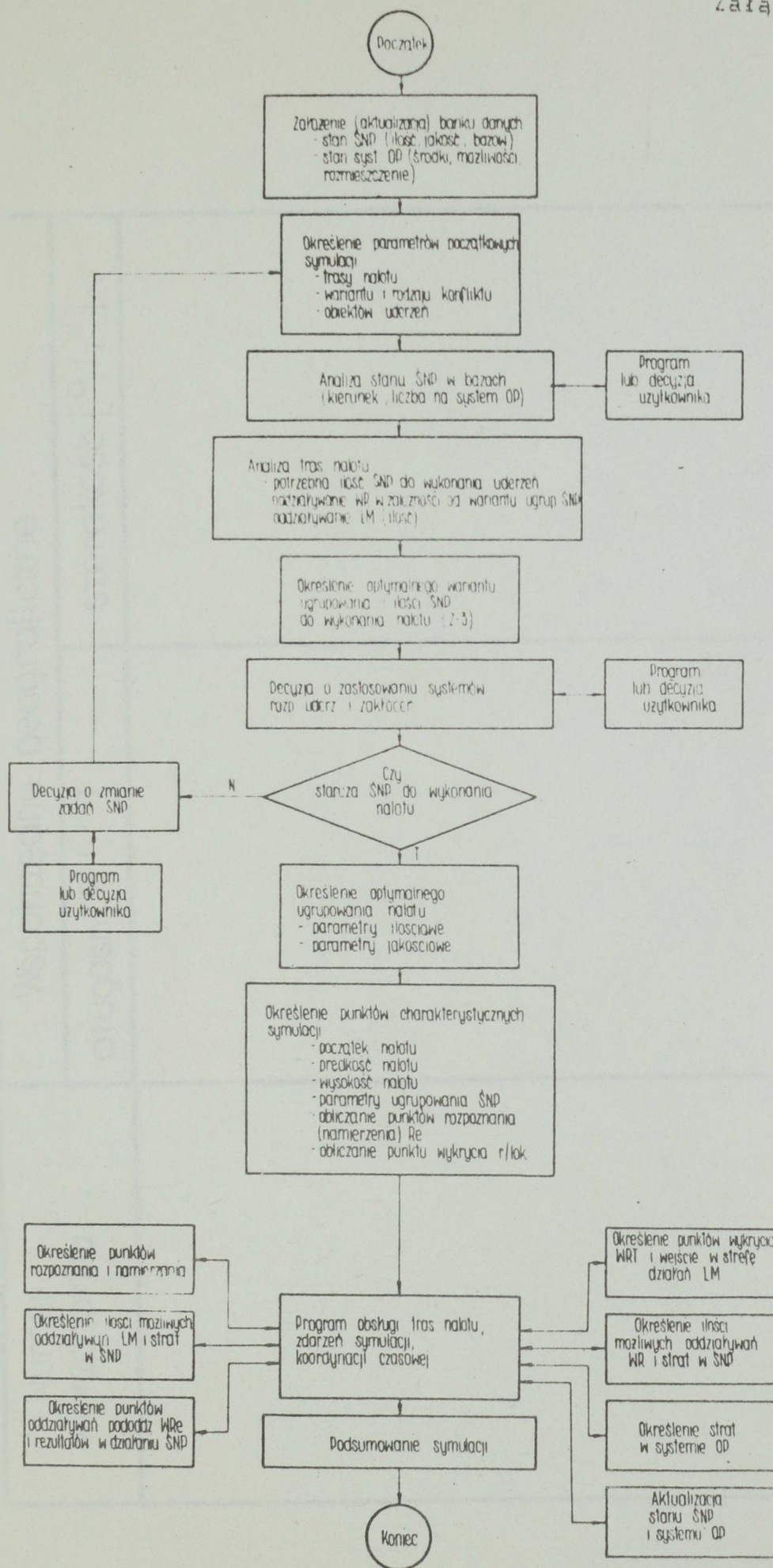
1. Analiza możliwości pokrycia przestrzeni powietrznej FRL przez systemy radionawigacyjne państw zachodnich, DW OPK 1982 r.
2. Antczak S.: Analiza systemowa w planowaniu działań bojowych wojsk OPK, Myśl Wojskowa nr 5 1984 r.
3. Antczak S.: Zastosowanie niektórych metod badań operacyjnych do oceny pola radiolokacyjnego dla wykrywania obiektów powietrznych na małych wysokościach w brygadzie radiotechnicznej korpusu OPK (rozprawa doktorska), ASG WF 1978 r.
4. Charakterystyka sił i środków zabezpieczenia bojowego i specjalnego działań lotnictwa taktycznego państw NATO, DW OPK 1984 r.
5. Dowodzenie połączonymi siłami powietrznymi NATO na środkowo-europejskim TDW, DW OPK 1985 r.
6. Działania bojowe lotnictwa Stanów Zjednoczonych w wojnie wietnamskiej w latach 1964-1968, MON 1978 r.
7. Evans G.W.: Symulacja na maszynach cyfrowych, WNT Warszawa 1973 r.
8. Filar W., Barczak A.: Symulacja i gry komputerowe w zastosowaniach wojskowych MON 1985 r.
9. Fishman G.: Symulacja komputerowa. Pojęcia i metody, PWE Warszawa 1981 r.
10. Fortuna Z., Macukow B., Wąsowski J.: Metody numeryczne, WNT Warszawa 1982 r.
11. Gordon J.: Symulacja systemów, FWN Warszawa 1974 r.
12. Hooke R., Shaffer D.: Modele matematyczne a rzeczywistość, PWE Warszawa 1968 r.
13. Informator o siłach zbrojnych Stanów Zjednoczonych, MON 1986 r.
14. Informator sprzętu radiolokacji i automatyzacji - cz. I, DW OPK 1984 r.
15. Instrukcja współdziałania jednostek raketowych i lotnictwa w systemie OPK państw UW, MON 1975 r.
16. Jabłoński L.: Projektowanie, prognozowanie i modelowanie w procesach decyzyjnych, Przegląd WL i OPK nr 12 1982 r.

17. Jagielski J.: Analiza systemowa w prognozowaniu działań SNP, Przegląd WL i OPK nr 6 1983 r.
18. Jagielski J.: Prognozowanie uderzeń środków napadu powietrznego przeciwnika na obiekty obrony korpusu OPK metodą symulacji grafodynamicznej (rozprawa doktorska), ASG WF 1984 r.
19. Jagiełło K., Wiśniewski E.: Metodyka wojskowych badań naukowych, ASG WF 1983 r.
20. Kierebiński J.: Modelowanie walki podstawowych rodzajów wojsk OPK na szczeblu taktycznym z wykorzystaniem symulacji komputerowej (rozprawa doktorska), ASG WF 1984 r.
21. Kołodziński E.: Model działania systemu OP, Myśl Wojskowa nr 12 1982 r.
22. Kołodziński E., Pietkiewicz T.: Badanie skuteczności działania systemu OP metodą symulacji cyfrowej, WAT 1984 r.
23. Kompendium sił zbrojnych państw NATO, MON 1985 r.
24. Komunikaty rozpoznawcze Oddziału II DW OPK w latach 1982-86.
25. Kondratowicz L.: Modelowanie symulacyjne systemów, WNT Warszawa 1978 r.
26. Konieczny J.: Inżynieria systemów działania, Warszawa 1983 r.
27. Kukuła Z., Smoter J.: Odpieranie pierwszego nalotu SNP NATO w granicach PRL, ASG WF 1980 r.
28. Kulczycki R.: Zastosowanie symulacji komputerowej do doskonalenia ugrupowania i kierowania ogniem związku taktycznego (oddziału) wojsk raketowych OPK (rozprawa habilitacyjna), ASG WF 1979 r.
29. Lewandowski T.: Komputerowa gra wojenna ogólnowojskowego związku taktycznego - testowanie i weryfikacja programów symulacyjnych, ASG WF 1984 r.
30. Lewandowski T., Jagielski J., Tołkacz M.: Metody formalizacji parametrów nalotu, WOSR 1986 r.
31. Maskowanie sił i środków wojsk OPK, DW OPK 1984 r.
32. Materiały z sympozjum naukowego nt.: Problemy doskonalenia systemu OPK PRL w świetle prognostycznego rozwoju środków walki, Zeszyty Naukowe ASG WF nr 2 1981 r.
33. Metodyka oceny zagrożenia obszaru kraju przez środki napadu powietrznego nieprzyjaciela, DW OPK 1984 r.

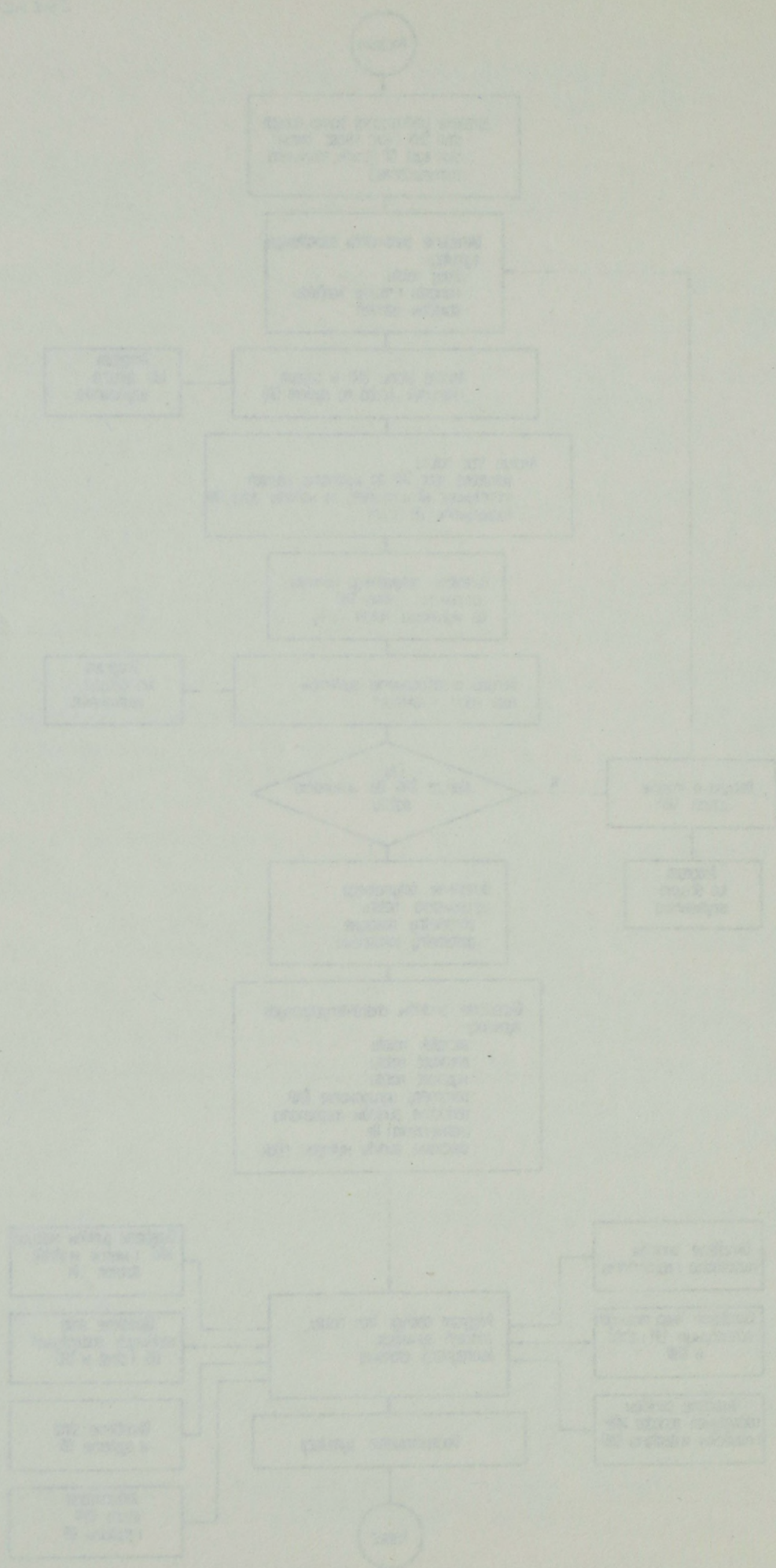
34. Możliwości rozpoznawcze sił zbrojnych państw NATO i przedsięwzięcia w wojskach OPK wpływające na zmniejszenie efektywności rozpoznania obiektów, DW OPK 1980 r.
35. Natarcie radioelektroniczne nieprzyjaciela i jego wpływ na działania bojowe wojsk OPK, DW OPK 1981 r.
36. Nowicki T.: Symulator - model nalotu, WAT 1983 r.
37. Ocena zasadniczych kierunków zwiększania możliwości bojowych sił powietrznych NATO, DW OPK 1986 r.
38. Ogólne zasady działań bojowych oraz sposoby i metody wykonania zadań przez lotnictwo taktyczne NATO, MON 1984 r.
39. Organizacja dowodzenia lotnictwem taktycznym w siłach powietrznych państw NATO, MON 1979 r.
40. Fączek W.: Symulacja komputerowa w modelowaniu działań bojowych wojsk OPK, Przegląd WL i OPK nr 9 1985 r.
41. Poglądy państw NATO na pokonywanie obrony powietrznej na podstawie doświadczeń z wojen lokalnych, DW OPK 1983 r.
42. Poglądy państw NATO na użycie lotnictwa taktycznego na ETW, DW OPK 1986 r.
43. Powietrzne systemy wykrywania i naprowadzania NATO w Europie, MON 1986 r.
44. Pokruszyński W.: Sztuka operacyjna wojsk OPK, ASG WP 1986 r.
45. Pokruszyński W., Zabłocki E., Antczak S., Kazaniecki A.: Komputerowy model symulacyjny działań bojowych wojsk w systemie obrony powietrznej (koncepcje rozwiązania problemu), ASG WP 1983 r.
46. Sienkiewicz F.: Inżynieria systemów, MON 1983 r.
47. Sienkiewicz P.: Współczesne badania systemowe, Myśl Wojskowa nr 7 1980 r.
48. Sienkiewicz F.: Zastosowanie metodologii badań systemowych, Myśl Wojskowa nr 12 1980 r.
49. Siły i środki oraz metody prowadzenia walki radioelektronicznej przez siły zbrojne państw NATO, DW OPK 1983 r.
50. Siły powietrzne NATO. Charakterystyka, zadania, możliwości, bazowanie i zasady działania, MON 1981 r.
51. Stożanowski T.: Badanie systemów wojskowych, Myśl Wojskowa nr 3 1980 r.
52. Stoff W.: Modelowanie i filozofia, PWN Warszawa 1971 r.

53. Strategia wojskowa Stanów Zjednoczonych i Faktu Północnoatlantyckiego, MON 1981 r.
54. Strategiczno-operacyjne, wieloszczeblowe dowódczo-sztabowe ćwiczenie połączonych sił zbrojnych NATO "WINTEX-CIMEX 85", MON 1985 r.
55. Striżeniec M.: System: człowiek - komputer, FWN Warszawa 1984 r.
56. Taborowski S.: Modelowanie nalotów przeciwnika powietrznego dla potrzeb planowania działań bojowych korpusu OPK (rozprawa doktorska), ASG WF 1977 r.
57. Taborowski S.: O przygotowaniu koncepcji działania systemu OPK, Przegląd WL i OPK nr 5 1979 r.
58. Tkaczenko P.N.: Matematyčeskie metody modelirovanija bojowych dejstwij taktičeskich podrazdielienij pri pomošči eliektronnych wyczislitelnych maszin, Sowietskoje Radio 1969 r.
59. Ugrupowanie i taktyka działań lotnictwa taktycznego państw NATO podczas pokonywania systemu OP oraz prowadzenie grupowych walk powietrznych, DW OPK 1984 r.
60. Wakin S.A., Szustow L.N.: Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego, MON 1972 r.
61. Wybrane zagadnienia z armii obcych, DW OPK 1986 r.
62. Wykorzystanie lotnictwa w wojnach lokalnych lat osiemdziesiątych, DW OPK 1983 r.
63. Zabłocki E., Adamczyk A.: Metoda oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK (rozprawa doktorska), ASG WF 1978 r.
64. Zabłocki E., Antczak S.: Ocena efektywności działań bojowych wojsk Obrony Powietrznej Kraju (rozprawa habilitacyjna), ASG WF 1985 r.
65. Zabłocki E.: Kryteria oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego OPK, Przegląd WL i OPK nr 11 1979 r.
66. Zabłocki E.: Modelowanie walki powietrznej, Przegląd WL i OPK nr 10 1983 r.
67. Zabłocki E.: Taktyka lotnictwa myśliwskiego Obrony Powietrznej Kraju, ASG WF 1985 r.

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ...
10. ...
11. ...
12. ...
13. ...
14. ...
15. ...
16. ...
17. ...
18. ...
19. ...
20. ...
21. ...
22. ...
23. ...
24. ...
25. ...
26. ...
27. ...
28. ...
29. ...
30. ...
31. ...
32. ...
33. ...
34. ...
35. ...
36. ...
37. ...
38. ...
39. ...
40. ...
41. ...
42. ...
43. ...
44. ...
45. ...
46. ...
47. ...
48. ...
49. ...
50. ...
51. ...
52. ...
53. ...
54. ...
55. ...
56. ...
57. ...
58. ...
59. ...
60. ...
61. ...
62. ...
63. ...
64. ...
65. ...
66. ...
67. ...
68. ...
69. ...
70. ...
71. ...
72. ...
73. ...
74. ...
75. ...
76. ...
77. ...
78. ...
79. ...
80. ...
81. ...
82. ...
83. ...
84. ...
85. ...
86. ...
87. ...
88. ...
89. ...
90. ...
91. ...
92. ...
93. ...
94. ...
95. ...
96. ...
97. ...
98. ...
99. ...
100. ...



SCHEMAT BLOKOWY ALGORYTMU SYMULACJI NALOTU



SCHEMATA BLOKOWY ALGORYTMU SYMULACJI

MACIERZ WSPÓŁRZĘDNYCH GEOGRAFICZNYCH WIERZCHOŁKÓW TRASY NALOTU

Numer wierzchołka	Współrzędne geograficzne	
	długość [° ' "]	szerokość [° ' "]

MACIERZ SĄSIEDZTWA WIERZCHOŁKÓW TRASY NALOTU

$\begin{matrix} p \\ N \end{matrix}$	W_1	W_2	\dots	W_{L-1}	W_L
W_1					
W_2					
\dots					
W_{L-1}					
W_L					

	оригин Класс				
	классификация группы				
	магистрат статья 110 статьи Российской Федерации				
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1234 1082 1335 1350">La deoda</td> <td data-bbox="1335 1082 1428 1350">Le deoda</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1234 1172 1335 1350">Osojivovcove</td> <td data-bbox="1335 1172 1428 1350">Majovcove</td> </tr> </table>	La deoda	Le deoda	Osojivovcove	Majovcove
La deoda	Le deoda				
Osojivovcove	Majovcove				
	оригин Класс				
	оригин Класс				
	оригин Класс				

ИЗДАТЕЛЬСТВО "СЭКО" АДВАТ

1987

TABELA KLAS OBIEKTÓW UDERZEŃ

Nazwa obiektu	Klasa obiektu	Ji _{0,5} SNP			
		zniszczenie		obezwładnienie	
		min	max	min	max

TABELA OPISU TYPÓW ELEMENTÓW FODSYSTEMU OP^{RRE}

Kod typu	Nazwa typu	Zasięg strefy rozpoznania				Prawdopodobieństwo rozpoznania
		Hc1	Hc2	...	Hcn	
1	pododdział UKF					
2	pododdział systemów r/lok					
3.	pododdział namierzania UKF					

TABELA OPISU TYPOW ELEMENTÓW PODSYSTEMU OPART

Numer tabeli	Ilość naprowadzeń	Podatność na niszczenie	Graniczny stopień zniszczenia
Wysokość lotu SNP	H _{C1}	H _{C2}	...
Zasięg wykrywania			H _{Cn}
Zasięg wykrywania w zakłóce- -niach			

TABELA OFISU TYPÓW ELEMENTÓW PODSYSTEMU OP^{MR}

Kod typu	Nazwa typu	Zapasy rakiet	Podatność na niszczenie	Graniczny stopień zniszczenia
Wysokość celu		H_{C1}	H_{C2}	...
Zasięg strefy ognia				H_{Cn}
Kod sposobu działania		Prawdopodobieństwo zniszczenia SNP w jednym oddziaływaniu		Czas cyklu strzelania
		W warunkach normalnych	W zakręceniach	W warunkach normalnych
				W zakręceniach
1				
2				
3				

TABELA OPISU TYPÓW ELEMENTÓW PODSYSTEMU OP^{LM}

Kod typu	Nazwa typu	Taktyczny promień działania	Prędkość	Prawdopodobieństwo zniszczenia ŚNP w jednym oddziaływaniu			Czas opóźnienia od wykrycia do przechwyc.
				W ₁	W ₂	W ₃	
Kod sposobu działania	Jlość samolotów	Jlość samolotów w jedn. taktycznej	Jlość oddziały-wań				

TABELA OFISU TYPÓW ELEMENTÓW FODYSYSTEMU OF^{MRE}

Kod typu	Nazwa typu	Zasięg strefy zakłóceń				Prawdopodobieństwo zakłóceń	Podatność na niszczenie	Graniczny stopień zniszczenia
		H _{C1}	H _{C2}	...	H _{Cn}			
1	pododdział UKF							
2	pododdział systemów r/lok							

Date	Time	Location	Weather	Temperature (°C)			Wind Speed (km/h)	Wind Direction	Relative Humidity (%)	Barometric Pressure (hPa)	Clouds (%)	Visibility (km)	Remarks
				Max	Min	Avg							
2	08:00	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	08:00	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	08:00	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

UNIVERSITY OF ...

TABELA ILOŚCI ŚNP DO NISZCZENIA ELEMENTÓW SYSTEMU OP

Kod podsystemu	Kod typu elementu	Ilość ŚNP

	2102 2102
	2102 2102
	2102 2102

2102 2102 2102 2102 2102 2102 2102 2102 2102 2102

TABELA WSPÓŁCZYNNIKÓW JAKOŚCI SNP

Typ SNP	Współczynnik jakości			
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄

Э/б Г/б	ΣI	$\Sigma \delta$	$\Sigma \rho$	$\Sigma \mu$	Мерцательная частота	
					$\Sigma \mu$	$\Sigma \mu'$

Таблица мерцательной частоты

1970

KALENDARZ ZDARZEŃ DZIAŁAŃ ŚNP GENEROWANY PRZEZ MODUŁY
PODSYSTEMU OP

Numer odcinka trasy		Typ zdarzenia	Czas wystąpienia	Współrzędne miejsca wystąpienia		Numery elementów OP uczestniczących w zdarzeniu
Kod zdarzenia				X	Y	

300000000 100000000 200000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000
100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000
100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000
100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000
100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000	100000000 200000000 300000000

КОМПОНЕНТЫ КОМПЛЕКСА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

PRZYKŁADOWE WYNIKI PROGRAMU WYLICZANIA ODLEGŁOŚCI POMIĘDZY
DWOMA PUNKTAMIWYNIKI OBLICZEN

WSPÓLRZEDNE GEOGRAFICZNE PUNKTU A: DŁUGOŚĆ: 14 : 28 : 0
SZEROKOŚĆ: 53 : 55 : 0

WSPÓLRZEDNE GEOGRAFICZNE PUNKTU B: DŁUGOŚĆ: 15 : 28 : 0
SZEROKOŚĆ: 50 : 0 : 0

OBLICZONA ODLEGŁOŚĆ: 339.472255 km

WYNIKI OBLICZEN

WSPÓLRZEDNE GEOGRAFICZNE PUNKTU A: DŁUGOŚĆ: 15 : 28 : 0
SZEROKOŚĆ: 50 : 55 : 0

WSPÓLRZEDNE GEOGRAFICZNE PUNKTU B: DŁUGOŚĆ: 18 : 30 : 0
SZEROKOŚĆ: 54 : 0 : 0

OBLICZONA ODLEGŁOŚĆ: 446.477085 km

WYNIKI OBLICZEN

WSPÓLRZEDNE GEOGRAFICZNE PUNKTU A: DŁUGOŚĆ: 18 : 30 : 0
SZEROKOŚĆ: 54 : 30 : 0

WSPÓLRZEDNE GEOGRAFICZNE PUNKTU B: DŁUGOŚĆ: 21 : 0 : 0
SZEROKOŚĆ: 52 : 0 : 0

OBLICZONA ODLEGŁOŚĆ: 299.302066 km

WYKAZ PRACOWNIKÓW WYDZIAŁU GEOGRAFII I TURYSTYKI
WYDZIAŁ GŁÓWNY

WYDZIAŁ GŁÓWNY

WYDZIAŁ GŁÓWNY
KATEDRA GEOGRAFII
KATEDRA TURYSTYKI

WYDZIAŁ GŁÓWNY
KATEDRA GEOGRAFII
KATEDRA TURYSTYKI

WYDZIAŁ GŁÓWNY

WYDZIAŁ GŁÓWNY
KATEDRA GEOGRAFII
KATEDRA TURYSTYKI

WYDZIAŁ GŁÓWNY
KATEDRA GEOGRAFII
KATEDRA TURYSTYKI

WYDZIAŁ GŁÓWNY

WYDZIAŁ GŁÓWNY
KATEDRA GEOGRAFII
KATEDRA TURYSTYKI

WYDZIAŁ GŁÓWNY
KATEDRA GEOGRAFII
KATEDRA TURYSTYKI

WYDZIAŁ GŁÓWNY

PRZYKŁADOWE WYNIKI PROGRAMU INTERPOLACJI

WYNIKI INTERPOLACJI

PODAJ ILOŚĆ WĘZŁÓW INTERPOLACJI: 5

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 100

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 40

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 200

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 47

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 300

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 53

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 500

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 70

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 1000

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 90

PODAJ WARTOŚĆ ARGUMENTU, DLA KTÓREGO CHCESZ UZYSKAĆ WARTOŚĆ
FUNKCJI : 850WYZNACZONA WARTOŚĆ FUNKCJI WYNOŚI: 103.502604
DLA ARGUMENTU : 850

WYNIKI INTERPOLACJI

PODAJ ILOŚĆ WĘZŁÓW INTERPOLACJI: 6

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 100

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 45

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 200

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 55

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 300

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 67

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 500

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 75

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 1000

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 115

WPROWADŹ WARTOŚĆ X: 3000

WPROWADŹ WARTOŚĆ Y: 154

PODAJ WARTOŚĆ ARGUMENTU, DLA KTÓREGO CHCESZ UZYSKAĆ WARTOŚĆ
FUNKCJI : 600WYZNACZONA WARTOŚĆ FUNKCJI WYNOŚI: 70.1531691
DLA ARGUMENTU : 600

WYOMING STATE UNIVERSITY

WYOMING STATE UNIVERSITY

POPULATION BY COUNTY

Albany	1,000
Cheyenne	2,000
Converse	500
Fremont	1,500
Goshute	200
Hotchkiss	300
Laramie	3,000
Natrona	1,200
Niobrara	400
Park	1,800
Platte	1,000
Sublette	600
Teton	1,500
Washburn	800
Weston	400
Wyoming	10,000

WYOMING STATE UNIVERSITY

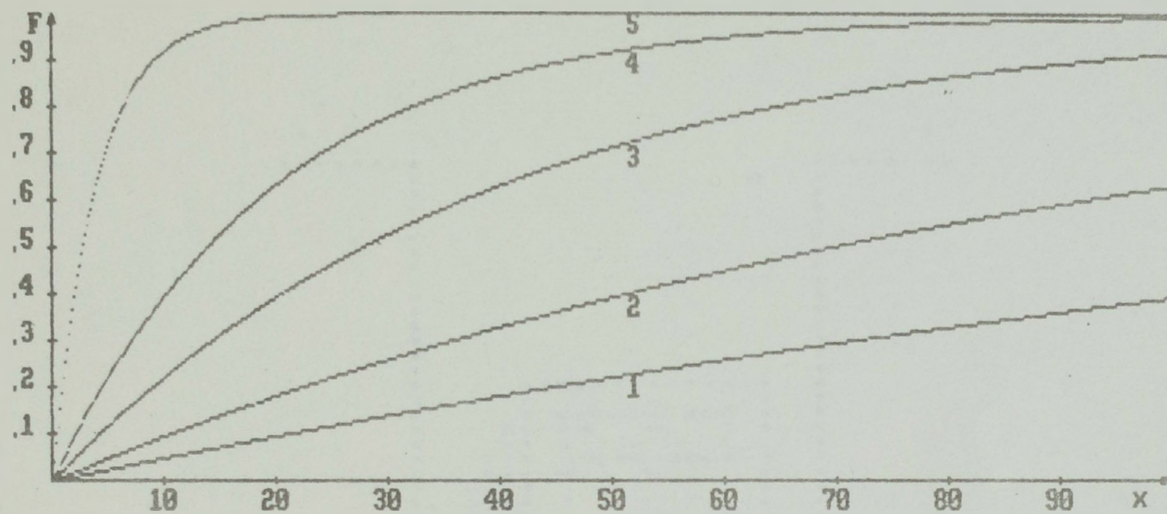
WYOMING STATE UNIVERSITY

POPULATION BY COUNTY

Albany	1,000
Cheyenne	2,000
Converse	500
Fremont	1,500
Goshute	200
Hotchkiss	300
Laramie	3,000
Natrona	1,200
Niobrara	400
Park	1,800
Platte	1,000
Sublette	600
Teton	1,500
Washburn	800
Weston	400
Wyoming	10,000

WYOMING STATE UNIVERSITY

PRZYKŁADOWE WYNIKI PROGRAMU SZACOWANIA STRAT



w-współczynnik jakości elementu atakującego
 p-prawdopodobieństwo zniszczenia elementu atakowanego
 n-liczba elementów atakujących
 d-podatność elementu atakowanego na niszczące działanie elementu atakującego

x-stopień zniszczenia
 F-prawdopodobieństwo zniszczenia

Parametry krzywej 1

w= 0.01 p= 0.5 n= 2 d= 0.5

Parametry krzywej 2

w= 0.02 p= 0.5 n= 2 d= 0.5

Parametry krzywej 3

w= 0.05 p= 0.5 n= 2 d= 0.5

Parametry krzywej 4

w= 0.1 p= 0.5 n= 2 d= 0.5

Parametry krzywej 5

w= 0.5 p= 0.5 n= 2 d= 0.5

PHYSICAL PROPERTIES OF POLYMER SOLUTIONS



The curves in the figure show the dependence of the physical property P on the concentration C for different polymer solutions. The curves are labeled 1 through 5, corresponding to different polymer types or conditions. The data points for these curves are summarized in the table below.

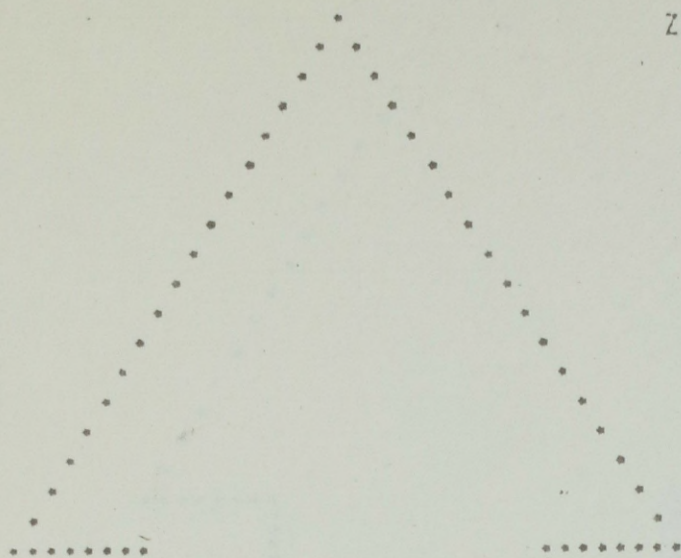
Curve No.	Polymer Type	Concentration (C)	Physical Property (P)
1	Polymer 1	0	0
1		10	10
2	Polymer 2	0	0
2		10	8
3	Polymer 3	0	0
3		10	6
4	Polymer 4	0	0
4		10	4
5	Polymer 5	0	0
5		10	2

OPTYMALNY WARIANT NALOTU

SMP PRZECIWNIK

WARIANT: BRON KUMFENCJONALNA

KIERUNEK: BERLINSKI
 WSPOLCZ ST=AT= 0.52
 WZROST MARASTANIA SMP (CM+ 5)
 CZAS WSPOLCZYNNIK SPRAWNOŚCI= 0.90
 WSPOLCZYNNIK SPRAWNOŚCI= 0.90
 -1-RZUT= 34.0
 -2-RZUT= 54.0
 -3-RZUT= 70.0



-1-RZUT
 H1= 219.0 MM
 V1= 919.0 KM/H

TYP SNP	ILOSC
TORNADO	72 Z1
JAGUAR	0 0
F - 4	0 0
F - 16	20 12
F - 111F	0 0
RF - 1A	0 0
00000000	0 0
00000000	0 0

-2-RZUT
 H2= 219.0 MM
 V2= 919.0 KM/H

TYP SNP	ILOSC
TORNADO	73 Z1
JAGUAR	0 0
F - 4	0 0
F - 16	0 22
F - 111F	32 0
RF - 1A	0 0
00000000	0 0
00000000	0 0

-3-RZUT
 H3= 147.0 MM
 V3= 919.0 KM/H

TYP SNP	ILOSC
TORNADO	26 Z1
JAGUAR	0 0
F - 4	0 0
F - 16	0 4
F - 111E	0 0
RF - 1A	0 0
00000000	0 0
00000000	0 0

OPTYMALNY WARIANT NALOTU (Wariant 1)

No.	Name	Age	Sex	Profession	Religion	Marital Status	Place of Birth
1	John Smith	45	M	Farmer	Methodist	Married	Ohio
2	Mary Smith	42	F	Homemaker	Methodist	Married	Ohio
3	Robert Smith	15	M	Scholar	Methodist	Single	Ohio
4	Elizabeth Smith	12	F	Scholar	Methodist	Single	Ohio
5	William Smith	10	M	Scholar	Methodist	Single	Ohio
6	Anna Smith	8	F	Scholar	Methodist	Single	Ohio
7	Thomas Smith	6	M	Scholar	Methodist	Single	Ohio
8	John Smith	40	M	Teacher	Methodist	Married	Ohio
9	Mary Smith	38	F	Homemaker	Methodist	Married	Ohio
10	Robert Smith	18	M	Farmer	Methodist	Single	Ohio
11	Elizabeth Smith	16	F	Scholar	Methodist	Single	Ohio
12	William Smith	14	M	Scholar	Methodist	Single	Ohio
13	Anna Smith	12	F	Scholar	Methodist	Single	Ohio
14	Thomas Smith	10	M	Scholar	Methodist	Single	Ohio
15	John Smith	8	M	Scholar	Methodist	Single	Ohio
16	Mary Smith	6	F	Scholar	Methodist	Single	Ohio

Received of the
 State of Ohio
 the sum of
 Dollars
 for
 the year ending
 1912
 J. H. Smith
 Treasurer

OPTYMALNY WARIANT NALOTU
SMP PRZECIWNIA

WARIANT: BRON JADROWA

KIFUNER: BERLINSKI
 NALOT : 3 WSPOLCZ ST-AT= 0.32
 CZAS NERASTANIA SMP: (M+ S)
 WSPOLCZYNIK SPRAMIANSCIE= 0.90
 ILOSC SMP W NALOCIE:
 -1--ZUTE 30.0
 -2--ZUTE 24.0
 -3--ZUTE 12.0

.....
 -3--ZUT
 M3= 189.0 KM/H
 V3= 919.0 KM/H

TYP SMP	ILOSC
TORNADO	24 21
JAGUAR	0 0
F - 4	0 0
F - 16	0 2
PF - 11E	8 0
PF - 11A	0 0
00000000	0 0
00000000	0 0

.....
 -2--ZUT
 M2= 219.0 KM/H
 V2= 919.0 KM/H

TYP SMP	ILOSC
TORNADO	73 21
JAGUAR	0 0
F - 4	0 0
F - 16	0 36
PF - 11E	56 0
PF - 11A	0 0
00000000	0 0
00000000	0 0

.....
 -1--ZUT
 M1= 219.0 KM/H
 V1= 919.0 KM/H

TYP SMP	ILOSC
TORNADO	22 21
JAGUAR	0 0
F - 4	0 0
F - 16	16 10
PF - 11E	0 0
PF - 11A	0 0
00000000	0 0
00000000	0 0

OPTYMALNY WARIANT NALOTU (Wariant 2)

[Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is arranged in several columns and appears to be a list or a set of instructions.]

OPTIONAL FORM NO. 10 (REV. 5-22-64)

OPTIMALNY WARIANT NALOTU

WARIANT: BRON POMIARU NALOTU

KIERUNEK: WIELKI
 NALOT: 3
 CZAS: MARZESTWA SMP
 WSP: 100
 ILOSC SMP: 100

- WZGLĘDNY		- WZGLĘDNY		- WZGLĘDNY	
KW	WZGLĘDNY	KW	WZGLĘDNY	KW	WZGLĘDNY
1	1000000	1	1000000	1	1000000
2	1000000	2	1000000	2	1000000
3	1000000	3	1000000	3	1000000
4	1000000	4	1000000	4	1000000
5	1000000	5	1000000	5	1000000
6	1000000	6	1000000	6	1000000
7	1000000	7	1000000	7	1000000
8	1000000	8	1000000	8	1000000
9	1000000	9	1000000	9	1000000
10	1000000	10	1000000	10	1000000
11	1000000	11	1000000	11	1000000
12	1000000	12	1000000	12	1000000
13	1000000	13	1000000	13	1000000
14	1000000	14	1000000	14	1000000
15	1000000	15	1000000	15	1000000
16	1000000	16	1000000	16	1000000
17	1000000	17	1000000	17	1000000
18	1000000	18	1000000	18	1000000
19	1000000	19	1000000	19	1000000
20	1000000	20	1000000	20	1000000
21	1000000	21	1000000	21	1000000
22	1000000	22	1000000	22	1000000
23	1000000	23	1000000	23	1000000
24	1000000	24	1000000	24	1000000
25	1000000	25	1000000	25	1000000
26	1000000	26	1000000	26	1000000
27	1000000	27	1000000	27	1000000
28	1000000	28	1000000	28	1000000
29	1000000	29	1000000	29	1000000
30	1000000	30	1000000	30	1000000
31	1000000	31	1000000	31	1000000
32	1000000	32	1000000	32	1000000
33	1000000	33	1000000	33	1000000
34	1000000	34	1000000	34	1000000
35	1000000	35	1000000	35	1000000
36	1000000	36	1000000	36	1000000
37	1000000	37	1000000	37	1000000
38	1000000	38	1000000	38	1000000
39	1000000	39	1000000	39	1000000
40	1000000	40	1000000	40	1000000
41	1000000	41	1000000	41	1000000
42	1000000	42	1000000	42	1000000
43	1000000	43	1000000	43	1000000
44	1000000	44	1000000	44	1000000
45	1000000	45	1000000	45	1000000
46	1000000	46	1000000	46	1000000
47	1000000	47	1000000	47	1000000
48	1000000	48	1000000	48	1000000
49	1000000	49	1000000	49	1000000
50	1000000	50	1000000	50	1000000

OPTIMALNY WARIANT NALOTU (Wariant 3)

№	Имя	Возраст	Профессия	Семейное положение	Образование	Служба	Звание	Стаж	Примечание
1	Иванов	35	Инженер	Женат	Высшее	Инженер	1-й разряд	10 лет	
2	Петров	42	Рабочий	Женат	Среднее	Рабочий	3-й разряд	15 лет	
3	Сидоров	28	Учитель	Женат	Высшее	Учитель	2-й разряд	8 лет	
4	Климов	55	Пенсионер	Вдовец	Среднее	Пенсионер	4-й разряд	20 лет	
5	Васильев	30	Сторож	Женат	Среднее	Сторож	1-й разряд	5 лет	
6	Мухоморов	48	Рабочий	Женат	Среднее	Рабочий	2-й разряд	12 лет	
7	Попов	38	Инженер	Женат	Высшее	Инженер	1-й разряд	7 лет	
8	Смирнов	50	Рабочий	Женат	Среднее	Рабочий	3-й разряд	18 лет	
9	Иванов	25	Сторож	Женат	Среднее	Сторож	1-й разряд	3 лет	
10	Петров	45	Рабочий	Женат	Среднее	Рабочий	2-й разряд	10 лет	
11	Сидоров	32	Учитель	Женат	Высшее	Учитель	1-й разряд	6 лет	
12	Климов	58	Пенсионер	Вдовец	Среднее	Пенсионер	4-й разряд	22 лет	
13	Васильев	28	Сторож	Женат	Среднее	Сторож	1-й разряд	4 лет	
14	Мухоморов	48	Рабочий	Женат	Среднее	Рабочий	2-й разряд	12 лет	
15	Попов	38	Инженер	Женат	Высшее	Инженер	1-й разряд	7 лет	
16	Смирнов	50	Рабочий	Женат	Среднее	Рабочий	3-й разряд	18 лет	
17	Иванов	25	Сторож	Женат	Среднее	Сторож	1-й разряд	3 лет	
18	Петров	45	Рабочий	Женат	Среднее	Рабочий	2-й разряд	10 лет	
19	Сидоров	32	Учитель	Женат	Высшее	Учитель	1-й разряд	6 лет	
20	Климов	58	Пенсионер	Вдовец	Среднее	Пенсионер	4-й разряд	22 лет	

Итого: 20 человек
 Мужчины: 20
 Женщины: 0
 Средний возраст: 40 лет
 Средний стаж: 10 лет

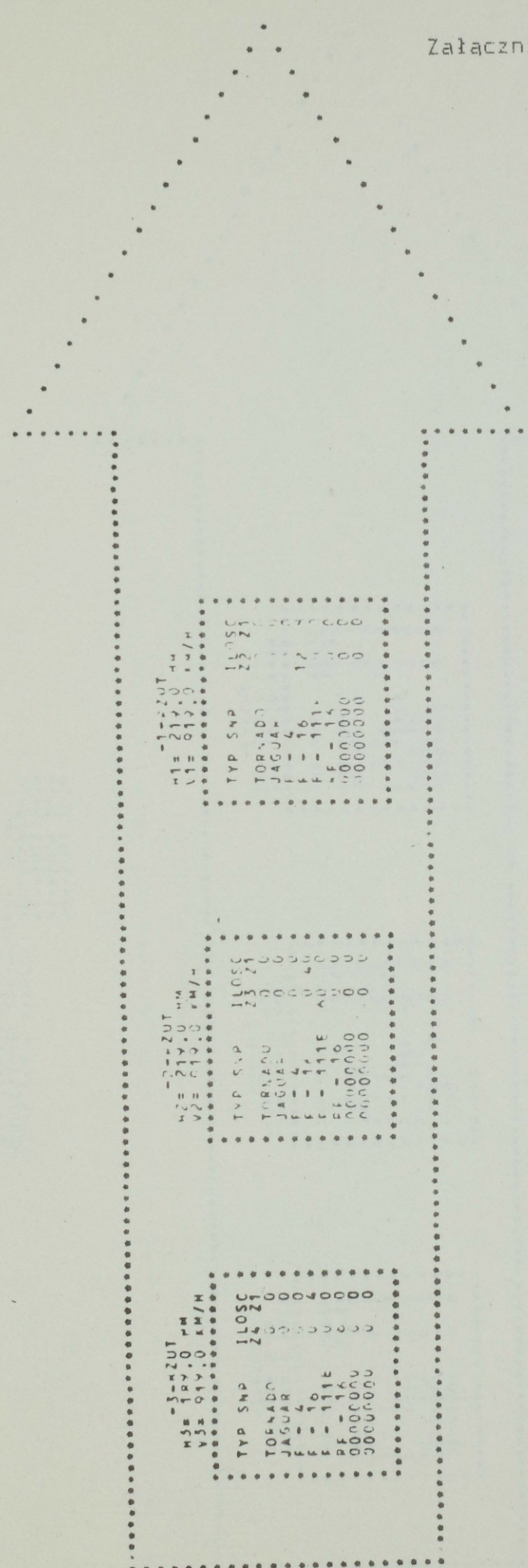
Итого: 20 человек (20 мужчин, 0 женщин)

O P T Y M A L N Y W A R I A N T N A L O T U

S N P P R Z E C I W N I K A

W A R I A N T : B M W J A D E W K A

K I E P U N E K : H E P L I M S K I
 N A L O T : 3
 C Z A S N A S T A N I A S N P : C M 5
 W S P O L C Z S T A T E 0.32
 W S P O L C Z Y N I E S P R A W N O S C I E 0.90
 I L O S C S N P W N A L O C I E : - 0 0 0 0 0 0 0 1 3 2 . 0
 - 1 - 2 7 0 0 0 2 1 . 0
 - 2 - 2 7 0 0 0 1 0 . 0
 - 3 - 2 7 0 0 0 1 2 . 0



- 3 - Z U T
 M3= 120.0 KM/H
 V3= 910.0 KM/H
 TYP SNP ILOSC
 TORNADO 26 21
 JAGUAR 0 0 0 0
 F - 16 0 0 0 0
 F - 111E 0 0 0 0
 PE 0000000 0 0 0 0
 00000000 0 0 0 0

- 2 - Z U T
 M2= 210.0 KM/H
 V2= 910.0 KM/H
 TYP SNP ILOSC
 TORNADO 23 21
 JAGUAR 0 0 0 0
 F - 16 0 0 0 0
 F - 111E 0 0 0 0
 PE 0000000 0 0 0 0
 00000000 0 0 0 0

- 1 - Z U T
 M1= 210.0 KM/H
 V1= 910.0 KM/H
 TYP SNP ILOSC
 TORNADO 25 21
 JAGUAR 0 0 0 0
 F - 16 12 0 0 0 0
 F - 111E 0 0 0 0
 PE 0000000 0 0 0 0
 00000000 0 0 0 0

OPTYMALNY WARIANT NALOTU (Wariant 4)

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1939	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1940	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1941	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1942	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1943	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1944	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1945	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1946	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1947	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1948	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1949	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1950	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

The following table shows the results of the survey conducted in 1950. The data is presented in a tabular format, showing the percentage of respondents for each category. The categories are listed in the first column, and the percentages are listed in the second column.

Category	Percentage
Category A	15%
Category B	25%
Category C	35%
Category D	15%
Category E	10%

O P T Y M A L N Y W A R I A N T N A L O T U

WARIANT: BRON JADROWA

KIFRUNK: BERLINSKI
 NALOT : 3 WSPOLCZ STPAT= 0.32
 CZAS NARASTANIA SNP: (M+ S)
 WSPOLCZYNNIK SPRAWNOŚCI= 0.90
 ILOSC SNP W NALOCIE: -OGOLF=130.0
 -1-RZUT=12.0
 -2-RZUT=106.0
 -3-RZUT= 12.0

```

-3-RZUT
H3= 119.0 KM
V3= 019.0 KM/H
.....
TYP SNP      ILOSC
TORNADO      0
JAGUAR        0
F - 4         0
F - 16        0
F - 11E       0
PF - 1A       0
00000000
    
```

```

-2-RZUT
H2= 219.0 KM
V2= 019.0 KM/H
.....
TYP SNP      ILOSC
TORNADO      0
JAGUAR        0
F - 4         0
F - 16        0
F - 11E       0
PF - 1A       0
00000000
    
```

```

-1-RZUT
H1= 219.0 KM
V1= 019.0 KM/H
.....
TYP SNP      ILOSC
TORNADO      0
JAGUAR        0
F - 4         0
F - 16        0
F - 11E       0
PF - 1A       0
00000000
    
```

OPTYMALNY WARIANT NALOTU (Wariant 6)

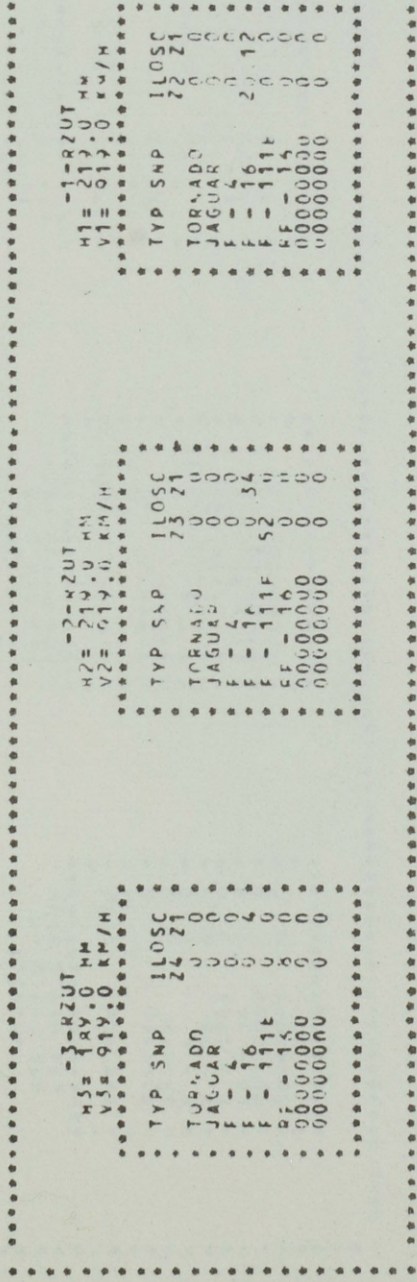
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1949	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1950	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1951	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1952	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1953	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1954	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1955	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1956	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1957	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1958	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1959	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1960	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

1950
 1951
 1952
 1953
 1954
 1955
 1956
 1957
 1958
 1959
 1960

OPTYMALNY WARIANT NALOTU

WARIANT: BRON JADDAŁA

KIERUNEK: DEKLINSKI
 NALOT: 5 WSPOLCZ ST-PAT= 0.52
 CZAS NINASTANIA SMP: (M+ 5)
 WSPOLCZYNIKI SPRAWNOŚCI: 0.90
 ILOSC SNP W NALOCIE: -0001E+130.0
 -1-RZUTE 32.0
 -2-RZUTE 96.0
 -3-RZUTE 12.0



-3-RZUT
 H3= 219.0 MM
 V3= 919.0 KM/H
 TYP SNP ILOSC
 TORNAO 0 0
 JAGUAR 0 0
 F - 4 0 0
 F - 16 0 0
 F - 11F 0 0
 RF - 15 0 0
 00000000 0 0
 00000000 0 0

-2-RZUT
 H2= 219.0 MM
 V2= 919.0 KM/H
 TYP SNP ILOSC
 TORNAO 0 0
 JAGUAR 0 0
 F - 4 0 0
 F - 16 0 54
 F - 11F 52 0
 RF - 16 0 0
 00000000 0 0
 00000000 0 0

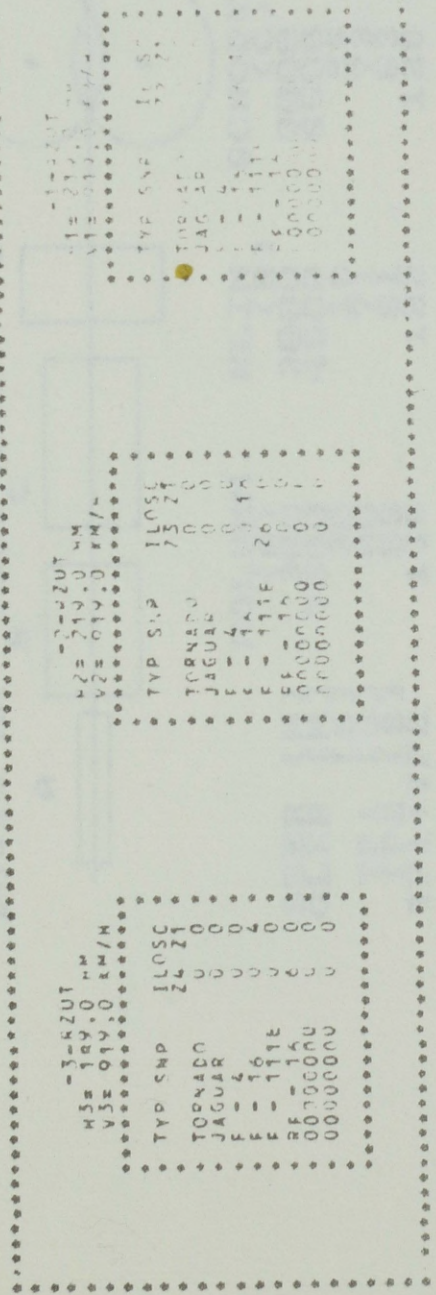
-1-RZUT
 H1= 219.0 MM
 V1= 919.0 KM/H
 TYP SNP ILOSC
 TORNAO 0 0
 JAGUAR 0 0
 F - 4 0 0
 F - 16 20 12
 F - 11F 0 0
 RF - 15 0 0
 00000000 0 0
 00000000 0 0

OPTYMALNY WARIANT NALOTU (Wariant 7)

OPTYMALNY WARIANT NALOTU

WARIANT: BRON FUNKCJONALNA

KRAJNICE: BERLINSKI
 NALOT : 1
 CZAS NALASTANIA: 0.00
 WSKAZOWNIK SPRAWNOŚCI: 0.00
 ILOSĆ S/NP W NALOTY: 1
 ILOSĆ S/NP : 1
 ILOSĆ S/NP : 1



- 3-KUZUT
 M3= 210.0 KM
 V3= 010.0 KM/H

TYP S/NP	ILOSĆ
TORNADO	0
JAGUAR	0
F-4	0
F-111E	20
F-117A	0
RF-000000	0
00000000	0

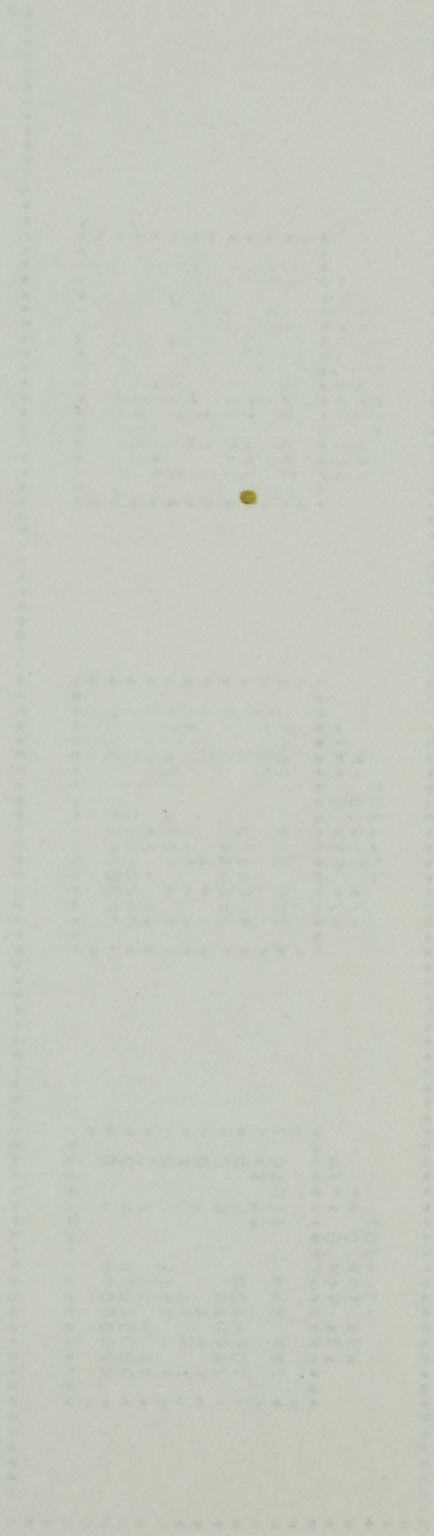
- 2-KUZUT
 M2= 210.0 KM
 V2= 010.0 KM/H

TYP S/NP	ILOSĆ
TORNADO	0
JAGUAR	0
F-4	0
F-111E	20
F-117A	0
RF-000000	0
00000000	0

- 1-KUZUT
 M1= 180.0 KM
 V1= 010.0 KM/H

TYP S/NP	ILOSĆ
TORNADO	0
JAGUAR	0
F-4	0
F-111E	0
F-117A	0
RF-000000	0
00000000	0

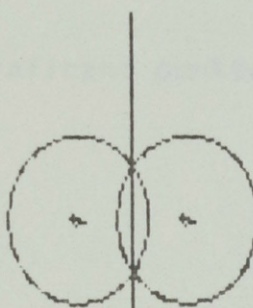
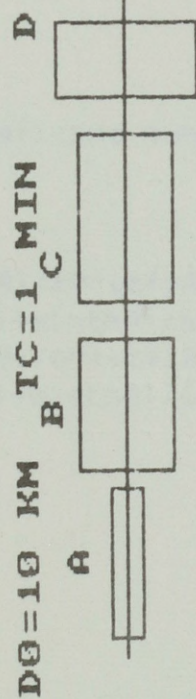
OPTYMALNY WARIANT NALOTU (Wariant 8)



Vertical text on the right side of the page, appearing to be a list or index of items, though the text is too faint to read.

PRZYKŁAD GRAFICZNEGO ZOBRAZOWANIA OPTYMALIZACJI UGRUPOWANIA ŚNF

MOZLIWE WARIANTY UGRUPOWANIA 4 KLUCZY
 ($U_C=900$ KM/H, $H_C=100$ M)



SZER GLEB	IMJ [MS]	KOLUMN. (A)	KLIN (B)	SCHODY (C)	FRONT (D)
TP1	[SS]	300	3000	3000	5000
TP2	[SS]	300	4500	6500	8000
TP1+TP2	[SS]	800	171	2673	6383
		135	522	526	126
		135	122	126	126

LISTA ROZKAZÓW PROGRAMU WYLICZANIA ODLEGŁOŚCI POMIĘDZY
DWOMA PUNKTAMI

```

10 REM DOKŁADNOSC OBLICZANIA ODLEGŁOŚCI W PASIE 49 STOPNI
12 REM DO 55 STOPNI SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNEJ WYNOŚI 0.016 %
20 rz=6353.6483
30 PRINT
40 FRINT
50 FRINT
60 PRINT "Podaj długość geograficzną punktu A:"
70 INPUT "stopnie: ";stfiA
80 INPUT "minuty: ";minfiA
90 INPUT "sekundy: ";sekfiA
100 FRINT
110 FRINT "Podaj szerokość geograficzną punktu A:"
120 INPUT "stopnie: ";stthA
130 INPUT "minuty: ";minthA
140 INPUT "sekundy: ";sekthA
150 FRINT
160 FRINT
170 FRINT
180 FRINT "Podaj długość geograficzną punktu B:"
190 INPUT "stopnie: ";stfiB
200 INPUT "minuty: ";minfiB
210 INPUT "sekundy: ";sekfiB
220 FRINT
230 FRINT "Podaj szerokość geograficzną punktu B:"
240 INPUT "stopnie: ";stthB
250 INPUT "minuty: ";minthB
260 INPUT "sekundy: ";sekthB
270 fiA=2*PI*(((sekfiA/60)+minfiA)/60+stfiA)/360
280 thA=0.5*PI-2*PI*(((sekthA/60)+minthA)/60+stthA)/360
290 fiB=2*PI*(((sekfiB/60)+minfiB)/60+stfiB)/360
300 thB=0.5*PI-2*PI*(((sekthB/60)+minthB)/60+stthB)/360
310 xa=rz*COS(fiA)*SIN(thA)
320 ya=rz*SIN(fiA)*SIN(thA)
330 za=rz*COS(thA)
340 xb=rz*COS(fiB)*SIN(thB)
350 yb=rz*SIN(fiB)*SIN(thB)
360 zb=rz*COS(thB)
370 ilsk=xa*xb+ya*yb+za*zb
380 d1A=SQR(xa*xa+ya*ya+za*za)
390 d1B=SQR(xb*xb+yb*yb+zb*zb)
400 kosinus=ilsk/(d1A*d1B)
410 kat=ATN(SQR(1-kosinus*kosinus)/kosinus)
420 d=rz*kat
430 PRINT
440 PRINT
450 PRINT "Odległość między punktami A i B wynosi: ";d;" km"
460 PRINT
470 PRINT
480 PRINT
490 PRINT "Czy chcesz wyniki na drukarce?(t/n)"
500 IF INKEY$="n" THEN STOP

```

THE LIFE OF FRANKLIN D. ROOSEVELT

THE LIFE OF FRANKLIN D. ROOSEVELT

1858-1860 (1858-1860) (1858-1860)

1861-1862 (1861-1862) (1861-1862)

1863-1864 (1863-1864) (1863-1864)

1865-1866 (1865-1866) (1865-1866)

1867-1868 (1867-1868) (1867-1868)

1869-1870 (1869-1870) (1869-1870)

1871-1872 (1871-1872) (1871-1872)

1873-1874 (1873-1874) (1873-1874)

1875-1876 (1875-1876) (1875-1876)

1877-1878 (1877-1878) (1877-1878)

1879-1880 (1879-1880) (1879-1880)

1881-1882 (1881-1882) (1881-1882)

1883-1884 (1883-1884) (1883-1884)

1885-1886 (1885-1886) (1885-1886)

1887-1888 (1887-1888) (1887-1888)

1889-1890 (1889-1890) (1889-1890)

1891-1892 (1891-1892) (1891-1892)

1893-1894 (1893-1894) (1893-1894)

1895-1896 (1895-1896) (1895-1896)

1897-1898 (1897-1898) (1897-1898)

1899-1900 (1899-1900) (1899-1900)

1901-1902 (1901-1902) (1901-1902)

1903-1904 (1903-1904) (1903-1904)

1905-1906 (1905-1906) (1905-1906)

1907-1908 (1907-1908) (1907-1908)

1909-1910 (1909-1910) (1909-1910)

1911-1912 (1911-1912) (1911-1912)

1913-1914 (1913-1914) (1913-1914)

1915-1916 (1915-1916) (1915-1916)

1917-1918 (1917-1918) (1917-1918)

1919-1920 (1919-1920) (1919-1920)

1921-1922 (1921-1922) (1921-1922)

1923-1924 (1923-1924) (1923-1924)

1925-1926 (1925-1926) (1925-1926)

1927-1928 (1927-1928) (1927-1928)

1929-1930 (1929-1930) (1929-1930)

1931-1932 (1931-1932) (1931-1932)

1933-1934 (1933-1934) (1933-1934)

1935-1936 (1935-1936) (1935-1936)

1937-1938 (1937-1938) (1937-1938)

1939-1940 (1939-1940) (1939-1940)

1941-1942 (1941-1942) (1941-1942)

1943-1944 (1943-1944) (1943-1944)

1945-1946 (1945-1946) (1945-1946)

1947-1948 (1947-1948) (1947-1948)

1949-1950 (1949-1950) (1949-1950)

1951-1952 (1951-1952) (1951-1952)

1953-1954 (1953-1954) (1953-1954)

1955-1956 (1955-1956) (1955-1956)

1957-1958 (1957-1958) (1957-1958)

1959-1960 (1959-1960) (1959-1960)

1961-1962 (1961-1962) (1961-1962)

1963-1964 (1963-1964) (1963-1964)

1965-1966 (1965-1966) (1965-1966)

1967-1968 (1967-1968) (1967-1968)

1969-1970 (1969-1970) (1969-1970)

1971-1972 (1971-1972) (1971-1972)

1973-1974 (1973-1974) (1973-1974)

1975-1976 (1975-1976) (1975-1976)

1977-1978 (1977-1978) (1977-1978)

1979-1980 (1979-1980) (1979-1980)

1981-1982 (1981-1982) (1981-1982)

1983-1984 (1983-1984) (1983-1984)

1985-1986 (1985-1986) (1985-1986)

1987-1988 (1987-1988) (1987-1988)

1989-1990 (1989-1990) (1989-1990)

1991-1992 (1991-1992) (1991-1992)

1993-1994 (1993-1994) (1993-1994)

1995-1996 (1995-1996) (1995-1996)

1997-1998 (1997-1998) (1997-1998)

1999-2000 (1999-2000) (1999-2000)

2001-2002 (2001-2002) (2001-2002)

2003-2004 (2003-2004) (2003-2004)

2005-2006 (2005-2006) (2005-2006)

2007-2008 (2007-2008) (2007-2008)

2009-2010 (2009-2010) (2009-2010)

2011-2012 (2011-2012) (2011-2012)

2013-2014 (2013-2014) (2013-2014)

2015-2016 (2015-2016) (2015-2016)

2017-2018 (2017-2018) (2017-2018)

2019-2020 (2019-2020) (2019-2020)

2021-2022 (2021-2022) (2021-2022)

2023-2024 (2023-2024) (2023-2024)

2025-2026 (2025-2026) (2025-2026)

2027-2028 (2027-2028) (2027-2028)

2029-2030 (2029-2030) (2029-2030)

```

505 IF INKEY$="t" THEN GOTO 510
506 GOTO 500
510 PRINT #8,"
515 PRINT #8,"
530 PRINT #8,"
----"
540 PRINT #8,"
";minfiA;"":";sekfiA
550 PRINT #8,"
";sekthA
555 PRINT #8
560 PRINT #8,"
";minfiB;"":";sekfiB
570 PRINT #8,"
";";sekthB
580 PRINT #8,"
----"
590 PRINT #8,"
600 PRINT #8,"
----"
700 STOP

```

WYNIKI OBLICZEN"

-----":PRINT #8,

WSPOLRZEDNE GEOGRAFICZNE PUNKTU A: DLUGOSC: ";stfiA;":

SZEROKOSC: ";stthA;":";minthA;":

WSPOLRZEDNE GEOGRAFICZNE PUNKTU B: DLUGOSC: ";stfiB;":

SZEROKOSC: ";stthB;":";minthBA;":

OBLICZONA ODLEGLOSC: ";d;": km"

WYNIK WYKONANIA PRAC

WYNIK WYKONANIA PRAC

WYNIK WYKONANIA PRAC

WYNIK WYKONANIA PRAC

WYNIK WYKONANIA PRAC

WYNIK WYKONANIA PRAC

WYNIK WYKONANIA PRAC

WYNIK WYKONANIA PRAC

WYNIK WYKONANIA PRAC

LISTA ROZKAZÓW PROGRAMU INTERPOLACJI ZA POMOCĄ WIELOMIANU
LAGRANGE'A

```

10 REM *****
20 REM
30 REM     PROCEDURA REALIZUJĄCA INTERPOLACJE ZA POMOCĄ WZORU LAGRANGE'A.
40 REM
50 REM *****
60 REM     OFIS ZMIENNYCH I TABLIC:
70 REM
80 REM     N - LICZBA WEZŁÓW INTERPOLACJI
90 REM     X() - TABLICA WYMIARU 1xN ZAWIERAJĄCA WARTOŚCI ARGUMENTÓW
100 REM    Y() - TABLICA WYMIARU 1xN ZAWIERAJĄCA WARTOŚCI FUNKCJI
110 REM    XX - WARTOŚĆ ARGUMENTU WEJŚCIOWEGO
120 REM    YY - WARTOŚĆ WIELOMIANU INTERPOLACYJNEGO W FUNKCIE XX
130 REM *****
140 CLS
142 PRINT #8, "                WYNIKI INTERPOLACJI"
143 PRINT #8, "                ----- ": PRINT #8,
150 INPUT "PODAJ IŁOŚĆ WEZŁÓW INTERPOLACJI: ";N
155 PRINT #8, "                PODAJ IŁOŚĆ WEZŁÓW INTERPOLACJI: ";N
160 DIM X(N)
170 DIM Y(N)
180 FOR K=1 TO N
190 INPUT "WPROWADZ WARTOŚĆ X: ";X(K)
200 INPUT "WPROWADZ WARTOŚĆ Y: ";Y(K)
205 PRINT #8, "                WPROWADZ WARTOŚĆ X: ";X(K)
206 PRINT #8, "                WPROWADZ WARTOŚĆ Y: ";Y(K)
210 NEXT K
220 INPUT "PODAJ WARTOŚĆ ARGUMENTU ,DLA KTOREGO CHCESZ UZYSKAĆ WARTOŚĆ FUNKCJI :
";XX
225 PRINT #8, "                PODAJ WARTOŚĆ ARGUMENTU, DLA KTOREGO CHCESZ UZYSKAĆ WA
RTOSC "
226 PRINT #8, "                FUNKCJI : ";XX
230 YY=0
240 FOR J=1 TO N
250 L=1
260 M=1
270 FOR I=1 TO N
280 IF I<>J THEN L=L*(XX-X(I))
290 IF I<>J THEN M=M*(X(J)-X(I))
300 NEXT I
310 YY=YY+Y(J)*L/M
320 NEXT J
330 CLS
340 PRINT "WYZNACZONA WARTOŚĆ FUNKCJI WYNOŚI: ";YY;" DLA ARGUMENTU: ";XX
345 PRINT #8,
350 PRINT #8, "                WYZNACZONA WARTOŚĆ FUNKCJI WYNOŚI: ";YY
355 PRINT #8, "                DLA ARGUMENTU :";XX
360 PRINT "CZY CHCESZ POWTORZYĆ OBLICZENIA (t/n)?"
370 IF INKEY$="t" THEN GOTO 220
380 IF INKEY$="n" THEN END
390 GOTO 370

```

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

1000 S. EAST ASIAN AVENUE, CHICAGO, ILL. 60607

TEL: 773-936-3700 FAX: 773-936-3701

WWW.CHICAGO.LIBRARY.EDU

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

CHICAGO LIBRARY

LISTA ROZKAZÓW PROGRAMU SZACOWANIA STRAT

```

1 CLS
2 MODE 2
5 l=1:DIM q(8,4)
10 PRINT " Krzywe szacowania strat "
12 PRINT :PRINT "Podaj nastepujace zmienne"
13 INPUT "wspolczynnik jakosci elementu atakujacego w=";q(1,1)
20 INPUT "prawdopodobienstwo zniszczenia elementu atakujacego p=";q(1,2)
30 INPUT "ilosc elementow atakujacych n=";q(1,3)
40 INPUT "podatnosc elementu atakowanego na niszczone dzialanie elementu
    atakujacego d=";q(1,4)
55 WINDOW #1,1,80,25,25
56 WINDOW #2,1,80,1,2
60 GOSUB 1000:GOTO 305
70 PRINT #1, "Ktora zmienna chcesz zmienic ? Nacisnij odpowiedni klawisz"
80 a$=INKEY$
90 IF a$="" THEN 80
95 CLS #1
96 FOR i=1 TO 4:q(1,i)=q(1-1,i):NEXT i
100 IF a$="w" OR a$="W" THEN 200
110 IF a$="p" OR a$="P" THEN 210
120 IF a$="n" OR a$="N" THEN 220
130 IF a$="d" OR a$="D" THEN 230
140 PRINT #1, "Nie ten klawisz":GOTO 80
200 INPUT #1, "Podaj nowa wartosc W ";q(1,1):GOTO 300
210 INPUT #1, "Podaj nowa wartosc P ";q(1,2):GOTO 300
220 INPUT #1, "podaj nowa wartosc N ";q(1,3):GOTO 300
230 INPUT #1, "Podaj nowa wartosc D ";q(1,4):GOTO 300
300 GOSUB 1015
305 INPUT #1,"N-nowy wykres , C-kopia ekranu , Z-zmien zmienna";a$
310 IF a$="n" OR a$="N" THEN RUN
312 IF a$="c" OR a$="C" THEN GOTO 2000
315 CLS #1
317 l=l+1:IF l=5 THEN INPUT #1,"Masz juz 4 krzywe.Czy chcesz wiecej? T/N";a$
318 IF a$="n" OR a$="N" OR l=9 THEN 305
320 GOTO 70
1000 ' malowanie wykresu
1005 CLS
1010 PLOT 20,50:DRAWR 0,300:DRAWR -2,-5:DRAWR 4,0:DRAWR -2,5
1011 PLOT 20,50:DRAWR 600,0:DRAWR -5,2:DRAWR 0,-4:DRAWR 5,2
1012 TAG:FOR i=1 TO 9:PLOT i*60+20,48:DRAWR 0,4:MOVER -16,-8:PRINT i*10;:NEXT i
1013 FOR i=1 TO 9:PLOT 16,i*30+50:DRAWR 4,0:MOVER -26,10:PRINT ".":MOVE 3,i*30+
62:a$=STR$( i):PRINT RIGHT$( a$,1);:NEXT i:TAGOFF
1014 LOCATE 76,23:PRINT "x":LOCATE 2,4:PRINT "F"
1015 al=q(1,1)*q(1,2)*q(1,3)*q(1,4)
1016 CLS #2: PRINT #2,"w=";q(1,1);" p=";q(1,2)
1017 PRINT #2,"n=";q(1,3);" d=";q(1,4);" alfa=";al
1019 TAG: MOVE 320,(1-EXP(-al*50))*300+50:PRINT 1;:TAGOFF
1020 FOR i=0 TO 600
1030 x= i/6
1040 f=1-EXP (-al*x)

```

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

The history of the United States is a story of growth and change. From the first European settlements to the present day, the nation has expanded its territory and diversified its economy. The early years were marked by the struggle for independence and the establishment of a new government. The 19th century saw westward expansion and the rise of industry. The 20th century brought world wars and the civil rights movement. Today, the United States is a global superpower with a rich cultural heritage.

The early years of the United States were marked by the struggle for independence. The American Revolution (1775-1783) was a pivotal moment in the nation's history, leading to the signing of the Declaration of Independence and the Constitution. The new government faced many challenges, including the need to establish a strong central authority and to resolve the issues of slavery and states' rights.

The 19th century was a period of rapid growth and change. Westward expansion led to the discovery of gold and silver, and the settlement of the frontier. The Industrial Revolution brought new technologies and industries, transforming the economy and society. The Civil War (1861-1865) was a defining moment, resolving the issue of slavery and preserving the Union.

The 20th century was a time of global conflict and social change. World War I (1914-1918) and World War II (1939-1945) tested the nation's military and economic strength. The civil rights movement (1950s-1960s) fought for equality and justice for all Americans. The Vietnam War (1955-1975) and the Watergate scandal (1972-1974) were major events of the era.

Today, the United States is a global superpower with a rich cultural heritage. It is a land of opportunity and innovation, where people from all backgrounds can thrive. The challenges of the future, such as climate change and global terrorism, will require the wisdom and leadership of the American people.

```

21050 FLOT i+20,f*300+50
1060 NEXT i
1070 TAGOFF
1200 RETURN
2000 PRINT #8,TAB(10);" K R Z Y W E   S Z A C O W A N I A   S T R A T"
2005 CLS #1:CLS #2
2010 PRINT #8,
2020 GOSUB 9000
2030 PRINT #8,TAB(10);"w-wspolczynnik jakosci elementu atakujacego"
2040 PRINT #8,TAB(10);"p-prawdopodobienstwo zniszczenia elementu atakowanego"
2050 PRINT #8,TAB(10);"n-ilosc elementow atakujacych"
2060 PRINT #8,TAB(10);"d-podatnosc elementu atakowanego na niszczone dzialanie"

2070 PRINT #8,TAB(10);"  elementu atakujacego"
2080 PRINT #8,
2090 PRINT #8,TAB(10);"x-stopien zniszczenia"
2100 PRINT #8,TAB(10);"F-prawdopodobienstwo zniszczenia"
2110 PRINT #8
2120 FOR i=1 TO 1
2130 PRINT #8,TAB(10);"Parametry krzywej ";i
2140 PRINT #8,TAB(10);"w=";q(i,1),"p=";q(i,2),"n=";q(i,3),"d=";q(i,4)
2150 PRINT #8,
2160 NEXT i
2200 GOTO 305
9000 '
9010 '   * * * * *
9020 '   *                               *
9030 '   *   Hardcopy ekranu           *
9040 '   *                               *
9050 '   * * * * *
9060 '
9070 MEMORY &A000-1
9080 RESTORE 9120
9090 FOR i=&A000 TO &A0BF
9100   READ a$:a$="&" + a$:byte=VAL(a$):FOKE i,byte:s=s+byte
9110 NEXT i
9120 DATA cd,ba,bb,cd,e7,bb,32,bd,a0,cd,6c,a0,21,8f,01,22
9130 DATA be,a0,11,00,00,3e,07,32,c0,a0,cd,7c,a0,0e,00,3a
9140 DATA c0,a0,47,e5,d5,c5,cd,f0,bb,c1,d1,21,bd,a0,be,e1
9150 DATA 37,20,01,a7,cb,11,2b,2b,10,e9,cd,af,a0,79,cd,a6
9160 DATA a0,13,e5,21,7f,02,37,ed,52,e1,38,05,2a,be,a0,18
9170 DATA cc,23,7c,b5,c8,2b,11,00,00,22,be,a0,3e,07,bd,20
9180 DATA b9,7c,b4,20,b5,3e,04,32,c0,a0,18,ae,3e,1b,cd,a6
9190 DATA a0,3e,41,cd,a6,a0,3e,07,cd,a6,a0,c9,e5,3e,42,cd
9200 DATA 1e,bb,e1,28,02,e1,c9,3e,0d,cd,a6,a0,3e,0a,cd,a6
9210 DATA a0,3e,1b,cd,a6,a0,3e,4c,cd,a6,a0,3e,7f,cd,a6,a0
9220 DATA 3e,02,cd,a6,a0,c9,cd,2e,bd,38,fb,cd,2b,bd,c9,3a
9230 DATA c0,a0,fe,07,c8,af,cb,11,cb,11,cb,11,c9,00,00,00
9240 IF s <> 23767 THEN PRINT "error in checksum":END
9250 ' RETURN

```

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is mirrored and difficult to decipher.

```
9270 PRINT #8,CHR$(27);CHR$(64);
9280 PRINT #8,CHR$(7);CHR$(27);CHR$(108);CHR$(14);
9290 PRINT #8,CHR$(&1B);CHR$(&41);CHR$(&7);
9300 PRINT #8,CHR$(&1B);CHR$(&32);:CALL &A000
9310 PRINT #8,CHR$(&1B);CHR$(&41);CHR$(&12);
9320 PRINT #8,CHR$(&1B);CHR$(&32);
9330 PRINT #8,CHR$(27);CHR$(64);CHR$(7);
9340 RETURN
```

THE STATE OF OHIO,
COUNTY OF [illegible]
I, [illegible], Clerk of the Court,
do hereby certify that the within and
above entitled [illegible] was
filed for record in my office on the
[illegible] day of [illegible] A.D. 19[illegible].
IN WITNESS WHEREOF, I have hereunto
set my hand and the seal of said
Court at [illegible] Ohio, this [illegible] day of [illegible] A.D. 19[illegible].

```

1      PROGRAM(DR01)
2      COMPRESS INTEGER AND LOGICAL
3      INPUT 1=CRO
4      OUTPUT 2=LP7/160
5      TRACE 2
6      END
7      MASTER NALOT
8      INTEGER B(10,20),S,SS,R,RR,7,ZZ,SH,DEL,T,
9      AK(10,20),ILS(20),E
10     REAL ILSFD,ILR(3),U(3)
11     REAL LOT
12     DIMENSION C(10),V(20),TS(8),PM(10,20),X(6),U(10,4),
13     AWR(10,4),SW(10,20,4,3),SNP(3),YKR(5),ISK(8,4,3),LOT(40),IS(20,8)
14     DATA YKR(1)/40H NADMURS BERLINSDREZDENS " PRASKI /
15     5 READ(1,100)T,M,S,L,R,Z,DEL,D,F
16     READ(1,99)M11,KR,VK,VP,HK3,HP3,HK2,HP2,HK1,HP1
17     90 FORMAT(210,8F0.0)
18     100 FORMAT(710,2F0.0)
19     READ(1,102)((K(I,J),I=1,S),J=1,L)
20     102 FORMAT(20(10I0))
21     READ(1,103)((B(I,J),I=1,S),J=1,L)
22     103 FORMAT(20(10I0))
23     READ(1,104)(C(J),J=1,M)
24     104 FORMAT(10F0.0)
25     READ(1,105)(V(J),J=1,L)
26     105 FORMAT(20F0.0)
27     READ(1,106)(U(J),J=1,R)
28     106 FORMAT(3F0.0)
29     ISB=U
30     ST=.5
31     ZL=PMCRV(ST)
32     V1=VP+AINT((VK-VP)*ZL)
33     V3,V2=V1
34     H1=HP1+AINT((HK1-HP1)*ZL)
35     H2=HP2+AINT((HK2-HP2)*ZL)
36     H3=HP3+AINT((HK3-HP3)*ZL)
37     DO 6 J1=1,L
38     DO 6 I1=1,S
39     6 ISB=ISB+B(I1,J1)
40     I=1
41     NL=30
42     IF(T.EQ.0) NL=0
43     IF(T.EQ.1) NL=5
44     IF(T.EQ.2) NL=10
45     IF(T.EQ.3) NL=20
46     SNP0=0.
47     DO 20 LL=1,L
48     DO 10 SS=1,S
49     PM(SS,LL)=(K(SS,LL)-B(SS,LL)+T+DEL)*V(LL)*(1-C(M11))
50     IF(K(SS,LL).EQ.0) PM(SS,LL)=0.
51     IF(K(SS,LL).NE.0) K(SS,LL)=K(SS,LL)+T+DEL
52     A=PM(SS,LL)
53     CALL CALK(A,E)
54     PM(SS,LL)=E
PAGE 3 12/03/87 LISTING BY EDITOR #XKYA MK 11A

55     ILS(LL)=ILS(LL)+PM(SS,LL)
56     10 CONTINUE
57     ILSF=ILSF+ILS(LL)
58     20 CONTINUE

```

LISTA ROZKAZÓW PROGRAMU (DR-01) OPTYMALIZACJI JAKOŚCIOWEJ SNP


```

59      ILSFD=ILSF*D
60      DO 30 RR=1,R
61      ILR(RR)=ILSFD*U(RR)
62      X(I)=F*ILR(RR)/(F+1)
63      X(I+1)=ILR(RR)-X(I)
64      I=I+2
65      30  CONTINUE
66      READ(1,107)((W(I,J),J=1,Z),I=1,S)
67      107  FORMAT(10(4F0.0))
68      READ(1,108)((WR(I,J),J=1,Z),I=1,S)
69      108  FORMAT(10(4F0.0))
70      DO 1151 I=1,S
71      READ(1,115)TS(I)
72      115  FORMAT(A8)
73      1151 CONTINUE
74      DO 1161 J=1,L
75      READ(1,116)LOT(J*2-1),LOT(J*2)
76      116  FORMAT(2A8)
77      1161 CONTINUE
78      DO 40 I=1,10
79      DO 40 J=1,4
80      W(I,J)=W(I,J)*WR(I,J)
81      40  CONTINUE
82      P,F,H=0
83      JJ=1
84      RR=1
85      WMX=0
86      ZZ=1
87      50  WMX=0
88      SS=1
89      51  IF(WMX.GT.W(SS,ZZ))GO TO 52
90      WMX=W(SS,ZZ)
91      SB=SS
92      52  SS=SS+1
93      IF(SS.LE.S) GO TO 51
94      W(SB,ZZ)=0
95      LL=1
96      53  KK=0
97      IF(PM(SB,LL).EQ.0.) GO TO 55
98      54  KK=KK+2
99      SW(SB,LL,ZZ,RR)=SW(SB,LL,ZZ,RR)+2
100     IF(SW(SB,LL,ZZ,RR).GT.X(JJ)) GO TO 58
101     IF(KK.LE.PM(SB,LL)) GO TO 54
102     SW(SB,LL,ZZ,RR)=SW(SB,LL,ZZ,RR)-2
103     X(JJ)=X(JJ)-SW(SB,LL,ZZ,RR)
104     PM(SB,LL)=PM(SB,LL)-SW(SB,LL,ZZ,RR)
105     55  LL=LL+1
106     IF(L.GE.LL) GO TO 53
107     WMX=0
108     GO TO 50
109     58  SW(SB,LL,ZZ,RR)=SW(SB,LL,ZZ,RR)-2
110     PM(SB,LL)=PM(SB,LL)-SW(SB,LL,ZZ,RR)

```



```

111      LR=LL
112      H=H+KK-Z
113      F=F+(KK-Z)*WMX
114      KR=KR+1
115      JJ=JJ+2
116      IF(KR.GT.K)GO TO 60
117      IF(P.NE.1)GO TO 59
118      ZZ=ZZ+1
119      GO TO 50
120  50    LL=LB
121      GO TO 53
122  60    P=1
123      ZZ=ZZ+1
124      IF(ZZ.GT.Z)GO TO 62
125      KR=1
126      JJ=J
127      GO TO 50
128  62    FF=F/(H+.000001)
129      DO 113 IR1=1,R
130      DO 114 IZ1=1,Z
131      DO 114 IS1=1,S
132      DO 114 L1=1,L
133  114   SNP(IR1)=SNP(IR1)+SW(IS1,L1,IZ1,IR1)
134  113   SNPO=SNPO+SNP(IR1)
135      DO 1131 IS1=1,S
136      DO 1131 IZ1=1,Z
137      DO 1131 IR1=1,R
138      DO 1131 L1=1,L
139  1131  ISK(IS1,IZ1,IR1)=ISK(IS1,IZ1,IR1)+SW(IS1,L1,IZ1,IR1)
140      DO 1132 L1=1,L
141      DO 1132 IS1=1,S
142      DO 1132 IZ1=1,Z
143      DO 1132 IR1=1,R
144  1132  IS(L1,IS1)=IS(L1,IS1)+SW(IS1,L1,IZ1,IR1)
145      DO 70 L1=1,S
146      DO 70 K1=1,4
147  70    CONTINUE
148      WRITE(2,210)FF
149  210   FORMAT(5X,3HFF=,F7.4)
150      WRITE(2,250)
151      IF(ISB.NE.0)GO TO 251
152      WRITE(2,255)
153      GO TO 260
154  251   WRITE(2,256)
155  260   WRITE(2,270)YKR(KR),YKR(5),M11,C(M11),NL,V(M11),
156      ASMPO,(SNP(KL),KL=1,3)
157      WRITE(2,275)H3,H2,H1,V3,V2,V1
158  275   FORMAT(103X,1H*/103X,3H* */103X,5H* */103X,7H* */
159      A103X,1H*,7X,1H*/103X,1H*,9X,1H*/103X,1H*,11X,1H*/
160      P2X,102(1H*),13X,1H*/2X,1H*,116X,1H*/2X,1H*,118X,1H*/
161      C2X,1H*,13X,7H-3-RZUT,22X,7H-2-RZUT,23X,7H-1-RZUT,41X,1H*/
162      D2X,1H*,10X,3HH3=,F6.1,3H HM,17X,3HH2=,F6.1,3H HM,18X,3HH1=,
163      EF6.1,3H HM,41X,1H*/

```

100	100	100
101	101	101
102	102	102
103	103	103
104	104	104
105	105	105
106	106	106
107	107	107
108	108	108
109	109	109
110	110	110
111	111	111
112	112	112
113	113	113
114	114	114
115	115	115
116	116	116
117	117	117
118	118	118
119	119	119
120	120	120
121	121	121
122	122	122
123	123	123
124	124	124
125	125	125
126	126	126
127	127	127
128	128	128
129	129	129
130	130	130
131	131	131
132	132	132
133	133	133
134	134	134
135	135	135
136	136	136
137	137	137
138	138	138
139	139	139
140	140	140
141	141	141
142	142	142
143	143	143
144	144	144
145	145	145
146	146	146
147	147	147
148	148	148
149	149	149
150	150	150
151	151	151
152	152	152
153	153	153
154	154	154
155	155	155
156	156	156
157	157	157
158	158	158
159	159	159
160	160	160
161	161	161
162	162	162
163	163	163
164	164	164
165	165	165
166	166	166
167	167	167
168	168	168
169	169	169
170	170	170
171	171	171
172	172	172
173	173	173
174	174	174
175	175	175
176	176	176
177	177	177
178	178	178
179	179	179
180	180	180
181	181	181
182	182	182
183	183	183
184	184	184
185	185	185
186	186	186
187	187	187
188	188	188
189	189	189
190	190	190
191	191	191
192	192	192
193	193	193
194	194	194
195	195	195
196	196	196
197	197	197
198	198	198
199	199	199
200	200	200

```

164      F2X,1H*,10X,3HV3=,F6,1,5H KM/H,15X,3HV2=,F6,1,5H KM/H,16X,
165      G3HV1=,F6,1,5H KM/H,41X,1H*/
166      H2X,1H*,7X,19(1H*),11X,19(1H*),11X,19(1H*),40X,1H*/
PAGE      5      12/03/87      LISTING BY EDITOR #XKYA MK 11A

167      I2X,1H*,7X,1H*,17X,1H*,11X,1H*,17X,1H*,11X,1H*,17X,1H*,42X,1H*/
168      J2X,1H*,7X,3(1H*,17H TYP SNP ILOSC ,1H*,11X),33X,1H*/
169      K2X,1H*,7X,1H*,11X,6HZ4 Z1 ,1H*,11X,1H*,11X,6HZ3 Z1 ,1H*,
170      L11X,1H*,11X,6HZ2 Z1 ,1H*,46X,1H*)
171      WRITE(2,276)(TS(IS2),ISK(IS2,4,3),ISK(IS2,1,3),TS(IS2),
172      AISK(IS2,3,2),ISK(IS2,1,2),TS(IS2),ISK(IS2,2,1),
173      BISK(IS2,1,1),IS2=1,8)
174      276      FORMAT(2X,1H*,7X,3(1H*,1X,A8,1X,2I3,2H *,11X),37X,1H*/
175      A2X,1H*,7X,3(1H*,1X,A8,1X,2I3,2H *,11X),39X,1H*/
176      C2X,1H*,7X,3(1H*,1X,A8,1X,2I3,2H *,11X),37X,1H*/
177      D2X,1H*,7X,5(1H*,1X,A8,1X,2I3,2H *,11X),35X,1H*/
178      E2X,1H*,7X,3(1H*,1X,A8,1X,2I3,2H *,11X),33X,1H*/
179      F2X,1H*,7X,3(1H*,1X,A8,1X,2I3,2H *,11X),31X,1H*/
180      G2X,1H*,7X,3(1H*,1X,A8,1X,2I3,2H *,11X),29X,1H*/
181      H2X,1H*,7X,3(1H*,1X,A8,1X,2I3,2H *,11X),27X,1H*/
182      I2X,1H*,7X,3(1H*,17X,1H*,11X,)25X,1H*/
183      J2X,1H*,7X,3(19(1H*),11X),23X,1H*/
184      K2X,1H*,118X,1H*/2X,1H*,116X,1H*/2X,102(1H*),13X,1H*/
185      L103X,1H*,11X,1H*/103X,1H*,9X,1H*/103X,1H*,7X,1H*/
186      M103X,7H* */105X,5H* */103X,3H* */103X,1H*)
187      WRITE(2,277)(TS(1),I=1,8)
188      277      FORMAT(//20X,41HS T A N S N P N A K I F R U N K U :/
189      A20X,93(1H=)/43X,39HT Y P Y S A M O L O T O W//
190      R20X,8HLOTNISK A,9X,8(A8,2X)/20X,93(1H=))
191      WRITE(2,278)(LOT(L1*2-1),LOT(L1*2),(K(IS2,L1),
192      AIS(L1,IS2),IS2=1,8),L1=1,L)
193      278      FORMAT(20(20X,2A8,1X,8(I3,2H -,I3,2X)//20X,93(1H-)))
194      250      FORMAT(1H1///40X,34H O P T Y M A L N Y W A R I A N T ,
195      A11HN A L O T U/48X,18HS N P PRZECIWNKA//)
196      255      FORMAT(1H+,40X,21HWARIANT: BRON JADROWA)
197      256      FORMAT(1H+,40X,28HWARIANT: BRON KONWENCJONALNA)
198      270      FORMAT(//40X,9HKIERUNEK:,2AR/40X,9HNALOT :.I2,
199      A5X,15HWSPOLCZ STRAT=,F6,2/40X,
200      B24HCZAS NARASTANIA SNP: (M+,I2,1H)/
201      C40X,24HWSPOLCZYNNIK SPRAWNOSCI=,F6,2/
202      D40X,20HILOSC SNP W NALOCIE:,9H -OGOLEM=,F5,1/
203      E61X,8H-1-RZUT=,F5,1/61X,8H-2-RZUT=,F5,1/61X,8H-3-RZUT=,F5,1//)
204      500      PAUSE OK
205      GO TO 5
206      END
207      SUBROUTINE CALK(A,E)
208      INTEGER E
209      I=A
210      E=I
211      IF(A-I,GT,.5)E=E+1
212      RETURN
213      END

```

Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.

