



Grey Scale #13



Part Code ST1316



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



23

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

Do użytku
służbowego
POUFNE
Egz. Nr. 1

ZESZYTY NAUKOWE

1872
12187

Plk dr Eugeniusz ZABŁOCKI
Ppłk dr Stefan ANTOCZAK

OCENA EFEKTYWNOŚCI
DZIAŁAŃ BOJOWYCH
WOJSK OBRONY POWIETRZNEJ KRAJU

Rozprawa habilitacyjna

ZESZYT
Nr 02/85
Dodatek

12187

45

WARSZAWA 1985





23

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

Dr. użyty do
służbowo
POUFNE

Egz. Nr. 1

ZESZYTY NAUKOWE

1872
+12kl

Plk dr Eugeniusz ZABŁOCKI
Pplk dr Stefan ANTOCZAK

OCENA EFEKTYWNOŚCI
DZIAŁAŃ BOJOWYCH
WOJSK OBRONY POWIETRZNEJ KRAJU

Rozprawa habilitacyjna

ZESZYT
Nr 02/85
Dodatek

12187

45

**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO WP
IM. GENERALA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO**

~~_____~~
slużbowego
~~_____~~

POUFNE

Egz. Nr 1

Przeł. Prof. 179/21.02.95

Ok

ZESZYTY NAUKOWE

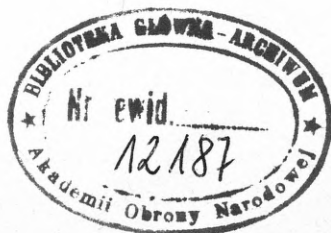


Plk dr Eugeniusz ZABŁOCKI
Ppłk dr Stefan ANTOZAK

**OCENA EFEKTYWNOŚCI
DZIAŁAŃ BOJOWYCH
WOJSK OBRONY POWIETRZNEJ KRAJU**

Rozprawa habilitacyjna

**ZESZYT
Nr 02/85
Dodatek**



WARSZAWA 1985

Redakcja „Zeszytów Naukowych”

00-910 Warszawa, bl. 25

tel. 10 95 35 wewn. 50 516

Redaktor: Anna DORACZYŃSKA

Nakładem Akademii Sztabu Generalnego WP

00-910 Warszawą



Redaktor techniczny: Anna Janowska

Korekta: Helena Wołyniak

Jadwiga Górczyk

SPIS TREŚCI

WSTĘP	5
1. ANALIZA SYSTEMOWA EFEKTYWNOŚCI DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK ..	7
1.1. Geneza problemu i uzasadnienie konieczności jego roz- wiązania	7
1.2. Hipotezy robocze, główne problemy nadawcze, oczekiwane efekty	17
1.3. Ogólna koncepcja zastosowania analizy systemowej do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK	21
1.4. Założenia operacyjno-taktyczne	28
1.5. Podstawowe założenia /wymagania/ budowy modelu działań bojowych wojsk OPK	46
1.6. Procedura oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK /kolejność i sposób postępowania/	52
WNIOSKI KOŃCOWE ROZDZIAŁU PIERWSZEGO	64
2. ZASTOSOWANIE SYMULACJI SYSTEMÓW DO OCENY EFEKTYWNOŚCI DZIA- ŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK	67
2.1. Symulacja systemów jako metoda badawcza	67
2.2. Model działań bojowych wojsk OPK i SNP przeciwnika	70
2.3. Algorytmy oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK	137
2.4. Program obliczania wskaźników oceny efektywności dzia- łań bojowych wojsk OPK	142
WNIOSKI KOŃCOWE ROZDZIAŁU DRUGIEGO	149
3. PRZYKŁAD OPERACYJNO-TAKTYCZNY	151
WNIOSKI KOŃCOWE	158
BIBLIOGRAFIA	162

ZAŁĄCZNIKI

	str.
Nr 1 - Program badań /wariant/	167
Nr 2 - Plan działań bojowych 4 KOPK wklejka po str	168
Nr 3 - Potencjalne możliwości oddziaływania LM na SNP	169
Nr 4 - Potencjalne możliwości oddziaływania WR na SNP	170
Nr 5 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP	171
Nr 6 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP	172
Nr 7 - Wartości współczynników ciągłości śledzenia SNP i naprowa- dzania LM	173
Nr 8 - Wykaz zabezpieczenia wykrywania i śledzenia celów powie- trznych przez WRT	174
Nr 9 - Wykaz zabezpieczenia naprowadzania LM na cele powietrzne przez WRT	175
Nr 10 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP wariant 2/1 ...	177
Nr 11 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP wariant 2/1 ...	178
Nr 12 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP wariant 3/1 ...	179
Nr 13 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP wariant 3/1 ...	180
Nr 14 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP wariant 4/1 ...	181
Nr 15 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP wariant 4/1 ...	182
Nr 16 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP wariant 7/1 ...	183
Nr 17 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP wariant 7/1 ...	184
Nr 18 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP wariant 8/1 ...	185
Nr 19 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP wariant 8/1 ...	186
Nr 20 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP wariant 5/3 ...	187
Nr 21 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP wariant 5/3 ...	188
Nr 22 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP wariant 6/3 ...	189
Nr 23 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP wariant 6/3 ...	190
Nr 24 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP wariant 7/4 ...	191
Nr 25 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP wariant 7/4 ...	192
Nr 26 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP wariant 8/4 ...	193
Nr 27 - Oczekiwane rezultaty oddziaływania WR na SNP wariant 8/4 ...	194

W S T Ę P

Poszukiwanie metod i kryteriów oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK jest jednym z ważnych kierunków badań operacyjnych. Jest to jednak problem naukowy o ograniczonym stopniu poznania i opracowania. Dotyczy to zwłaszcza systemowych metod badawczych umożliwiających analizę i ocenę wszystkich elementów systemu OPK, z uwzględnieniem zależności między nimi na różnych płaszczynach organizacji i działania. Potrzeba dokonania niewielkiego chociażby postępu w opracowaniu takich właśnie metod badawczych, na miarę możliwości autorów, była podstawową motywacją wyboru tematu rozprawy oraz celu i zakresu badań.

Celem badań jest opracowanie metody oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK dla potrzeb wypracowywania wariantów decyzyjnych, dotyczących wyboru i doskonalenia sposobów /wariantów/ wykorzystania sił i środków obrony powietrznej kraju w walce z przeciwnikiem powietrznym.

Pod pojęciem metody rozumie się całokształt ogólnych założeń badawczych, wytycznych w postępowaniu naukowym lub sposób ujmowania badanych faktów. W znaczeniu ogólnym jest to sposób postępowania, świadomy i powtarzalny wybór działania.^{1/}

Jako metodę rozwiązania problemu oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK - z punktu widzenia ogólnych założeń badawczych i wytycznych w postępowaniu naukowym - zastosowano analizę systemową.

Natomiast z punktu widzenia powtarzalnego sposobu postępowania zastosowano symulację systemową jako metodę umożliwiającą umowne, wielokrotne odzwierciedlenie procesu działań bojowych wojsk OPK oraz wyznaczenie mierzalnych wskaźników efektywności. Inaczej mówiąc symulacja systemowa stanowi integralny element analizy systemowej i jest w tym przypadku narzędziem badawczym, którego zastosowanie pozwala praktycznie realizować, a zarazem weryfikować przyjęte założenia teoretyczne.

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

Rozdział pierwszy obejmuje genezę problemu badawczego, hipotezy

1/ Encyklopedia Powszechna, PWN, 1973 r.

robotnicze oraz projekt /koncepcję/ jego rozwiązania. Ujęto w niej podstawowe zagadnienia dotyczące uzasadnienia celowości zastosowania analizy systemowej jako metody badawczej. Sprecyzowano założenia operacyjno-taktyczne, elementy /moduły/, kryteria i wskaźniki oceny efektywności wynikające z celu, zadań i zasad funkcjonowania systemu OPK jako obiektu badań. Przedstawiono także podstawowe procedury oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK oraz oczekiwane efekty zastosowania proponowanej metody badawczej.

Zasadniczą treścią drugiego rozdziału jest problem wyboru i wykorzystania jednej z metod symulacji systemowej do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK. Przedstawiono w niej projekt rozwiązania w postaci modelu działań bojowych i algorytmu oceny efektywności wojsk OPK, a także metodyki jego zastosowania.

W rozdziale trzecim zaprezentowano wybrane przykłady zastosowania proponowanej metody badawczej do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK. W tym celu wykonano szereg obliczeń na podstawie programu na EMC ODRA-1305 dla założonej sytuacji operacyjno-taktycznej. Przykłady te obrazują sposób weryfikacji przyjmowanych w procesie badań założeń teoretycznych.

Rozdział pierwszy opracował płk Eugeniusz ZABŁOCKI.

Rozdział drugi opracował ppłk Stefan ANTCZAK.

Rozdział trzeci został opracowany wspólnie przez obydwu autorów.

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

Autorzy czują się zobowiązani podziękować Komendzie Akademii Sztabu Generalnego WP, Dowództwu Wojsk Obrony Powietrznej Kraju i Komendzie Wydziału Wojsk Lotniczych i OPK za umożliwienie przeprowadzenia badań i opracowanie rozprawy.

Jesteśmy wdzięczni oficerom Instytutu Badań Strategiczno-Obronnych ASG WP, Katedry Taktyki Wojsk OPK, a także wszystkim osobom, które swoim przychylnym zainteresowaniem i krytycznymi uwagami przyczyniły się do nadania ostatecznego kształtu niniejszej rozprawie.

Analiza systemowa
nie służy poznaniu
lecz zmianie.

W.Gasparski

1. ANALIZA SYSTEMOWA EFEKTYWNOŚCI DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK

1.1. GENEZA PROBLEMU I UZASADNIENIE KONIECZNOŚCI JEGO ROZWIĄZANIA

W ostatnich latach obserwujemy szczególnie dynamiczny rozwój środków napadu powietrznego /SNP/ potencjalnego przeciwnika oraz metod i sposobów ich wykorzystania na współczesnym polu walki. Jednocześnie rośnie nasycenie systemów obrony powietrznej /OP/ nowoczesnymi środkami walki i środkami zabezpieczenia działań bojowych. Z prognoz rozwoju taktyki i sztuki operacyjnej należy wnioskować, że działania bojowe wojsk w każdym systemie OP, w tym również w systemie obrony powietrznej kraju /OPK/, będą się charakteryzowały dużym rozmachem, złożonością i dynamicznością, co w istotny sposób skomplikuje dowodzenie oraz wypracowywanie koncepcji, zasad i sposobów działań bojowych w walce z przeciwnikiem powietrznym. We współczesnych warunkach zwiększa się liczba i różnorodność informacji, których przeanalizowanie jest niezbędne do podejmowania uzasadnionych decyzji przy jednoczesnym dążeniu do skracania czasu przeznaczanego na jej wypracowanie. Czynniki te determinują również konieczność dokonywania wszechstronnych analiz i ocen będących podstawą opracowywania, weryfikacji oraz wyboru optymalnych sposobów wykorzystania potencjału bojowego sił i środków OPK w walce z SNP.

Aby optymalnie, a właściwie to racjonalnie wykorzystać ten potencjał, należy za pomocą odpowiednich metod sprawdzać przed podjęciem decyzji słuszność przyjętych rozwiązań, określać oczekiwane efekty działań, porównywać dopuszczalne warianty rozwiązań i na tej podstawie wybierać /opracowywać/ warianty zapewniające największą skuteczność działań bojowych.

Częściowej weryfikacji zasad i sposobów działań bojowych wojsk OPK dokonuje się w czasie ćwiczeń oraz na podstawie wniosków ze współczesnych lokalnych konfliktów zbrojnych. Należy jednak podkreślić, że zarówno ćwiczenia, jak i lokalne konflikty zbrojne nie odzwierciedlają wszystkich aspektów /variantów/ pola walki, w pełni adekwatnych współczesnemu systemowi OPK. Nie ma, na przykład, praktycznej możliwości uwzględnienia w ćwiczeniach ilościowego i przestrzennego rozmachu operacji powietrznych i przeciwpowietrznych, strat własnych i przeciwnika, skutków uderzeń bronią jądrową itp.

Z tego względu konieczne i celowe jest zastosowanie nowoczesnych metod naukowych, pozwalających w sposób umowny odzwierciedlać strukturę i funkcjonowanie systemów OP, analizować i oceniać efektywność ich działań bojowych, aby na tej podstawie doskonalić lub wypracowywać nowe zasady i sposoby wykorzystania sił i środków OPK na współczesnym polu walki.

Poszukiwanie racjonalnych metod badania i doskonalenia systemu OPK jest jednym z głównych zadań pracy naukowo-badawczej w Katedrze Taktyki Wojsk OPK. Wynika to zarówno z potrzeb, jak i rozkazów przełożonych. Między innymi rozkaz ministra obrony narodowej o szkoleniu sił zbrojnych PRL w roku 1981, w części dotyczącej wojsk OPK nakazywał: "Opracować programy informatyczne, przydatne podczas działań bojowych w procesie wypracowania decyzji i dowodzenia wojskami". W Akademii Sztabu Generalnego WP, szczególnie w ostatnich latach, obserwujemy dynamiczny rozwój nowoczesnych metod badawczych zarówno od strony teorii, jak i praktycznego zastosowania elektronicznej techniki obliczeniowej /ETO/. Jednym z głównych zadań naukowych w tej dziedzinie jest modelowanie walk, bitew i operacji przy szerokim zastosowaniu symulacji komputerowej /zadanie naukowe pod kryptonimem "MODEL"/.^{2/} Podstawowym przedsięwzięciem Katedry Taktyki Wojsk OPK na lata osiemdziesiąte, w ramach powyższego zadania naukowego, jest opracowanie komputerowego modelu symulacyjnego działań bojowych wojsk w systemie OP pod kryptonimem "ZENIT". Już wstępne badania pozwoliły sformułować wniosek o złożoności problemu i konieczności jego rozwiązywania częściami, w kolejnych etapach pracy naukowo-badawczej. Złożoność problemu wynika głównie z dwóch powodów.

2/ Zgodnie z planem prac naukowo-badawczych ASG WP na lata 1981-85 oraz zarządzeniem Komendanta Akademii Sztabu Generalnego WP nr PF10 z dnia 5 marca 1983 r.

Po pierwsze jest to zadanie naukowe o charakterze interdyscyplinarnym, którego rozwiązanie wymaga umiejętnego wykorzystania i łączenia najnowszych osiągnięć w dziedzinie badań operacyjnych i zastosowania elektronicznej techniki obliczeniowej z najnowszymi osiągnięciami w dziedzinie sztuki operacyjnej i taktyki.

Dla ilustracji tego problemu przytoczmy dwa cele naukowo-badawcze, których realizację /między innymi/ powinien umożliwić komputerowy model symulacyjny "ZENIT", a mianowicie:

- prognozowanie rozwoju sytuacji operacyjno-taktycznej oraz prawdopodobnych skutków podejmowanych decyzji;
- ocenę poprawności wypracowania decyzji zapewniających najkorzystniejsze użycie wojsk w systemie OP na aktualnym i perspektywicznym polu walki.

Są to oczywiście bardzo wysokie wymagania. Prognozowanie i ocenianie poprawności takiej czy innej decyzji wiąże się bowiem ściśle z wypracowaniem metod, kryteriów i wskaźników oceny efektywności wynikających z zasad sztuki operacyjnej i taktyki oraz celów, zadań i sposobów działań bojowych wojsk OPK. Z drugiej strony konieczne jest zastosowanie takich narzędzi /instrumentów/, które umożliwiają odzwierciedlanie procesów walki /działań bojowych/, a także wyznaczanie wymiernych wartości wskaźników efektywności będących podstawą prognoz i ocen. Jest to więc problem integracji treści i formy badań, wzajemnego dostosowywania założeń i wymagań operacyjno-taktycznych oraz metod, rozumianych i stosowanych jako narzędzia badawcze.

Interdyscyplinarność badań naukowych wymaga również tworzenia zespołów, w których skład wchodzi specjaliści z różnych dziedzin wiedzy wojskowej, a także właściwej organizacji ich pracy zarówno pod względem merytorycznym, jak i praktycznej działalności badawczej. Niekiedy w dyskusjach, na sympozjach czy naradach naukowych, specjalistów tych dzielono umownie na "taktyków" i "informatyków". W niektórych przypadkach podział ten traktowano dosłownie, co oznaczało w praktyce, że każda z tych grup specjalistów rozwiązywała własne zadania naukowe, własnymi metodami. Z tego względu często teoria i praktyka badań operacyjnych /stosowanie odpowiednich urządzeń badawczych/ znajdowały swój wyraz w oddzielnych opracowaniach. Powstały, na przykład, doskonałe opracowania dotyczące teorii i metodyki wypracowania decyzji w związkach operacyjnych i operacyjno-taktycznych oraz oddziaływo-
żach wojsk OPK. [37,48,54,63]. W pracach tych precyzyjnie określa się

sposób postępowania dowódców i sztabów [54 str.59], zasady wariantowania i wyboru sposobów działań bojowych w zależności od rozwoju sytuacji i warunków działań. Ciągłe jednak wybór /decyzja/ następuje głównie na podstawie intuicji i doświadczenia dowódców. Jednocześnie rozwijała się teoria metod badawczych związanych z wykorzystaniem elektronicznej techniki obliczeniowej, na przykład modelowanie matematyczne i symulacja komputerowa. Metody te są doskonałymi narzędziami badawczymi, umożliwiającymi wyznaczanie /określanie/ wymiernych wskaźników ułatwiających podejmowanie poprawnych /racjonalnych/ decyzji, chociaż wiedza i doświadczenie dowódcy w dalszym ciągu mają podstawowe znaczenie. Metody te do tej pory nie są w pełni wykorzystane w wyniku wspomnianego już podziału wysiłków specjalistów różnych dziedzin wojskowych badań naukowych.

Ostatnie lata, szczególnie początek lat osiemdziesiątych, przyniosły jednak zdecydowany postęp, a nawet przełom w zakresie działalności naukowej w Akademii Sztabu Generalnego WP. Następuje coraz większa integracja wysiłków w rozwiązywaniu złożonych, interdyscyplinarnych problemów naukowych zarówno pod względem organizacyjnym, jak i stosowanych metod badawczych. Powszechne stało się tworzenie wieloosobowych zespołów naukowych, co nie wyklucza potrzeby i konieczności prowadzenia badań indywidualnych w wąskich specjalnościach wojskowych.

Drugim czynnikiem powodującym złożoność podjętego problemu badawczego jest fakt, że obiektem badań jest system OPK. Determinuje to konieczność zastosowania odpowiednich metod badawczych /systemowych/, ujmujących wszystkie elementy systemu, z uwzględnieniem zależności między nimi na różnych płaszczyznach organizacji i działania.

Analiza dotychczasowych badań dotyczących metod i kryteriów oceny efektywności, prowadzonych zarówno w ASG WP, jak i w wojskach upoważnia do stwierdzenia, że dotyczą one z reguły rozwiązań jednokierunkowych, traktujących o poszczególnych rodzajach wojsk OPK, głównie o wojskach raketowych /WR/, lotnictwie myśliwskim /LM/, wojskach radiotechnicznych /WRT/, a także o przeciwniku powietrznym.

Bardzo ciekawą pracą jest rozprawa habilitacyjna R.Kulczyckiego na temat: "Zastosowanie symulacji komputerowej do doskonalenia ugrupowania i kierowania ogniem związku taktycznego /oddziału/ wojsk raketowych OPK". W pracy tej autor przedstawia sposób porównywania decyzji wypracowanych przez sztab związku taktycznego WR z wzorcowymi decyzjami komputera. Precyzuje również kryteria i wskaźniki efektywności

działań bojowych pozwalające mierzyć wartość tych decyzji. Opracowana przez autora metoda zastosowania symulacji komputerowej, pod względem wykorzystania aparatu matematycznego i techniki obliczeniowej, może stanowić wzór do rozwiązywania podobnych problemów na szczeblu operacyjno-taktycznym. Jednak nie ujęto w niej /w sposób zamierzony/ podstawowych uwarunkowań i relacji dotyczących wykorzystania wojsk rakietowych w skali całego systemu OPK.

W rozprawie doktorskiej E. Zabłockiego i A. Adamczyka /1978 r./ na temat: "Metoda oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu obrony powietrznej kraju" sprecyzowano podstawowe założenia operacyjno-taktyczne, kryteria, wskaźniki oraz algorytm oceny efektywności lotnictwa myśliwskiego. Z uwagi na zakres pracy i możliwość autorów nie zastosowano w niej elektronicznej techniki obliczeniowej, a tzw. obliczenia ręczne z wykorzystaniem środków małej mechanizacji okazały się niewystarczające ze względu na złożoność algorytmu.

W 1978 r. została napisana i obroniona rozprawa doktorska S. Antczaka na temat: "Zastosowanie niektórych metod badań operacyjnych do oceny pola radiolokacyjnego dla wykrywania obiektów powietrznych na małych wysokościach w brygadzie radiotechnicznej korpusu OPK". W pracy tej zastosowano modelowanie matematyczne i wykorzystano elektroniczną technikę obliczeniową. Jednak przedmiot badań dotyczył jednego rodzaju wojsk w skali taktycznej, co nie rozwiązuje problemu oceny efektywności rozpoznania radiolokacyjnego w systemie OPK.

Z kolei w podręczniku na temat: "Sztuka operacyjna wojsk OPK. Część II. Korpus obrony powietrznej kraju" [37] precyzuje się kolejność i treść czynności dowódcy i sztabu korpusu w procesie wypracowania decyzji. Generalnie czynności te obejmują: analizę zadania bojowego, ocenę sytuacji i podjęcie decyzji. Z kolei w ocenie sytuacji wyróżnia się ocenę nieprzyjaciela, ocenę wojsk własnych /wojska lądowe, sąsiedzi, obiekty osłony, możliwości bojowe korpusu OPK/ oraz warunków działań. Na stronie 138 sprecyzowano cel oceny sytuacji, cyt.: "Celem oceny sytuacji jest określenie elementów, które mają wpływ na wykonanie zadania, przy czym praktycznie ustala się, w jakim stopniu dany element ułatwia bądź utrudnia realizację zadania i co w związku z tym należy wykonać?" Z logicznego punktu widzenia metodzie tej trudno cokolwiek zarzucić. Jej słuszność potwierdza wieloletnia praktyka. Coraz częściej jednak stawia się pytanie: na jakiej podstawie

"ustala się, w jakim stopniu dany element ułatwia bądź utrudnia realizację zadania", w jaki sposób to zmierzyć? Należy przy tym brać pod uwagę różnorodność działań przeciwnika i sposobów wykonania przez niego uderzeń na bronione obiekty oraz teoretycznie nieskończoną liczbę możliwych sposobów wykonania tego samego zadania. Z tego względu konieczne jest sprecyzowanie wielowariantowych rozwiązań /wariantów działań bojowych/ i wybór spośród nich wariantu najkorzystniejszego. Aby dokonać wyboru należy ocenić każdy z tych wariantów według określonego kryterium, którym najczęściej jest oczekiwany rezultat działań bojowych. Niewątpliwie metodyka wypracowania decyzji wyraźnie wskazuje na taki właśnie sposób postępowania w procesie planowania działań bojowych. Ciągłe jednak wybór /decyzja/ następuje głównie na podstawie wiedzy i doświadczenia dowódcy, przy niewielkim wykorzystaniu wskaźników liczbowych, określanych na podstawie tzw. "ręcznych obliczeń" z zastosowaniem środków małej mechanizacji. Są to metody merytorycznie bardzo proste, łatwe do zrozumienia i perfekcyjnego ich opanowania przez oficerów sztabu. Jest to niewątpliwie ich zaletą. Natomiast zasadniczą wadą są ograniczone możliwości rozpatrywania /analizowania/ wielu różnych wariantów z uwagi na złożoność i czasochłonność obliczeń.

Dla zilustrowania tego problemu posłużmy się przykładem wyboru sposobu /sposobów/ współdziałania, jako jednego z podstawowych elementów decyzji. W instrukcjach i podręcznikach /skryptach/ precyzyjnie określa się sposoby współdziałania lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych /między innymi/ w systemie OPK [24] oraz zasady ich stosowania w zależności od charakteru zadania i warunków działań bojowych. Jednocześnie, w formie obligatoryjnej, nakazuje się maksymalne wykorzystanie możliwości bojowych współdziałających rodzajów wojsk. W praktyce wyboru sposobów współdziałania dokonuje się zgodnie z określonymi w instrukcji zasadami, z uwzględnieniem możliwości systemu dowodzenia i bezpieczeństwa lotnictwa myśliwskiego podczas przelotu przez strefy ognia wojsk rakietowych. Nie opracowano natomiast metod, kryteriów i wskaźników pozwalających w sposób wymierny oceniać wpływ wyboru takiego czy innego sposobu współdziałania na stopień wykorzystania możliwości bojowych obydwu tych rodzajów wojsk, a tym samym na oczekiwane rezultaty działań bojowych. Możemy, na przykład, bez ryzyka popełnienia błędu ocenić, że jeden ze sposobów współdziałania, polegający na podziale wysiłku według rubieży, ogranicza możliwości

bojowe lotnictwa myśliwskiego, głównie pod względem przestrzeni działania. Należałoby jednak sprawdzić, w jakim stopniu ograniczenie to wpływa na oczekiwane rezultaty działań bojowych, co w czasie ćwiczeń nie zawsze jest możliwe. Dokonywanie takiej oceny w odniesieniu do każdego sposobu współdziałania może w znacznym stopniu ułatwić decydentowi racjonalny wybór jednego z nich.

Nie sposób oczywiście wymienić wszystkich opracowań związanych z podjętym problemem badawczym. Wymieniono jedynie te, które są najbardziej charakterystyczne dla dorobku naukowego w zakresie metod i kryteriów oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK do roku 1979. Rok ten autorzy uważają za początek prac badawczych, których wyniki są prezentowane w niniejszej rozprawie.

Motywacja rozpoczęcia badań i ich ukierunkowanie wynikały głównie z potrzeb poszukiwania racjonalnych metod badania i doskonalenia systemu OPK, sformułowanych w Katedrze Taktyki Wojsk OPK, scharakteryzowanego wyżej stanu dorobku naukowego w tym zakresie oraz krytycznych uwag dotyczących własnych rozpraw doktorskich

Uogólniając, można przyjąć, że uwagi te obejmowały dwie grupy zasadnień, a mianowicie:

a/ W prezentowanych metodach badawczych ujmuje się poszczególne rodzaje wojsk częściowo w oderwaniu /izolacji/ od systemu OPK jako całości, co może prowadzić do błędnych wniosków^{3/}.

b/ W pracach tych nie w pełni zdołano zintegrować wymagania /założenia/ operacyjno-taktyczne z nowoczesnymi technikami badawczymi.

Na podstawie powyższych uwag, w sposób fakultatywny sformułowano ogólny kierunek badań, którym było "łączenie do opracowania kompleksowej metody oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK z wykorzystaniem elektronicznej techniki obliczeniowej".

Ze względu na złożoność problemu zdecydowano się na jego rozwiązanie w trzech zasadniczych etapach prac badawczych. Przyjęto również zasadę, aby każdą kolejną koncepcję rozwiązania /etapu/ prezentować w czasie sympozjów bądź porad naukowych z udziałem przedstawicieli z wojsk OPK i ASG WP oraz w czasopiśmie wojskowych, głównie w Zeszytach Naukowych ASG WP i w Przeglądzie Wojsk Lotniczych i OPK.

^{3/} Uwaga płk.prof.dr.hab.Jerzego Machury w recenzji rozprawy doktorskiej płk.Zabłockiego i ppłk.Adamczyka.

W 1979 r. opracowano koncepcję metody oceny efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego wojsk OPK, co było przedmiotem badań w pierwszym etapie. Wyniki prac oraz poglądy autorów zaprezentowano w tym samym roku na naradzie naukowej w Katedrze Taktyki Wojsk OPK na temat: "Wybrane problemy zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych związku operacyjno-taktycznego OPK". Był to oczywiście jedynie fragment podjętego zadania naukowego. Chodziło jednak o to, aby już na wstępie poddać krytyce proponowane rozwiązanie w gronie specjalistów i ustalić kierunek dalszych badań. Materiały z tej narady opublikowano w Zeszytach Naukowych ASG WP [40].

W ramach realizacji prac badawczych Katedra Taktyki Wojsk OPK podjęła współpracę z Instytutem Radiolokacji Wojskowej Akademii Technicznej, której efektem było opracowanie na temat: "Opracowanie miar kryterium efektywności pola radiolokacyjnego [3]. Rozwinięciem tego tematu były dwa opracowania teoretyczne [2,4] dotyczące efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego oraz program na EMC ODRA-1305 wykorzystywany w procesie dydaktycznym w ASG WP.

W kolejnym etapie badań podjęto problem metod i kryteriów oceny efektywności działań bojowych związku operacyjno-taktycznego OPK. Podobnie jak w poprzednim etapie wstępne wyniki prac badawczych /koncepcje rozwiązań/ zaprezentowano w 1981 r. na sympozjum naukowym na temat: "Wybrane problemy oceny efektywności wykorzystania i skuteczności działania korpusu obrony powietrznej kraju". Głównym celem tego sympozjum było przedyskutowanie w gronie specjalistów tez i hipotez badawczych dotyczących metod kompleksowej /systemowej/ oceny efektywności wykorzystania sił i środków korpusu OPK. Poglądy autorów na koncepcję rozwiązania tego problemu opublikowano w Zeszytach Naukowych ASG WP [5]. Opinie i wnioski z sympozjum generalnie potwierdziły przyjęty kierunek badań. Zwrócono jednak uwagę, że w dalszym ciągu nie w pełni uwzględnia się problemy działań bojowych różnych rodzajów wojsk w jednolitym systemie OPK, a w szczególności uwarunkowania korpusu OPK od systemu nadrzędnego.

Bardzo cennych wniosków dostarczyło sympozjum naukowe zorganizowane w Wydziale Wojsk Lotniczych i OPK na temat: "Problemy doskonalenia systemu OPK PRL w świetle prognozowanego rozwoju środków walki". Sympozjum to jeszcze raz potwierdziło, że przed sztuką operacyjną wojsk OPK wyłania się szereg zadań dotyczących zarówno teorii, jak i praktyki zastosowania bojowego wojsk w systemie OPK. Do zasadniczych

zadań można zaliczyć:

- studiowanie stanu i warunków rozwoju SNP przeciwnika oraz prognozowanie charakteru jego działań bojowych;
- studiowanie budowy współczesnego systemu OP oraz zasad prowadzenia działań bojowych przez związki operacyjne i operacyjno-taktyczne OPK, a także operacyjnie podporządkowane siły i środki OP innych rodzajów wojsk;
- opracowywanie warunków i sposobów doskonalenia gotowości bojowej wojsk OPK;
- opracowywanie wymagań operacyjno-taktycznych wobec nowych środków obrony powietrznej oraz zasad ich użycia;
- poszukiwanie nowych rozwiązań prowadzących do ciągłego doskonalenia systemu dowodzenia wojskami w systemie OPK;
- wypracowywanie metod pracy dowództw i sztabów pozwalających sprawdzać realność planów operacyjnych i sposobów użycia wojsk.

Uogólniając, można przyjąć, że sztuka operacyjna wojsk OPK powinna udzielać odpowiedzi na trzy zasadnicze pytania problemowe, a mianowicie:

1. Jaki będzie charakter działań przeciwnika powietrznego w ewentualnym konflikcie zbrojnym?
2. Jak najlepiej wykorzystać posiadane siły i środki OP w walce z tym przeciwnikiem?
3. Jakimi siłami i środkami należy dysponować, w sensie ilościowym i jakościowym, aby zapewnić osiągnięcie celów działania wojsk w systemie OP?

Jest sprawą oczywistą, że pytanie trzecie ma znaczenie najbardziej ogólne i wiąże się z prognozowaniem rozwoju i jakościowym doskonaleniem sił i środków oraz zasad ich użycia w skali całego systemu OPK.

Natomiast w praktycznej działalności dowództw i sztabów wojsk OPK najistotniejsze znaczenie ma racjonalne wykorzystanie w walce z przeciwnikiem powietrznym potencjału bojowego posiadanych sił i środków do obrony obiektów. W procesie planowania działań bojowych i wypracowywanie decyzji przez sztab korpusu OPK jednym z głównych problemów jest dokonanie wyboru racjonalnego, często nazywanego optymal-

nym, wariantu działań bojowych. Wnioski z sympozjum potwierdziły więc konieczność poszukiwania metod oceny efektywności wojsk OPK jako narzędzi badawczych dla sztabów, w celu wyznaczania uniwersalnych kryteriów i wskaźników będących podstawą dokonywania takich właśnie wyborów.

Po uwzględnieniu wniosków z omówionych sympozjów naukowych oraz dotychczasowych doświadczeń zakończono drugi etap prac badawczych, których wyniki przedstawiono w opracowaniu naukowym na temat: "Ocena efektywności działań bojowych związku operacyjno-taktycznego wojsk OPK dla potrzeb planowania walki" [68].

W opracowaniu tym skoncentrowano uwagę głównie na sprecyzowaniu teoretycznych zasad, metod i kryteriów oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK, a także przedstawiono jeden z możliwych wariantów rozwiązania problemu. W tym celu zaproponowano metodę oceny efektywności działań bojowych związku operacyjno-taktycznego OPK, a dla potwierdzenia słuszności przyjętego rozwiązania opracowano model matematyczny, algorytm i program obliczeniowy, za pomocą których wykonano obliczenia dla wybranego przykładu taktycznego.

W końcowym etapie prac badawczych powstał problem realizacji wspomnianego już zadania naukowego w ASG WP dotyczącego modelowania walk, bitew i operacji, a w tym komputerowego modelu symulacyjnego działań bojowych wojsk w systemie OP pod kryptonimem "ZENIT".

Generalnie można przyjąć, że zadanie to jest zbieżne z dotychczasowym kierunkiem prac badawczych autorów rozprawy. Z punktu widzenia celów badań zastosowanie modelu "ZENIT" wiąże się bowiem ściśle z oceną efektywności działań bojowych wojsk OPK poprzez rozpatrywanie wielu wariantów działań bojowych przeciwnika powietrznego oraz sił i środków obrony powietrznej. Jednak z przeznaczenia modelu i zadań szczegółowych wynikają nowe, bardzo wysokie wymagania.

Pierwsze wymaganie wiąże się z przeznaczeniem modelu "ZENIT" dla celów naukowo-badawczych i dydaktycznych w ASG WP, głównie dla prowadzenia gier decyzyjnych. Z tego względu powinien to być model o charakterze konwersacyjnym, aby użytkownik /wykładowca, słuchacz/ mógł aktywnie uczestniczyć w procesie symulacji działań bojowych i wpływać na jej przebieg.

Z kolei zakłada się uniwersalność modelu, co ma zapewnić możliwość symulowania działań bojowych wojsk w systemie OPK o różnym,

dowolnym składzie organizacyjnym i dla różnych szczebli dowodzenia.

Spełnienie tak wysokich wymagań determinuje konieczność prowadzenia długotrwałych i żmudnych badań w interdyscyplinarnych zespołach naukowych oraz stosowania różnych metod badawczych zarówno z teoretycznego punktu widzenia, jak i praktycznego stosowania odpowiednich narzędzi badawczych. Jednym z podstawowych warunków skuteczności tego typu badań jest integracja i spójność działań wszystkich członków zespołu pod względem celów, zadań i metod rozwiązywania podstawowych problemów badawczych.

Należy również podkreślić, że nadrzędne, wiodące znaczenie powinny mieć zawsze cele, założenia i wymagania operacyjno-taktyczne zarówno w aspekcie projektowania metod badawczych, jak również ich stosowania.

W świetle tak wysokich i złożonych wymagań podjęto trzeci etap badań, w którym zasadniczym problemem było poszukiwanie metody /metod/ oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK, która pod względem koncepcji, założeń i wymagań operacyjno-taktycznych pozwoliłaby zintegrować prace nad opracowaniem komputerowego modelu symulacyjnego "ZENIT". Ogólną koncepcję rozwiązania tego problemu, niektóre jego aspekty przedstawiono w sprawozdaniu z prac przygotowawczych [49].

Prezentowana rozprawa habilitacyjna jest więc niejako podsumowaniem kilkuletnich prac badawczych z uwzględnieniem potrzeb i wymagań dotyczących opracowania komputerowego modelu symulacyjnego "ZENIT". Natomiast z punktu widzenia opracowania projektu metody oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK, jako głównego celu badań sformułowanego we wstępie do rozprawy, stanowi ona odrębną całość.

1.2. HIPOTEZY ROBOCZE, GŁÓWNE PROBLEMY BADAWCZE, OCZEKIWANE EFEKTY

System OPK jest systemem złożonym. Stale wzrastająca liczba czynników, które trzeba poddawać analizie w procesach decyzyjnych powoduje, że metody oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK oparte na tak zwanych "ręcznych" obliczeniach, z wykorzystaniem środków małej mechanizacji, nie zawsze i nie w pełni są przydatne do rozwiązywania złożonych problemów taktyki, sztuki operacyjnej i zasad oraz sposobów wykorzystania bojowego tych wojsk w systemie OPK.

W dotychczasowych badaniach rozwiązano problem metod oceny efektywności dotyczących głównie poszczególnych rodzajów wojsk OPK. Są to oczywiście bardzo wartościowe i przydatne opracowania. Jednak nie w pełni uwzględniono w nich fakt, że obiektem badań są wojska działające w jednolitym systemie, co determinuje konieczność stosowania systemowych metod badawczych.

W ramach prac nad opracowaniem modelu "ZENIT" w 1984 r. przeprowadzono szereg badań oraz podjęto nowe problemy badawcze. Na przykład J.Jagielski opracował i obronił rozprawę doktorską na temat: "Prognozowanie uderzeń środków napadu powietrznego przeciwnika na obiekty obrony korpusu OPK metodą symulacji grafodynamicznej", a J.Zapiór opracowuje symulator walki powietrznej. W Katedrze Taktyki Wojsk OPK podjęto nowe tematy prac badawczych dotyczące, między innymi, wpływu zakłóceń na efektywność rozpoznania radiolokacyjnego, modelowania rozpoznania radioelektronicznego i skuteczności przeciwdziałania radioelektronicznego. Są to więc problemy badawcze rozwiązywane różnymi metodami, w których podobnie jak w latach siedemdziesiątych, ujmuje się wybrane elementy systemu OPK już z punktu widzenia wymagań analizy systemowej.

Nie rozwiązano jednak problemu metod i kryteriów oceny efektywności systemu OPK jako całości, pozwalających w pełni integrować założenia i wymagania operacyjno-taktyczne oraz stosowane narzędzia badawcze w dostosowaniu do celów, zadań i zasad funkcjonowania tego systemu.

Metodą, która umożliwi wielopłaszczyznową systemową ocenę efektywności działań bojowych wojsk OPK, z uwzględnieniem treści i formy, teorii i praktyki badawczej /narzędzi badawczych/, a także integrację różnych metod badawczych, jest analiza systemowa.

Zdecydowano, aby tak sformułowany problem rozwiązywać w trzech etapach badań:

W pierwszym etapie podjęto następujące problemy badawcze:

1. Weryfikacja dotychczasowych metod oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK na podstawie analizy literatury i własnych doświadczeń, co przedstawiono w rozdziale pierwszym.
2. Adaptacja analizy systemowej jako wiodącej metody w rozwiązywaniu problemów oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK z dwóch punktów widzenia - jako metody sposobu podejścia oraz jako

metody sposobu działania.

3. Wybór metod badawczych - rozumianych jako narzędzia badawcze - stosowanych w procesie analizy systemowej.

W wyniku realizacji pierwszego etapu badań wyciągnięto wniosek /postawiono hipotezę/, że podstawową metodą badawczą /narzędziem badawczym/ w procesie analizy systemowej, najbardziej przydatną do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK jest modelowanie matematyczne przy szerokim wykorzystaniu symulacji systemów z zastosowaniem elektronicznych maszyn cyfrowych.

W związku z powyższym w drugim etapie badań podjęto dwa podstawowe problemy badawcze.

1. Weryfikacja metod symulacji systemów oraz wybór jednej z nich.

2. Adaptacja wybranej metody symulacji systemów dla potrzeb oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.

Wreszcie w trzecim etapie badań dokonano weryfikacji proponowanej metody badawczej na podstawie wybranych przykładów jej zastosowania.

W celu praktycznego rozwiązania problemów badawczych należało opracować:

1. Charakterystykę analizy systemowej jako metody badawczej.
2. Założenia operacyjno-taktyczne /wymagania/ oraz kryteria i wskaźniki oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.
3. Kolejność i sposób postępowania w procesie oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.
4. Model działań bojowych wojsk OPK.
5. Algorytm oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.
6. Metodykę zastosowania algorytmu.
7. Przykłady operacyjno-taktyczne w celu wykonania obliczeń i weryfikacji proponowanej metody badawczej.

Oczekiwane efekty zastosowania proponowanej metody badawczej można rozpatrywać w trzech aspektach: dydaktycznym, naukowo-badawczym i operacyjno-taktycznym.

W aspekcie dydaktycznym zakłada się wykorzystanie metody głównie w grach decyzyjnych dla wykładowców i słuchaczy ASG WP. Pozwoli

ona ćwiczącym wielokrotnie sprawdzać i weryfikować swoje decyzje, a tym samym doskonalić wiedzę i umiejętności z zakresu sztuki operacyjnej i taktyki. Istotna jest również możliwość kształtowania u oficerów nawyków i umiejętności w posługiwaniu się nowoczesnymi narzędziami badawczymi. Ma to szczególne znaczenie w związku z coraz szerszym wprowadzaniem do wojsk OPK zautomatyzowanych środków i systemów dowodzenia, a także wprowadzaniem coraz doskonalszych środków walki i doskonalenia taktyki działań bojowych SNP przeciwnika.

W aspekcie naukowo-badawczym /jako narzędzie badawcze/ metoda ta powinna umożliwić /ułatwić/ uzyskiwanie odpowiedzi na trzy zasadnicze pytania problemowe:

1. Jaka jest efektywność systemu OPK w świetle jego celów i zadań?

2. Jaka jest efektywność działań bojowych poszczególnych rodzajów wojsk w systemie OPK?

3. Jaki jest wpływ elementów /modułów/ systemu OPK na efektywność jego działań bojowych?

W aspekcie operacyjno-taktycznym oczekuje się, że będzie to metoda ułatwiająca dokonywanie wyboru i doskonalenie wariantów decyzyjnych zapewniających optymalne, a jeśli nie, to przynajmniej racjonalne wykorzystanie sił i środków OPK w walce z przeciwnikiem powietrznym.

W praktyce będzie to zespół wskaźników ilościowych, charakteryzujących funkcjonowanie systemu OPK w różnych warunkach współczesnego i perspektywicznego pola walki.

Analiza systemowa z zastosowaniem symulacji komputerowej powinna umożliwiać wielopłaszczyznową ocenę systemu OPK poprzez rozpatrywanie wielu wariantów działań bojowych przeciwnika powietrznego i wojsk OPK. Chodzi również o możliwość uwzględniania zarówno aktualnych, jak i założonych dla celów badawczych zasad sztuki operacyjnej i sposobów działań bojowych wojsk w systemie OPK, a także perspektywicznych środków walki. Można, na przykład, prognozować oczekiwane efekty wprowadzania do uzbrojenia nowych typów samolotów, zestawów raketowych lub zautomatyzowanych systemów dowodzenia o określonych parametrach taktyczno-technicznych.

Podstawowe wnioski z badań prowadzonych z zastosowaniem analizy

systemowej mogą być wykorzystane do weryfikacji sposobów działań bojowych wojsk w systemie OPK, założeń i planów operacyjnych oraz precyzowania kierunków rozwoju tego systemu.

Należy jednak podkreślić, że podobnie jak w wielu innych metodach badawczych będą to głównie kryteria i wskaźniki ułatwiające dokonywanie wyboru wariantów działań bojowych, a także określające kierunki doskonalenia systemu. Decyzja zależy bowiem od wielu innych, niemierzalnych i nie dających się sformalizować czynników i należy zawsze do dowódcy. Właściwe wykorzystanie metod oceny efektywności z pożytkiem dla poprawności decyzji, wymaga więc głębokiej wiedzy operacyjno-taktycznej.

1.3. OGÓLNA KONCEPCJA ZASTOSOWANIA ANALIZY SYSTEMOWEJ DO OCENY EFEKTYWNOŚCI DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK.

Ze względu na spotykane w literaturze pewne zróżnicowanie pojęć i definicji dotyczących analizy systemowej konieczne wydaje się przytoczenie kilku z nich, świadczących o celowości stosowania tej metody w badaniach systemu.

"Analiza systemowa walki i operacji [31 str.273] powinna dostarczyć badaczom, a także dowódcom i oficerom sztabów narzędzia analitycznego złożonych problemów walki i operacji zapewniającego osiągnięcie szerszych celów poznawczych Celem analizy systemowej walki i operacji jest rekomendacja określonych sposobów działania, tj. takich, które zapewniają wysoką efektywność działania, optymalne użycie sił i środków, racjonalne dowodzenie i organizację łączności".

"Istotą metod analizy systemowej [34 str.243] jest dążenie do takiego rozczłonkowania obiektu analizy, aby można było łatwo wyciągać racjonalne wnioski do podejmowania decyzji i oceniania. Metoda analizy systemowej pozwala rozłożyć obiekt na elementy proste w postaci elementów funkcjonalnych, problemów decyzyjnych, problemów ocenowych oraz informacji o danym obiekcie. Przy podejmowaniu decyzji decydenci wykorzystują uzyskane w wyniku analizy systemowej warianty decyzyjne".

W.Głuszkow [21] uważa, że celem analizy systemowej jest udzielenie kierującym pomocy w wyborze optymalnego kierunku działania, to znaczy dokładnego sformułowania celów systemu jako całości i poszcze-

gólnych jego elementów. Podkreśla również konieczność podporządkowania cząstkowych celów podsystemów /elementów/ jednemu końcowemu celowi, potrzebę formułowania alternatywnych wariantów decyzji i ich ocenę.

W metodyce wojskowych badań naukowych [42] znajdujemy sformułowanie, że "analiza systemowa obiera za podstawę podejście systemowe, tzn. traktowanie i rozpatrywanie badanego przedmiotu /zjawiska, procesu/ jako systemu". Zwraca się również uwagę, że cechuje ją interdyscyplinarność, szerokie wykorzystanie modelowania oraz kojarzenie metod istniejących ze zobiektywizowanymi procedurami naukowymi.

W innym opracowaniu [20] podkreśla się, że istotą analizy systemowej jest zbudowanie i badanie uproszczonego modelu sytuacji rzeczywistej. Natomiast model może mieć charakter symulacyjny, gry decyzyjnej lub scenariusza słownego.

Również w innych opracowaniach eksponuje się podejście systemowe i interdyscyplinarność jako cechy analizy systemowej. Interdyscyplinarność polega na wykorzystywaniu teorii i praktyki z różnych dziedzin wiedzy wojskowej oraz na stosowaniu /łączeniu/ różnych metod badawczych zarówno heurystycznych, jak i zobiektywizowanych naukowo. Często twierdzi się, że analiza systemowa stanowi system metod stosowanych w badaniach systemowych.

Według P.Sienkiewicza [51] w podejściu systemowym wyróżniamy następujące cechy działania poznawczego i praktycznego:

- traktowanie badanego obiektu jako systemu;
- traktowanie danego systemu jako obiektu złożonego z wzajemnie powiązanych podsystemów;
- traktowanie danego systemu jako obiektu należącego do większego systemu;
- świadome posługiwanie się modelem systemu o określonym poziomie rozdzielności, wyrażającym określony aspekt działania.

Reasumując, można przyjąć, że analiza systemowa jest zarówno metodą sposobem podejścia z punktu widzenia założeń badawczych, jak również metodą sposobem postępowania /działania/ z racji stosowanych w niej zobiektywizowanych metod badawczych.

Podstawowym założeniem badawczym w analizie systemowej, jako

metody sposobu podejścia, jest traktowanie obiektu badań jako systemu.

Tak więc przyjmując za P.Sienkiewiczem: "Systemem nazywamy każdy złożony obiekt wyróżniony z badanej rzeczywistości, stanowiący całość tworzoną przez zbiór obiektów elementarnych /elementów/ i powiązań /relacji/ między nimi". Możemy to zapisać w następującej postaci:

$$S = \langle M, R \rangle$$

gdzie: M - zbiór elementów systemu;

R - zbiór relacji między elementami.

Bardzo istotne znaczenie ma również adaptacyjna otwartość analizy systemowej. Może ona być wykorzystywana do rozwiązywania różnych problemów, głównie dzięki możliwości wyboru i łączenia różnych metod badawczych zarówno ogólnonaukowych, jak i specyficznych dla danej nauki.

Z punktu widzenia celu badań - " ... ocena efektywności działań bojowych wojsk OPK dla potrzeb wyboru i doskonalenia wariantów decyzyjnych ... " - za wyborem analizy systemowej jako metody badawczej przemawiają głównie następujące aspekty:

1. Wojska OPK prowadzą działania bojowe w określonym systemie - systemie OPK.
2. System OPK składa się z określonych, dających się wyodrębnić elementów /modułów/.
3. System OPK ma określone uwarunkowania zewnętrzne.
4. Istnieje określona zależność /relacja/ między funkcjonowaniem systemu OPK jako całości, a funkcjonowaniem jego elementów.
5. Badania systemu, także jego efektywności prowadzi się z reguły na modelach, ponieważ nie ma możliwości uwzględnienia wszystkich jego uwarunkowań zewnętrznych i wewnętrznych w praktyce szkoleniowej w czasie ćwiczeń.

Można więc stwierdzić, że obiekt badań jest klasycznym systemem, co determinuje konieczność systemowego podejścia w badaniach, które zapewnia zastosowanie analizy systemowej.

Dość zróżnicowane są poglądy na procedurę analizy systemowej

/kolejność i sposób postępowania w procesie badawczym/, co wynika z jej stosowania do rozwiązywania różnych problemów. Z teoretycznego punktu widzenia są one jednak generalnie zbieżne.

W analizie systemowej możemy wyróżnić następujące etapy analizy [34].

1. Analiza identyfikacyjna.
2. Analiza problemowa.
3. Analiza matematyczna.
4. Analiza ilościowo-statystyczna.

W cytowanym opracowaniu P.Sienkiewicza znajdujemy opis klasycznego przebiegu analizy systemowej:

1. Wyjaśnienie celu, polegające na wskazaniu sposobów mierzenia jego osiągnięcia przy różnych wariantach rozwiązania.
2. Określenie alternatywnych sposobów osiągnięcia celu.
3. Określenie nakładów dla każdej z alternatyw.
4. Zbudowanie modelu stanowiącego aproksymację rzeczywistości.
5. Określenie kryterium, które jest prawidłem porządkującym alternatywy ze względu na ich efektywność.

Podobny pogląd ujęto w metodyce wojskowych badań naukowych [42].

Generalnie można przyjąć, że w procedurze analizy systemowej występują z reguły trzy podstawowe etapy: formułowanie celów oraz założeń badawczych, zbudowanie modelu systemu oraz prowadzenie badań /głównie eksperymentów/ z modelem. Treść etapu oraz ich zakres zależy jednak zawsze od głównego celu badań oraz specyficznych właściwości badanego obiektu /systemu/.

Z uwagi na cel badań przyjęto następującą procedurę /etapy/ oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK z zastosowaniem analizy systemowej /rys.1/.

1. Analiza identyfikacyjna systemu OPK.

Jest to empiryczny etap badań polegających głównie na zbieraniu informacji o systemie na podstawie wyniosków z ćwiczeń, konfliktów lokalnych, dokumentów bojowych i instrukcji. Informacje te służą za podstawę do sformułowania istotnych cech systemu oraz założeń operacyjno-taktycznych do prowadzenia badań.

2. Sformułowanie założeń operacyjno-taktycznych /wymagań/
oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.

W etapie tym precyzuje się /formalizuje/ cel działań, zasady funkcjonowania, strukturę oraz podstawowe uwarunkowania /relacje/ wewnętrzne i zewnętrzne systemu. Formułuje się kryteria i wskaźniki oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK będące podstawą wyboru i doskonalenia wariantów decyzyjnych. Należy również sprecyzować wymagania dotyczące budowy modelu działań bojowych wojsk w systemie OPK.

3. Sformułowanie zasad, zakresu i treści prowadzenia badań /eksperymentów/ z modelem.

W etapie tym precyzuje się w ogólnych zarysach kolejność i sposób postępowania w procesie prowadzenia badań z modelem, w celu określenia /obliczania/ i wykorzystania mierzalnych wskaźników oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK. Istotne jest również ustalenie sposobu /sposobów/ zobrazowywania wyników obliczeń w formie dogodnej dla ich interpretacji i wykorzystania do oceny i wyboru wariantów decyzyjnych przez decydentów.

4. Zbudowanie modelu działań bojowych wojsk OPK.

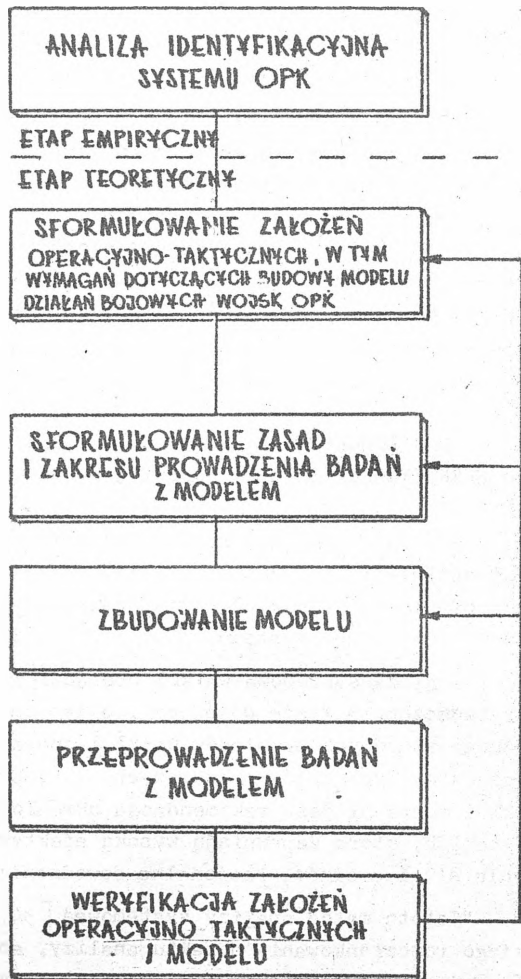
Budując model, należy dokonać wyboru metod i technik prowadzenia badań z modelem, zapewniających realizację przyjętych założeń operacyjno-taktycznych i celów badawczych^{4/}.

5. Prowadzenie badań (z modelem na podstawie wybranych przykładów operacyjno-taktycznych.

6. Weryfikacja (założeń operacyjno-taktycznych i budowy modelu na podstawie przeprowadzonych badań.

Jest to oczywiście uogólniona procedura analizy systemowej podczas wypracowywania metody oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK. Poszczególne etapy badań muszą być powtarzane przy otrzymaniu niezadawalających wyników. Natomiast po opracowaniu metody i jej weryfikacji podstawą wyboru i doskonalenia wariantów decyzyjnych jest prowadzenie badań z modelem zgodnie z ustaloną procedurą.

^{4/} Problemy wyboru i zastosowania metod prowadzenia badań z modelem przedstawiono w części drugiej rozprawy.



Rys.1. Procedura analizy systemowej

Z zastosowaniem analizy systemowej wiąże się więc ściśle wykorzystanie w badaniach modeli systemów.

Model [55 str.21] 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". Natomiast prowadzenie badań z wykorzystaniem modeli nazywamy najczęściej modelowaniem.

Wielka encyklopedia radziecka daje następującą definicję modelowania:

Modelowanie to proces badania obiektów poznania na ich modelach; zbudowanie i badanie modeli realnie istniejących przedmiotów i zjawisk /żywych i martwych, systemów, konstrukcji inżynierskich, różnorodnych procesów fizycznych, chemicznych, biologicznych, socjologicznych/ w celu określenia, sprecyzowania ich charakterystyk, realizacji sposobów ich budowania.

Modelowanie wiąże się ściśle z prognozowaniem, przewidywaniem rezultatów działań.

Karol Marks pisał, że ... najsłabszy architekt różni się tym od najlepszej pszczoły, że zanim zacznie budować komórkę z wosku, zbudował ją już w swojej głowie. W rezultacie każdej pracy uzyskujemy rezultat, który na początku tego procesu istniał w świadomości człowieka ...".

W walce zbrojnej, w wyniku wzajemnego przeciwdziałania stron, powstaje skomplikowana sytuacja, w której bez przewidywania wariantów tej walki niemożliwe staje się kierowanie nią, a w efekcie osiągnięcie powodzenia.

Prognozowanie, jako specyficzna metoda naukowego poznania, odgrywa ważną rolę w każdej walce zbrojnej. Może ono mieć charakter empiryczny i teoretyczny. Właściwy stosunek tych dwóch rodzajów prognozowania ma decydujący wpływ na efektywność planowania działań bojowych. W istocie bez empirycznego, twórczego początku nie jest możliwe stworzenie realnego planu walki, który powinien być oparty na naukowej prognozie z wykorzystaniem metod analizy ilościowej^{5/}.

5/ Według J.Koniecznego celem analizy ilościowo-statystycznej jest oszacowanie ilościowe istotnych parametrów i charakterystyk systemu [34].

Te dwa warunki, niezbędność twórczego heurystycznego początku i zastosowania metod umożliwiających ilościową /wymierną/ ocenę efektywności systemu, określają etapy modelowania działań bojowych wojsk OPK.

W pierwszym etapie /heurystycznym/, na podstawie oceny przeciwnika, sił własnych i warunków działań, dowódca formułuje zamiar, a sztab opracowuje warianty działań bojowych.

W drugim etapie dokonuje się analizy i oceny ilościowej opracowanych wariantów.

Można więc stwierdzić, że u podstaw modelowania dowolnych działań bojowych leży zamiar sformułowany przez dowódcę. Natomiast treść drugiej części - obliczeniowej - wynika z istoty modelowania, a także doskonałości stosowanych metod i technik prowadzenia badań z modelem.

Praktyczne zastosowanie metod modelowania działań bojowych wojsk OPK wymaga rozwiązania dwóch zasadniczych problemów: zbudowania modelu adekwatnego systemowi OPK; opracowania metod i zastosowanie odpowiednich narzędzi /technik/ badawczych, pozwalających symulować działania bojowe wojsk OPK na podstawie modelu.

W tym ujęciu pod pojęciem symulacji należy rozumieć wielokrotne adtworzenie sformalizowanej postaci /modelu/ danego systemu za pomocą odpowiednio opracowanego algorytmu, w celu uzyskania informacji potrzebnej do oceny efektywności działań bojowych wojsk.

Najbardziej adekwatne dla systemów OP są modele matematyczne. Natomiast podstawowym narzędziem wykorzystywanym do ich badania jest elektroniczna technika obliczeniowa. Dlatego też najodpowiedniejszą metodą badania takich modeli jest symulacja komputerowa. Można przyjąć, że współcześnie symulacja komputerowa stała się zarówno narzędziem /techniką/ badania modeli, jak i wyodrębnioną metodą badawczą.

1.4. ZAŁOŻENIA OPERACYJNO-TAKTYCZNE

Istotnym problemem w wykorzystaniu metod systemowych, w tym analizy systemowej jest trafny wybór elementów badanego systemu, które chcemy poddać analizie i ocenie. W wojskach OPK możemy wyróżnić następujące podsystemy /moduły/:

1/ podsystem rozpoznania - siły i środki wojsk radiotechnicznych i rozpoznania radioelektronicznego;

2/ podsystem dowodzenia - siły i środki dowodzenia;

3/ podsystem bojowy - lotnictwo myśliwskie, wojska raketowe oraz oddziały walki radioelektronicznej;

4/ podsystem zabezpieczenia - siły i środki zabezpieczenia działań bojowych.

Jest to typowy podział wynikający głównie ze składu bojowego wojsk OPK. Należy jednak dokonać wyodrębnienia podstawowych modułów zarówno ze strukturalnego, jak i funkcjonalnego punktu widzenia.

Z tego względu przyjęto, że w modelu działań bojowych wojsk OPK wyróżnia się następujące podstawowe moduły:

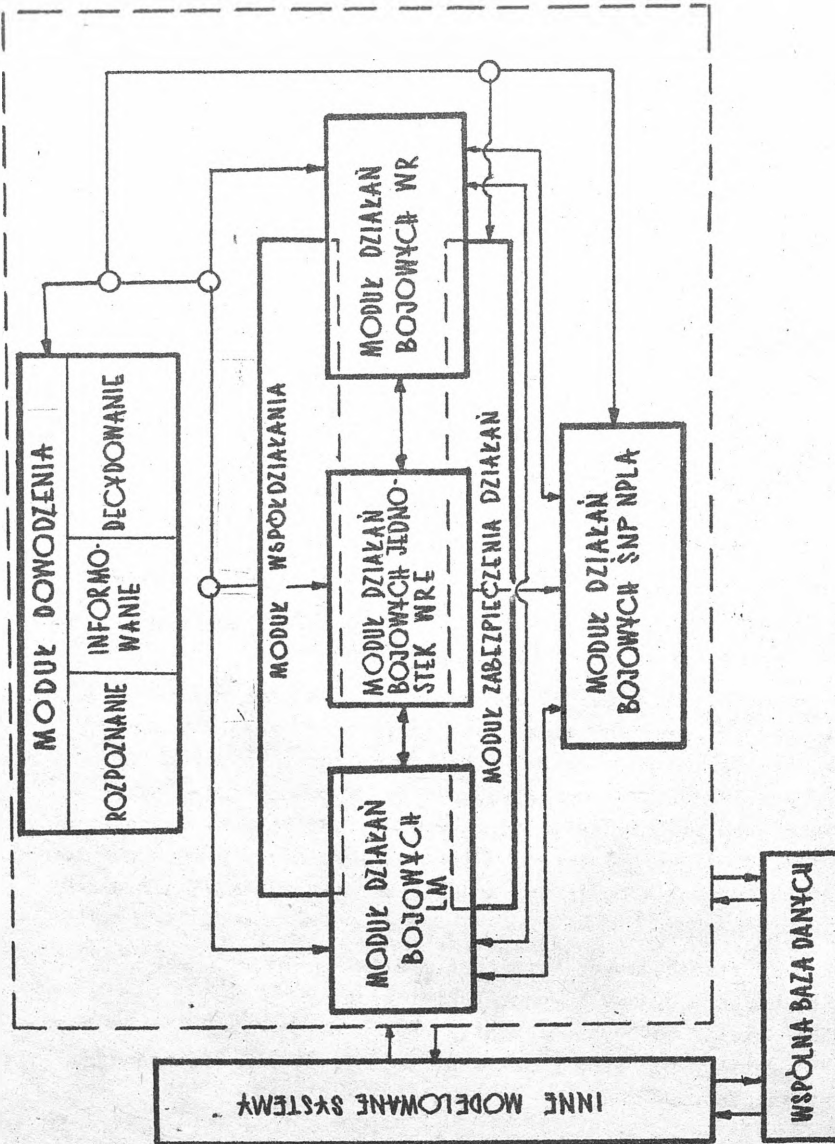
1. Moduł dowodzenia i rozpoznania.
2. Moduł działań bojowych lotnictwa myśliwskiego.
3. Moduł działań bojowych wojsk raketowych.
4. Moduł działań bojowych jednostek WRE.
5. Moduł współdziałania.
6. Moduł zabezpieczenia działań bojowych.
7. Moduł działań bojowych przeciwnika powietrznego.

Są to podstawowe moduły, które powinny znaleźć odzwierciedlenie w modelu działań bojowych wojsk OPK.

Elementy /moduły/ modelu przedstawiono na rys.2.

Wyodrębnienie modułów działań bojowych lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych oraz jednostek walki radiotechnicznej wiąże się ściśle ze strukturą systemu OPK. Są to bowiem podstawowe rodzaje wojsk, których jednostki /oddziały, związki/ prowadzą działania bojowe w tym systemie. Dotyczy to również wojsk radiotechnicznych i rozpoznania radioelektronicznego. Z tego względu każdy z tych modułów może stanowić odrębny komputerowy model symulacyjny /KMS/, a mianowicie:

- KMS działań bojowych lotnictwa myśliwskiego;
- KMS działań bojowych wojsk raketowych;
- KMS działań bojowych jednostek WRE;
- KMS działań bojowych wojsk radiotechnicznych i rozpoznania radioelektronicznego.



Rys.2. Elementy modelu działań bojowych wojsk OPK

Moduły dowodzenia, współdziałania i zabezpieczenia działań bojowych wyróżniono natomiast z racji ich szczególnego znaczenia w funkcjonowaniu systemu OPK.

Konieczne jest również uwzględnienie podstawowych uwarunkowań zewnętrznych systemu OPK, a przede wszystkim od nadrzędnego systemu dowodzenia oraz innych, współdziałających systemów obrony powietrznej.

Zewnętrzne uwarunkowanie systemu OPK przedstawiono na rys.3.

Najistotniejszą zaletą stosowania w badaniach metod systemowych jest oczywiście możliwość uwzględniania wzajemnych zależności w użyciu różnorodnych sił i środków obrony powietrznej będących w dyspozycji dowódcy. Wydaje się jednak, że w analizie systemowej konieczne jest określenie wpływu każdego z elementów systemu /modułów/ na efektywność działań bojowych.

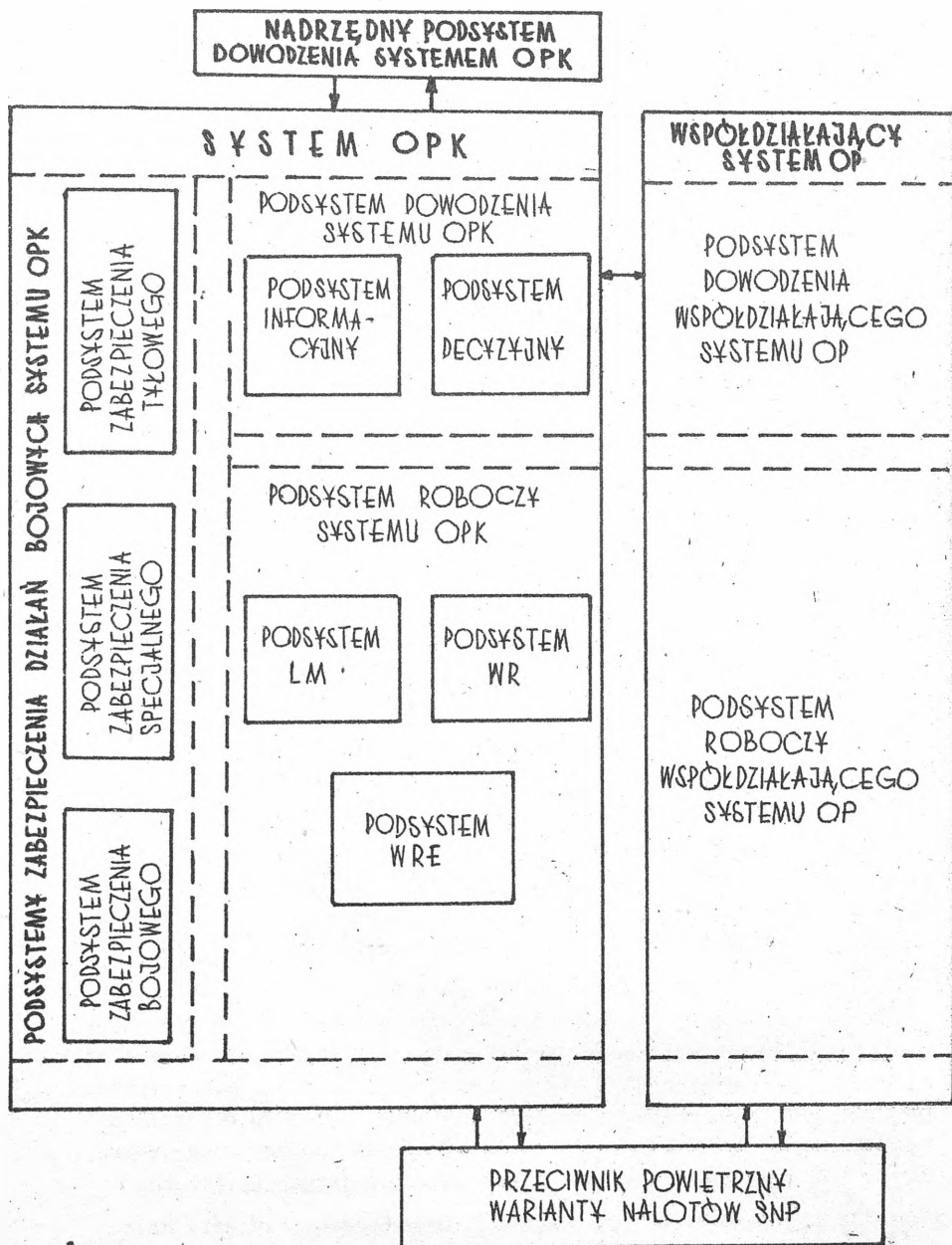
Uwzględnianie zależności między poszczególnymi modułami oraz określanie wpływu każdego z nich na oczekiwane rezultaty działań bojowych należy przyjąć za jedno z podstawowych wymagań dotyczących metod badań efektywności systemu OPK z zastosowaniem symulacji komputerowej.

Formułowanie tych zależności i uwzględnianie ich w modelu jest możliwe wyłącznie w ścisłym powiązaniu z celem działań systemu OPK i zasadami jego funkcjonowania.

W literaturze i oficjalnych dokumentach najczęściej spotykamy się ze sformułowaniem, że zasadniczym celem działania systemu OPK jest niedopuszczenie do rozpoznania i wykonania przez przeciwnika uderzeń na obiekty oraz przelotu środków napadu powietrznego w głąb wyznaczonego rejonu obrony, w tym również w obszar sąsiednich państw sojusznicznych. W uproszczeniu można więc przyjąć, że celem działań bojowych wojsk w systemie OPK jest obrona obiektów.

Natomiast dla osiągnięcia tak sprecyzowanego celu działania wojska OPK niszczą środki napadu powietrznego przeciwnika głównie w powietrzu. Jednak możliwości środków obrony z reguły nie zapewniają niszczenia wszystkich ŚNP. Nie możemy więc formułować celu systemu OPK w sposób jednoznaczny: "obronić obiekty" lub "nie dopuścić do uderzeń na obiekty". W praktyce konieczne jest dokonywanie wyboru, koncentracji obrony na wyróżnionych najważniejszych obiektach.

Z tego punktu widzenia słuszniejsze będzie przyjęcie nieco



Rys. 3 Zewnętrzne uwarunkowania systemu OPK

innego sformułowania celu działań bojowych wojsk w systemie OPK.

Zasadniczym celem działań bojowych wojsk w systemie OPK jest niszczenie jak największej liczby najważniejszych środków napadu powietrznego, w interesie obrony najważniejszych obiektów.

Można to wyrazić za pomocą następującej funkcji:

$$F = \max \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N x_{j,n} k_{j,n}$$

gdzie:

- $x_{j,n}$ - liczba oddziaływań /ataków/ n-tego środka obrony na j-ty środek napadu powietrznego;
- $k_{j,n}$ - wskaźnik operacyjnej ważności oddziaływania n-tego środka na j-ty środek napadu powietrznego;
- J - liczba środków napadu powietrznego;
- N - liczba środków obrony;

We wskaźniku operacyjnym uwzględnia się głównie ważność bronionego obiektu /o/, ważność środka napadu powietrznego /c/ oraz czas i miejsce oddziaływania danego środka obrony na dany środek napadu powietrznego /t/. Przedstawić go można jako funkcję:

$$k = f /o, c, t/$$

Wydaje się, że jest to słuszne założenie, w którym preferuje się efektywność wykorzystania środków obrony z punktu widzenia maksymalizacji strat przeciwnika powietrznego, przy uwzględnieniu zasadniczego celu działań bojowych wojsk w systemie OPK, jakim jest obrona obiektów.

Istotne jest również to, że takie sformułowanie celu działań bojowych wojsk w systemie OPK umożliwia jego odzwierciedlenie w sposób sformalizowany w modelu matematycznym.

Kolejny problem, to sprecyzowanie i odzwierciedlenie w modelu podstawowych zasad funkcjonowania systemu OPK.

System OPK, podobnie jak większość systemów walki, funkcjonuje w myśl najogólniejszej zasady: rozpoznać - zdecydować - zniszczyć.

Zgodnie z powyższą zasadą, aby zbudować model najistotniejsze jest zalgorytmizowanie podstawowych procesów zachodzących w systemie OPK od momentu wykrycia i rozpoznania przeciwnika powietrznego, aż do momentu jego zniszczenia /zaatakowania/. W praktyce procesy te dotyczą przede wszystkim: rozpoznania przeciwnika powietrznego i przekazywania informacji decydom /dowódcom/ na określone stanowisko dowodzenia; podjęcia decyzji przez dowódcę; sprecyzowanie zadania bojowego i postawienie go wykonawcom /dowódcom oddziałów, związków/; wykonanie zadania bojowego - walki z przeciwnikiem powietrznym.

Ogólną koncepcję opracowania algorytmów działania systemu OPK przedstawiono na rys.4.

Po przeanalizowaniu tego problemu przyjęto, że w celu odzwierciedlenia zasad funkcjonowania systemu OPK należy uwzględnić w modelu następujące podstawowe algorytmy:

1. Algorytm działań bojowych przeciwnika powietrznego /model nalotu/.
2. Algorytm procesu rozpoznania.
3. Algorytm dystrybucji informacji rozpoznawczej.
4. Algorytm podejmowania decyzji.
5. Algorytm dystrybucji zadań bojowych.
6. Algorytm realizacji zadań bojowych - walki.
7. Algorytm zobrazowania rezultatów działań bojowych wojsk.

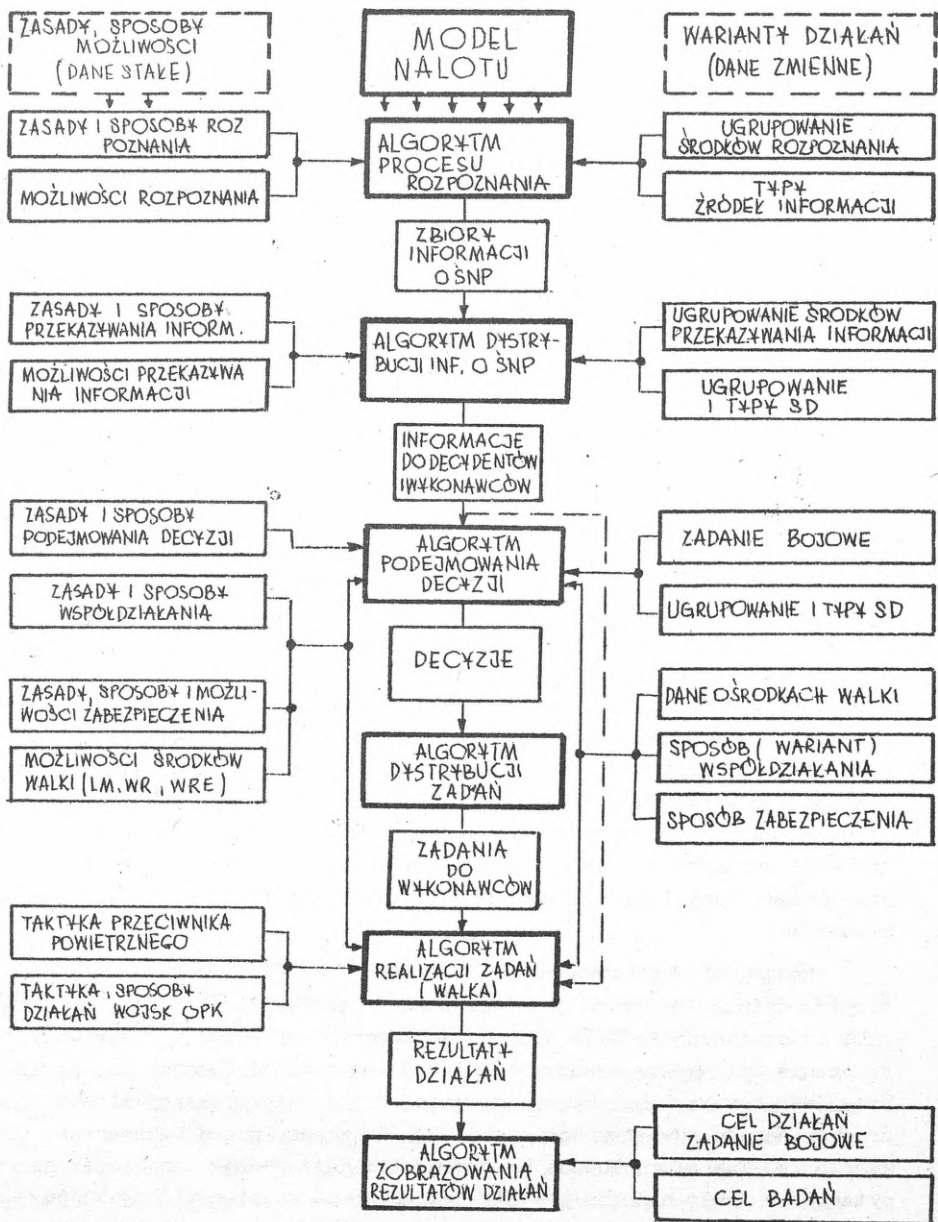
Nie oznacza to oczywiście, aby w każdej sytuacji, w każdym modelu wyodrębniać wszystkie algorytmy. Chodzi głównie o ich uwzględnienie z merytorycznego punktu widzenia.

Dla opracowania tych algorytmów konieczne jest uwzględnienie wielu danych o systemie OPK, które można podzielić na dwie grupy.

Pierwsza grupa to tak zwane dane stałe, które mogą być przechowywane w banku informacji.

Druga grupa to tak zwane dane zmienne, które każdorazowo opracowuje i wprowadza do EMC użytkownik programu obliczeniowego.

Do grupy pierwszej zalicza się przede wszystkim dane o zasadach i sposobach rozpoznania, dowodzenia, współdziałania i zabezpieczenia działań bojowych, taktyce przeciwnika powietrznego i wojsk OPK oraz o możliwościach środków napadu powietrznego i środków obrony. Mogą one, a nawet muszą być zmieniane /uaktualniane/ w miarę rozwoju tak-



Rys.4. Koncepcja opracowania algorytmów działania systemu OPK

tyki i sztuki operacyjnej oraz wyposażenia wojsk w nowy sprzęt bojowy. Mogą także być wprowadzane dodatkowo przez użytkownika w postaci założeń teoretycznych, dotyczących perspektywicznych zasad i sposobów działań bojowych oraz umownych charakterystyk taktyczno-technicznych środków obrony.

Dane zmienne pozwalają natomiast uwzględnić opracowane /założone/ przez użytkownika /badacza/ warianty działań bojowych przeciwnika powietrznego i wojsk OPK. Dotyczą one głównie charakteru zadań bojowych, ugrupowania oraz liczby i typów środków obrony, a także przyjętych w danym wariancie sposobów dowodzenia, współdziałania i zabezpieczenia działań bojowych.

W przedstawionej koncepcji chodzi więc głównie o zalgorytmizowanie podstawowych funkcji systemu OPK zgodnie z zasadami jego działania oraz możliwość symulowania różnych wariantów działań bojowych przeciwnika powietrznego i wojsk OPK.

Kolejnym ważnym problemem jest dobór właściwych kryteriów oceny efektywności działań bojowych sił i środków obrony powietrznej. Obrona powietrzna należy bowiem do tej kategorii działalności, w której potrzeby najczęściej przekraczają możliwości. Istotną więc sprawą jest wybór skutecznego sposobu użycia będących w dyspozycji dowódcy sił i środków. Najczęściej sposób ten jest wymuszony działaniami przeciwnika powietrznego, o którym dowódca nie zawsze posiada wystarczające informacje. Poza tym, ze względu na dynamikę działań, decyzja jest podejmowana w ograniczonym czasie. W takich warunkach należy zdecydować jak użyć posiadane siły i środki, aby dobrze wykonać zadanie bojowe i osiągnąć cel działań. Podjęcie decyzji wiąże się ściśle z dokonywaniem oceny i porównywaniem jej skutków na podstawie określonego kryterium.

Najczęściej stosowanym w praktyce wojsk OPK kryterium oceny wariantów działań bojowych jest oczekiwany rezultat walki, mierzony liczbą zniszczonych środków napadu powietrznego przeciwnika. Warianty te ocenia się według zasady: im więcej tym lepiej. Oznacza to, że lepszy jest ten wariant, który zapewni zniszczenie większej liczby środków napadu powietrznego przed RWZ, to znaczy przed wykonaniem uderzenia. Tak sformułowane kryterium nie daje jednak odpowiedzi na pytanie: w jakim stopniu zostały wykorzystane możliwości bojowe posiadanych sił i środków w konfrontacji z określonym przeciwnikiem

powietrznym, a także jak został zrealizowany cel obrony przy minimalnym zużyciu potencjału bojowego systemu OPK? Celowe jest więc sprecyzowanie takich kryteriów i wskaźników, które umożliwią ocenę stopnia wykorzystania potencjału bojowego. Mamy tu na uwadze potencjalne możliwości bojowe środków walki - lotnictwa myśliwskiego, wojsk rakietowych i walki radioelektronicznej - rozumiane jako oczekiwana liczba zniszczonych środków napadu powietrznego z uwzględnieniem wyłącznie taktyczno-technicznych parametrów tych środków /samolotów, zestawów rakietowych/ przy pełnym zaspokojeniu potrzeb informacyjnych, optymalnym dowodzeniu, współdziałaniu i zabezpieczeniu działań bojowych. Inaczej mówiąc, jest to potencjalny /wzorcowy/ rezultat walki, który można osiągnąć w idealnych warunkach zwalczania środków napadu powietrznego przez środki obrony.

Należy natomiast ocenić, w jakim stopniu rezultat ten jest możliwy do osiągnięcia w sytuacji realnej, a więc z uwzględnieniem realnych możliwości rozpoznania, dowodzenia, współdziałania i zabezpieczenia działań bojowych. W tym celu określamy wartość wskaźnika efektywności działań bojowych /E/, jako iloraz oczekiwanej liczby zniszczonych środków napadu powietrznego X_1 dla danego wariantu użycia posiadanych sił i środków wojsk OPK /dla założonego wariantu nalotu przeciwnika powietrznego/, z uwzględnieniem realiów rozpoznania, dowodzenia, współdziałania i zabezpieczenia, do oczekiwanej liczby zniszczonych środków napadu powietrznego X wynikającej z potencjalnych możliwości bojowych środków obrony, czyli:

$$E = \frac{X_1}{X}$$

Wskaźnik efektywności działań bojowych E jest w tym przypadku utożsamiany ze stopniem wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych środków walki wojsk OPK podczas niszczenia SNP przeciwnika.

Ocena efektywności /stopnia/ wykorzystania posiadanych sił i środków nie może być jednak utożsamiana z oceną skuteczności działania wojsk w systemie OPK. Skuteczność oznacza bowiem zdolność do osiągnięcia założonych celów działania, wykonywania zadań, a jednym z zasadniczych zadań wojsk działających w systemie OPK jest obrona wyznaczonych obiektów. W takim ujęciu skuteczność działania można umownie traktować

jako synonim efektywności obrony obiektów.

Przyjęcie założenia, że efektywność obrony obiektów rośnie wraz ze wzrostem liczby zniszczonych środków napadu powietrznego jest dużym uproszczeniem. Można, na przykład, prognozować liczbę środków napadu powietrznego, które pokonają system OPK na wybranym kierunku i wykonają uderzenia na bronione obiekty. Trudno jednak ustalić jaka będzie skuteczność tych uderzeń, czy obiekt zostanie zniszczony, uszkodzony, obezwładniony.... Nie znając takiego wskaźnika trudno precyzyjnie formułować zadania dla systemu OPK. Jest to szczególnie ważne, w przypadku symulacji działań bojowych z wykorzystaniem komputerów, które "nie potrafią" uwzględniać /rozwiązywać/ zadań niesformalizowanych, nieprecyzyjnych.

Dla ilustracji tego problemu przyjmijmy, że zadanie brzmi "obronić obiekt", co może być rozumiane w sensie "nie dopuścić do uderzenia na obiekt". Z tak sformułowanego zadania wynika, że nie należy dopuścić do zaatakowania danego obiektu przez żaden z samolotów przeciwnika, co praktycznie jest równoznaczne z wykonaniem zadania /obrony obiektu/ z prawdopodobieństwem równym jedności. Załóżmy, że zadanie to wykonuje lotnictwo myśliwskie, a prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego samolotu przeciwnika przez pojedynczy samolot myśliwski wynosi 0,3. Wtedy dla wykonania tak postawionego zadania konieczny jest stosunek sił około 8 : 1 /bo np. $1 - /1 - 0,3/8 \approx 1/$.

Najczęściej w rozwiązywaniu tego problemu stosuje się pewne uproszczenia przyjmując, że efektywność obrony jest to iloraz oczekiwanej liczby zniszczonych środków napadu powietrznego przez siły i środki obrony do liczby środków napadu powietrznego koniecznej do zniszczenia obiektu /np. ustalonej normy poligonowej/.

Można to zapisać za pomocą zależności:

$$E_{ob} = \frac{S_0 - S_1}{S_0}, \quad S_1 \leq S_0$$

gdzie:

- E_{ob} - efektywność obrony obiektów;
- S_0 - liczba środków napadu powietrznego niezbędnych do zniszczenia bronionych obiektów;
- S_1 - liczba środków napadu powietrznego, które pokonały

system OPK i wykonały uderzenia na bronione obiekty.

W przypadku, gdy liczba środków napadu powietrznego, które pokonały system OPK i wykonały uderzenia na bronione obiekty jest większa lub równa liczbie środków napadu powietrznego niezbędnych do zniszczenia tych obiektów $/S_1 \geq S_0/$, to efektywność obrony przyjmujemy jako równą zero $/E_{ob}=0/$.

Jest to oczywiście duże uproszczenie. W praktyce, aby na podstawie modeli matematycznych, z wykorzystaniem symulacji komputerowej, określać efektywność systemu OPK, konieczne jest wypracowanie metod i wskaźników pozwalających w sposób wymierny precyzować zadania tego systemu. Na przykład: "bronąć obiekt z prawdopodobieństwem P_1, P_2, \dots, P_n ; nie dopuścić do obezwładnienia obiektu z prawdopodobieństwem ... itp. W tak sformułowanym zadaniu odzwierciedlamy zarówno zasadniczy cel działań systemu OPK /obrona obiektów/, jak również uwzględniamy jego realne możliwości /prawdopodobieństwo obrony/. Nie oznacza to jednak, aby w określonych sytuacjach nie stosować innych kryteriów formułowania zadań. Na przykład, podczas osłony kierunku powietrznego możemy pozostać przy sformułowaniu: "zniszczyć maksymalną liczbę środków napadu powietrznego".

Pośrednim, pomocniczym wskaźnikiem w ocenie efektywności obrony obiektów jest tak zwany czas krytyczny. Jest to czas, jakim dysponują środki obrony na zniszczenie celu powietrznego przed wykonaniem przez niego zadania. Czas ten często jest określany mianem czasu dolotu i mierzony od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu jego dolotu do rubieży wykonania zadania /RWZ/. Należy więc sprawdzić, czy środki obrony mogą zniszczyć cel powietrzny w nakazanym czasie, to znaczy czy zostanie spełniony następujący warunek

$$T_{kr} \geq T_{RWZ}$$

gdzie:

T_{kr} - czas dolotu celu powietrznego do RWZ;

T_{RWZ} - czas potrzebny /możliwy/ do zniszczenia celu powietrznego przez środki obrony przed RWZ.

Uogólniając tę zależność w odniesieniu do nalotów zmasowanych, w których bierze udział duża liczba celów powietrznych otrzymujemy pewien wskaźnik, który pośrednio obrazuje efektywność obrony obiektów. Możemy to przedstawić w następującej postaci:

$$E'_{ob} = \frac{X_{RWZ}}{X}$$

gdzie:

X_{RWZ} - liczba środków napadu powietrznego zniszczonych przed RWZ;

X - ogólna liczba środków napadu powietrznego.

Możemy również pośrednio /umownie dla celów badawczych/ określać skuteczność działań bojowych wojsk OPK rozumianą jako stopień wykonania zadania bojowego. Pod pojęciem zadania będziemy w tym przypadku rozumieć wykonanie odpowiedniej liczby oddziaływań /ataków grup samolotów, strzelań dywizjonów raketowych/ przez środki obrony zapewniającej zniszczenie wszystkich celów powietrznych z wymaganym /założonym/ prawdopodobieństwem. Przy tym założeniu, za wskaźnik skuteczności działań bojowych /stopień wykonania zadania/ wojsk OPK będziemy uważać iloraz możliwej i potrzebnej liczby oddziaływań środków obrony na cele powietrzne, a jego wartość wyznaczyć można z zależności:

$$E_s = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij} P_{ij}}{\sum_{j=1}^J X_j p_j}$$

gdzie:

$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij} P_{ij}$ - możliwa liczba oddziaływań I środków walki na J SNP z prawdopodobieństwem P_{ij} ;

$\sum_{j=1}^J X_j p_j$ - potrzebna liczba oddziaływań zapewniająca zniszczenie wszystkich celów powietrznych z wymaganym /założonym/ prawdopodobieństwem p_j ;

- $X_{i,j}$ - możliwa liczba oddziaływań i środków walki na j ŚNP;
 X_j - potrzebna liczba oddziaływań na j ŚNP.

Istotny dla dowódcy /badacza/ może być również wskaźnik wykorzystania posiadanych sił i środków w sensie ilościowym, nazywany często współczynnikiem uczestnictwa w odpieraniu nalotu, który możemy zapisać w postaci:

$$E_u = \frac{r}{r_i}, \quad r \ll r_p$$

gdzie:

- E_u - współczynnik uczestnictwa;
 r - ogólna liczba środków obrony /grup samolotów, dywizjonów rakietowych/ biorących udział w odpieraniu nalotu;
 r_i - ogólna liczba środków obrony będących w dyspozycji dowódcy;
 r_p - ogólna liczba środków obrony potrzebna do wykonania zadania.

Zgodnie z przyjętą zasadą, w analizie systemowej należy dokonywać oceny wpływu każdego z elementów /modułów/ systemu OPK na efektywność jego działań bojowych.

Efektywność działań bojowych lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych oceniamy według tych samych wskaźników jak dla całego systemu OPK, ponieważ wykonują one z zasady wspólne zadania /obrona obiektów/ w ścisłym współdziałaniu między sobą. Jest to więc głównie problem takiego zobrazowywania wyników oceny, aby można było wyodrębnić rezultaty działań bojowych każdego z tych rodzajów wojsk. Następnie, oddzielnie dla LM i WR możemy określić wskaźniki: efektywność /stopień/ wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych /E/; wskaźnik pośredniej oceny efektywności obrony obiektów / E'_{ob} /; wskaźnik skuteczności działań bojowych / E_s /; współczynnik uczestnictwa / E_u /.

Jednym z najtrudniejszych problemów jest określenie syntetycznego wskaźnika efektywności działań bojowych jednostek walki radioelektronicznej, a ściślej mówiąc określenie wpływu stosowanych przez nie zakłóceń radioelektronicznych na oczekiwane rezultaty działań bojowych. Jednostki te oddziałują na przeciwnika powietrznego inaczej niż LM i WR, nie niszczą ŚNP w sensie dosłownym, ale obniżają ich możliwości bojowe. Nie można więc mierzyć efektywności działań bojowych jednostek WRE na podstawie oczekiwanej liczby zniszczonych ŚNP.

W dotychczasowych rozwiązaniach możliwości bojowe jednostek walki radioelektronicznej mierzy się głównie dwoma wskaźnikami: zasięgiem zakłóceń oraz liczbą jednocześnie zakłócanych pokładowych celowników radiolokacyjnych /lub innych urządzeń/ samolotów przeciwnika. Wskaźniki te pośrednio charakteryzują skuteczność walki radioelektronicznej, ale niejako w oderwaniu od innych rodzajów wojsk. Trudno natomiast ocenić w sposób wymierny, jaki będzie wpływ stosowania zakłóceń radioelektronicznych na rezultaty działań bojowych w skali całego systemu OPK. Jest to jeden z problemów podjętych w ramach wspomnianych już prac badawczych w ASG WP, dotyczących modelowania walk, bitew i operacji.

Z tego względu autor uznał za stosowne, aby zasygnalizować ten problem i uzupełnić badania po jego szczegółowym rozwiązaniu. Natomiast na obecnym etapie badań, dla celów metodycznych, można jedynie w sposób parametryczny uwzględniać wpływ zakłóceń radioelektronicznych na oczekiwane rezultaty działań bojowych wojsk OPK w postaci umownie /teoretycznie/ przyjmowanych współczynników.

Natomiast pozostałymi elementami oceny będą wskaźniki efektywności rozpoznania, dowodzenia i współdziałania, obrazujące wpływ każdego z tych elementów na stopień wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych środków walki.

Wskaźniki efektywności rozpoznania E_r i dowodzenia E_d określimy jako następujące zależności:

$$E_r = \frac{X_r}{X}$$

$$E_d = \frac{X_d}{X}$$

gdzie:

X_r - oczekiwana liczba zniszczonych środków napadu powietrznego, z uwzględnieniem realnych możliwości systemu rozpoznania, przy założeniu optymalnego dowodzenia;

X_d - oczekiwana liczba zniszczonych środków napadu powietrznego, z uwzględnieniem realnych możliwości systemu dowodzenia, przy założeniu pełnego zaspokojenia potrzeb informacyjnych;

X - oczekiwana liczba zniszczonych środków napadu powietrznego, z uwzględnieniem wyłącznie potencjalnych możliwości bojowych środków walki, przy założeniu pełnego zaspokojenia potrzeb informacyjnych i optymalnym dowodzeniu.

Jest sprawą oczywistą, że problemy rozpoznania i dowodzenia cechuje ścisła współzależność, a ich oddzielne rozpatrywanie ma na celu szczegółowe przeanalizowanie wpływu każdego z tych elementów systemu na oczekiwane rezultaty działań bojowych.

Można również dokonać uogólnienia i określić jeden wskaźnik efektywności dowodzenia i rozpoznania E_{rd} , a mianowicie:

$$E_{rd} = \frac{X_{rd}}{X}$$

gdzie:

X_{rd} - oczekiwana liczba zniszczonych środków napadu powietrznego, z uwzględnieniem możliwości systemów rozpoznania i dowodzenia.

Jednym z problemów szczegółowych, ale bardzo ważnych, może być ocena efektywności zautomatyzowanych systemów dowodzenia. Jako urządzenia techniczne systemy te mają określone /znane użytkownikom/ możliwości. Wiemy również, że ich wykorzystanie jest zależne od wielu czynników, a głównie od warunków działań bojowych - na przykład wysokości lotu celów powietrznych, liczby celów powietrznych, liczby celów powietrznych i stosowania zakłóceń radioelektronicznych przez przeciwnika. Wynika to, między innymi, z faktu, że podstawowym źródłem informacji o przeciwniku dla tych systemów są środki radiolokacyjne, które mają ograniczone możliwości pod względem zasięgu rozpoznania i odporności na zakłócenia. Należy również podkreślić, że są to w zasadzie systemy zbierania, przetwarzania i zobrazowywania informacji^{6/}. Ich podstawową zaletą jest krótki czas przetwarzania dużej liczby tych informacji. Natomiast w znacznie mniejszym stopniu, szczególnie na szczeblach operacyjnych, umożliwiają uzyskiwanie danych o możliwościach bojowych, oczekiwanych rezultatach działań i dokonywanie innych kalkulacji /ocen/ niezbędnych dla podejmowania decyzji. Można

6/ Z informacji uzyskanej w WAT wynika, że w kolejnej wersji zautomatyzowanego systemu dowodzenia CYBER będzie można uzyskiwać informacje o możliwościach bojowych LM i WR, ale nie będą to informacje o charakterze operacyjnym.

więc przyjąć, że zautomatyzowane systemy dowodzenia ułatwiają podejmowanie decyzji dzięki szybkiemu przetwarzaniu dużej liczby informacji, ale stanowią jedynie jeden z elementów systemu dowodzenia wojskami OPK. W systemie tym w dalszym ciągu decydującą rolę spełnia człowiek /dowódca/ wyposażony w odpowiednią wiedzę operacyjno-taktyczną, znający zasady i kryteria podejmowania decyzji. Właśnie dowódca i sztab, ich umiejętności, decydują w głównej mierze o efektywności dowodzenia. Wydaje się więc, że główną formą prowadzenia badań nad systemem dowodzenia wojskami OPK mogą być gry decyzyjne, a podstawową miarą poprawności decyzji i efektywności dowodzenia powinny być zawsze oczekiwane rezultaty działań bojowych. W ramach gier decyzyjnych prowadzonych bezpośrednio na SD, można również zbadać wpływ zautomatyzowanych systemów dowodzenia na efektywność działań bojowych w zależności od sposobu ich wykorzystania, warunków działań i wyszkolenia zmian bojowych.

Oddzielny problem stanowi ocena efektywności współdziałania lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych. Zgodnie z instrukcją, jednym z zasadniczych celów współdziałania jest maksymalne wykorzystanie możliwości i właściwości bojowych współdziałających wojsk. Wiadomo, że w praktyce pełne osiągnięcie powyższego celu nie zawsze jest możliwe, ponieważ stosowane zasady i sposoby współdziałania powodują pewne ograniczenia swobody działania LM i WR w czasie i przestrzeni. Należy więc określić, w jakim stopniu możliwości te są wykorzystane przy zastosowaniu różnych sposobów i wariantów^{7/} współdziałania. Przy takim założeniu za wskaźnik efektywności współdziałania E_W można przyjąć stosunek oczekiwanej liczby zniszczonych środków napadu powietrznego dla założonego /opracowanego przez sztab/ wariantu współdziałania X_W do liczby zniszczonych środków napadu powietrznego w optymalnych warunkach współdziałania X , to znaczy, kiedy lotnictwo myśliwskie i wojska raketowe działają bez ograniczeń i w pełni wykorzystują swoje możliwości bojowe, czyli:

$$E_W = \frac{X_W}{X}$$

^{7/} Pod pojęciem wariantu współdziałania należy rozumieć jednoczesne stosowanie /łączenie/ dwóch lub więcej sposobów współdziałania.

Na podobnych zasadach można określić wskaźnik efektywności zabezpieczenia działań bojowych. Wskaźnik ten powinien umożliwiać ocenę wpływu zabezpieczenia na stopień wykorzystania potencjalnych możliwości środków walki - lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych i jednostek walki radioelektronicznej. W tym aspekcie interesuje nas głównie rytmiczność dostarczania środków rażenia i środków materiałowych w czasie walki /odpierania nalotu ŚNP/, zgodnie z potrzebami środków obrony /samolotów myśliwskich, dywizjonów raketowych/, a także czas odtwarzania ich gotowości bojowej.

Przy takim założeniu za wskaźnik efektywności zabezpieczenia E_Z można przyjąć stosunek oczekiwanej liczby zniszczonych środków napadu powietrznego dla założonego wariantu zabezpieczenia X_Z do oczekiwanej liczby zniszczonych ŚNP z uwzględnieniem potencjalnych możliwości bojowych środków walki X , czyli:

$$E_Z = \frac{X_Z}{X}$$

Podsumowując rozważania dotyczące kryteriów i wskaźników oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK można sformułować następujące wnioski:

1. Podstawowym kryterium oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK jest oczekiwany rezultat działań bojowych, mierzony oczekiwaną liczbą zniszczonych najważniejszych środków napadu powietrznego, w interesie obrony najważniejszych obiektów.

Jest to również główne kryterium oceny i wyboru wariantów działań bojowych.

2. Zasadniczym wskaźnikiem oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK jest wskaźnik charakteryzujący stopień wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych środków walki - lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych.

3. Z kolei podstawowymi wskaźnikami efektywności rozpoznania, dowodzenia i współdziałania są wskaźniki charakteryzujące ich wpływ na stopień wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych środków walki.

Są to więc trzy podstawowe grupy wskaźników, które obrazują

efektywność systemu OPK z uwzględnieniem jego głównych elementów /modułów/. Mogą one być stosowane, z racji dużego stopnia uogólnienia, w planowaniu działań bojowych oraz badaniach dotyczących szczebla operacyjnego i operacyjno-taktycznego wojsk OPK. W mniejszym natomiast stopniu na szczeblach taktycznych.

1.5. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA /WYMAGANIA/ BUDOWY MODELU DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK

Zgodnie z przedstawionymi założeniami operacyjno-taktycznymi oraz celami badawczymi, przed modelem działań bojowych stawia się określone wymagania. W świetle tych założeń model taki powinien:

1. Umożliwiać symulację działań bojowych wszystkich rodzajów wojsk działających w systemie OPK.
2. Mieć charakter uniwersalny.
3. Mieć charakter konwersacyjny.
4. Umożliwiać kompleksową, wielopłaszczyznową analizę oraz ocenę efektywności działań bojowych wojsk w systemie OPK, z uwzględnieniem celów i zadań systemu jako całości, a także poszczególnych jego elementów.

Pierwsze założenie wynika z faktu, że we współczesnych systemach OPK prowadzą działania bojowe różne rodzaje wojsk, a nawet sił zbrojnych /np. operacyjnie podporządkowane jednostki Wojsk Lotniczych Frontu i jednostki OPL/, które są wykorzystywane w myśl jednolitych celów, zadań i zasad. Każdy z tych rodzajów wojsk posiada jednak określone właściwości i możliwości bojowe, których wykorzystanie jest jednym z podstawowych czynników decydujących o powodzeniu w walce z przeciwnikiem powietrznym. Głównymi czynnikami integrującymi działania różnych rodzajów wojsk w systemie OPK są wspólne cele i zadania bojowe oraz jednolity system dowodzenia i współdziałania. Uwzględnienie w modelu wszystkich rodzajów wojsk i sił zbrojnych prowadzących działania w systemie OPK jest oczywiście wymaganiem bardzo wysokim^{8/}. Jego spełnienie wymaga zaangażowania większego interdyscyplinarnego zespołu badawczego, składającego się ze specjalistów różnych dziedzin,

8/ Wymaganie takie, między innymi, postawiono przed zespołem opracowującym KMS "ZENIT".

w tym Wojsk Lotniczych Frontu i OPL. Dlatego też dla celów badawczych, w modelu uwzględnia się: podstawowe rodzaje wojsk OPK - lotnictwo myśliwskie i wojska raketowe; podstawowe siły i środki systemu rozpoznania wojsk OPK; podstawowe siły i środki dowodzenia w jednolitym systemie OPK.

Są to podstawowe, a zarazem najbardziej charakterystyczne siły i środki występujące i prowadzące działania bojowe w systemie OPK. Jeżeli więc uda się uwzględnić je w modelu, to stosunkowo łatwo będzie można go rozbudowywać i doskonalić. Tym bardziej, że jednostki operacyjnie podporządkowane /z zasady okresowo/ prowadzą działania bojowe w myśl zasad obowiązujących dla systemu OPK.

Ogólną koncepcję walki różnych rodzajów wojsk w systemie OPK przedstawiono na rys.5. Jest to jednocześnie tło operacyjno-taktyczne do opracowania modelu.

Uniwersalność modelu ma zapewnić możliwość symulowania działań bojowych wojsk w systemie OPK o różnym, dowolnym składzie organizacyjnym i dla różnych szczebli dowodzenia. Zakłada się jednak, że będzie on przeznaczony głównie dla szczebla operacyjnego i operacyjno-taktycznego, w mniejszym stopniu natomiast dla szczebla taktycznego. Zależy to oczywiście od tego, w jakim stopniu, jak szczegółowo zostaną rozwiązane i opracowane w trakcie badań problemy taktyczne poszczególnych rodzajów wojsk. W praktyce chodzi o rozbudowę modułów systemu.

Konwersacyjność modelu wynika z założonego sposobu jego wykorzystania dla celów dydaktycznych. Chodzi głównie o to, aby użytkownik /wykładowca, słuchacz/ mógł aktywnie uczestniczyć w procesie symulacji działań bojowych i wpływać na jej przebieg. W dotychczasowych rozwiązaniach rola użytkownika najczęściej ogranicza się do jednorazowego opracowania danych początkowych i analizy końcowych wyników obliczeń - wskaźników liczbowych. Należy więc tak opracować model i zasady jego wykorzystania, aby można było uzyskiwać wyniki częściowe i na ich podstawie oceniać i zmieniać swoje decyzje i wprowadzać korekty do wariantów działań bojowych. Inaczej mówiąc, aby można było śledzić symulowany proces walki i wpływać na jej przebieg. Ma to szczególne znaczenie w grach decyzyjnych prowadzonych dla celów dydaktycznych, ale również w procesie badań naukowych. Jest to jednak problem nie tylko samej konstrukcji modelu, a przede wszystkim możliwości /jakości/ środków technicznych, infrastruktury elektronicznych maszyn cyfrowych /alfaskopów, monitorów itp./ umożliwiającej odwzorowywanie

procesu walki w czasie i przestrzeni^{9/}.

Wreszcie kolejne wymaganie, dotyczące możliwości kompleksowych i wielopłaszczyznowych analiz, wynika zarówno ze złożoności systemu OPK, jak i podstawowych cech badań systemowych. Należy więc przede wszystkim brać pod uwagę sformułowane w założeniach operacyjno-taktycznych cel, zasady funkcjonowania i strukturę systemu OPK, wyodrębnić podstawowe jego elementy i pokazać zależności między nimi, a także umożliwić określanie /obliczanie/ i zobrazowywanie przyjętych wskaźników efektywności systemu.

Z punktu widzenia wykorzystania i przydatności metod badawczych z zastosowaniem elektronicznej techniki obliczeniowej przez sztaby wojsk OPK, w tym również symulacji komputerowej, spotykamy się z regułą z dwoma podstawowymi, teoretycznie i praktycznie sprzecznymi wymaganiami, a mianowicie:

a. Zastosowana metoda i program obliczeniowy /np. symulacyjny/ powinny być tak opracowane, aby uwzględniały krótki czas, jakim dysponują sztaby i wojska OPK na planowanie i prowadzenie działań bojowych.

b. Zastosowana metoda i program obliczeniowy powinny umożliwiać względnie pełne odzwierciedlenie złożoności procesu walki, a w tym działalność człowieka-dowódcy.

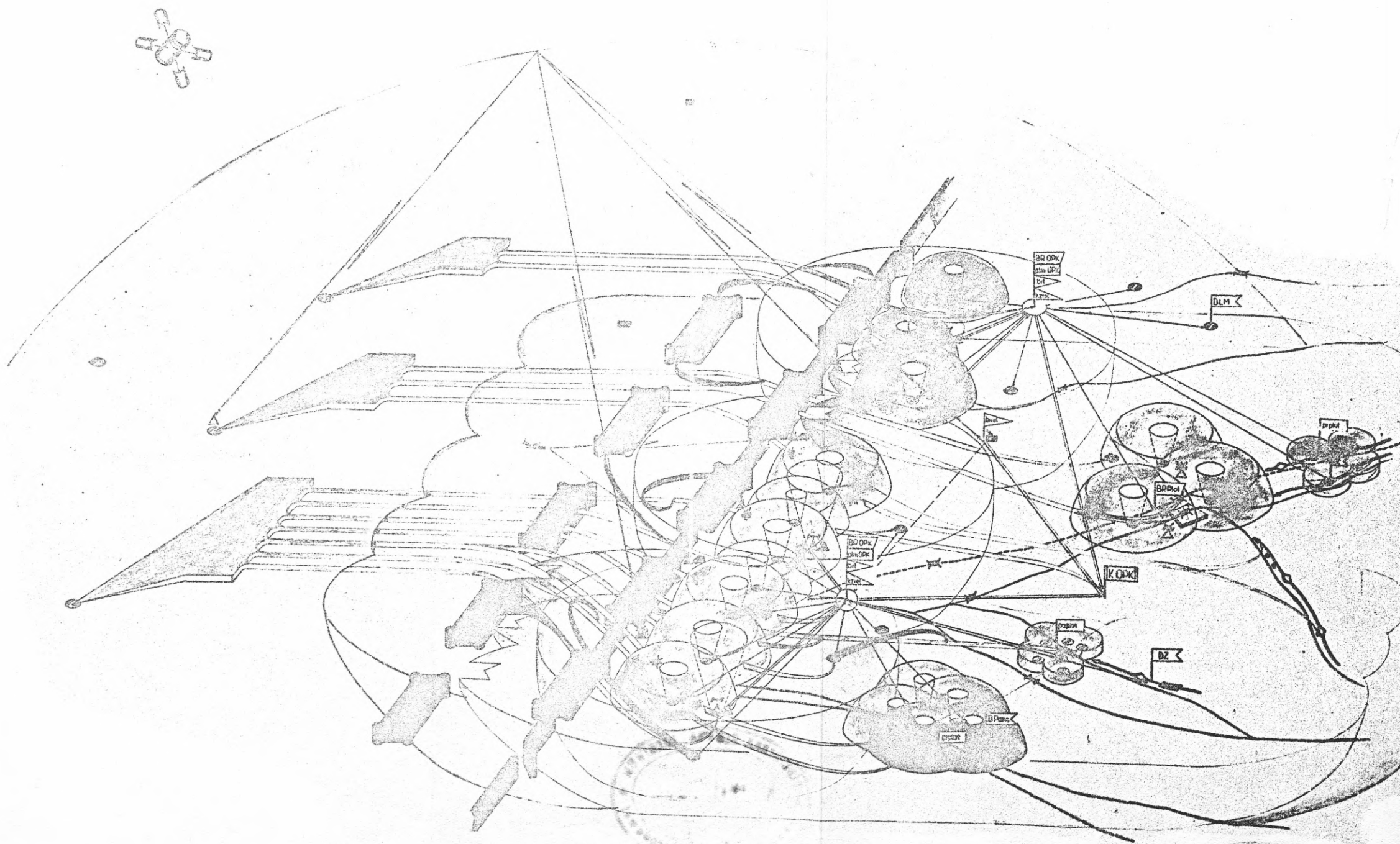
Są to wymagania, które należy uwzględnić już w etapie budowy modelu.

Inaczej mówiąc, zastosowana metoda powinna umożliwiać otrzymywanie rezultatów /wyników obliczeń/ maksymalnie zbliżonych do rzeczywistości. Wiąże się to z koniecznością uwzględniania wielu różnorodnych czynników i zależności charakteryzujących proces działań bojowych wojsk w systemie OPK.

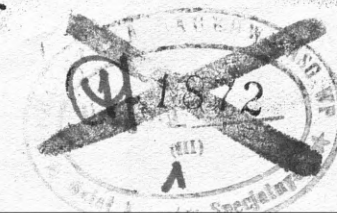
Zasadnicza więc sprzeczność występuje między dokładnością obliczeń /liczba i złożoność uwzględnianych czynników/, a czasem ich wykonania. Każde bowiem zwiększenie liczby i złożoności rozpatrywanych czynników wiąże się z wydłużeniem czasu opracowywania danych wyjściowych, czasu obliczeń, a tym samym późniejszym udostępnianiem wyników

9/

Oczekuje się, że w najbliższym czasie w ASG WP spełnienie tych założeń umożliwi EMC "IRYS". Mając do dyspozycji EMC ODRA-1305 nie postawiono sobie aż tak wysokich wymagań.



Rys. 5. Idea prowadzenia walki w systemie OP



obliczeń użytkownikowi. Natomiast skrócenie czasu obliczeń z zasady związane jest z koniecznością dokonywania uogólnień i uproszczeń^{10/}. Im więcej takich uproszczeń, tym bardziej wyniki obliczeń będą odbiegać od rzeczywistości. Posługiwanie się rozwiązaniami uproszczonymi może służyć jedynie do porównywania różnych wariantów użycia posiadanych sił i środków według przyjętego kryterium, nie umożliwia jednak głębszej ich analizy i oceny. Natomiast rozwiązania bardziej czasochłonne, ale szczegółowe, mogą być wykorzystywane do wszechstronnej analizy każdego z rozpatrywanych wariantów działań bojowych, a tym samym do poszukiwania sposobów ich doskonalenia.

W ostatnim okresie wymagania zacierają głównie w kierunku uproszczenia metod badawczych i programów na EMC z punktu widzenia wspomnianego już czasu, jakim sztaby dysponują na planowanie działań bojowych. Jest to oczywiście słuszne i uzasadnione. Należy jednak uwzględnić fakt, że sztaby opracowują i analizują warianty działań bojowych nie tylko wtedy, kiedy wojska /związki operacyjne, operacyjno-taktyczne/ otrzymują nowe zadania bojowe. Powinien to być proces ciągły, polegający na systematycznym analizowaniu i doskonaleniu sposobów użycia posiadanych sił i środków, z uwzględnieniem zmian w przewidywanej taktyce działań przeciwnika powietrznego.

Rozwiązanie sprzeczności między czasem i dokładnością dokonywania analiz i ocen efektywności wykorzystania posiadanych sił i środków OP powinno zmierzać w dwóch kierunkach.

Po pierwsze, celowe wydaje się opracowywanie dwóch metod badawczych /dwóch wariantów metody/, z których jedna powinna uwzględniać przede wszystkim czas, jakim dysponują dowódcy i wojska na podejmowanie decyzji i prowadzenie walki. Natomiast druga powinna być przystosowana do potrzeb ciągłej i wszechstronnej analizy oraz doskonalenia wariantów i sposobów użycia posiadanych oraz perspektywicznych środków walki.

Po drugie, należy systematycznie opracowywać i wprowadzać dane do EMC, aby w przypadku konieczności wykorzystania programu obliczeniowego ograniczyć się do ich uzupełnienia. Inaczej mówiąc, należy tworzyć banki informacji, które pozwolą skrócić czas opracowywania danych wejściowych przez użytkownika oraz uzyskiwania wyników obliczeń.

^{10/} Nie bierzemy w tym przypadku pod uwagę zróżnicowanych możliwości EMC.

Spełnienie tych dwóch wymagań przyjęto jako jedno z założeń proponowanej metody oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.

1.6. PROCEDURA OCENY EFEKTYWNOŚCI DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK /KOLEJNOŚĆ I SPOSÓB POSTĘPOWANIA/

Przyjmując za podstawę przedstawione założenia teoretyczne, ustalono następującą kolejność i sposób postępowania /wariant podstawowy/ w procesie oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK /patrz rys.6/.

1. Sztab /zespół badawczy/ opracowuje model /modele/ nalotu środków napadu powietrznego oraz warianty użycia posiadanych sił i środków OP /warianty działań bojowych/.

2. Oblicza się oczekiwaną liczbę zniszczonych środków napadu powietrznego dla każdego z rozpatrywanych wariantów działań bojowych względem każdego modelu nalotu:

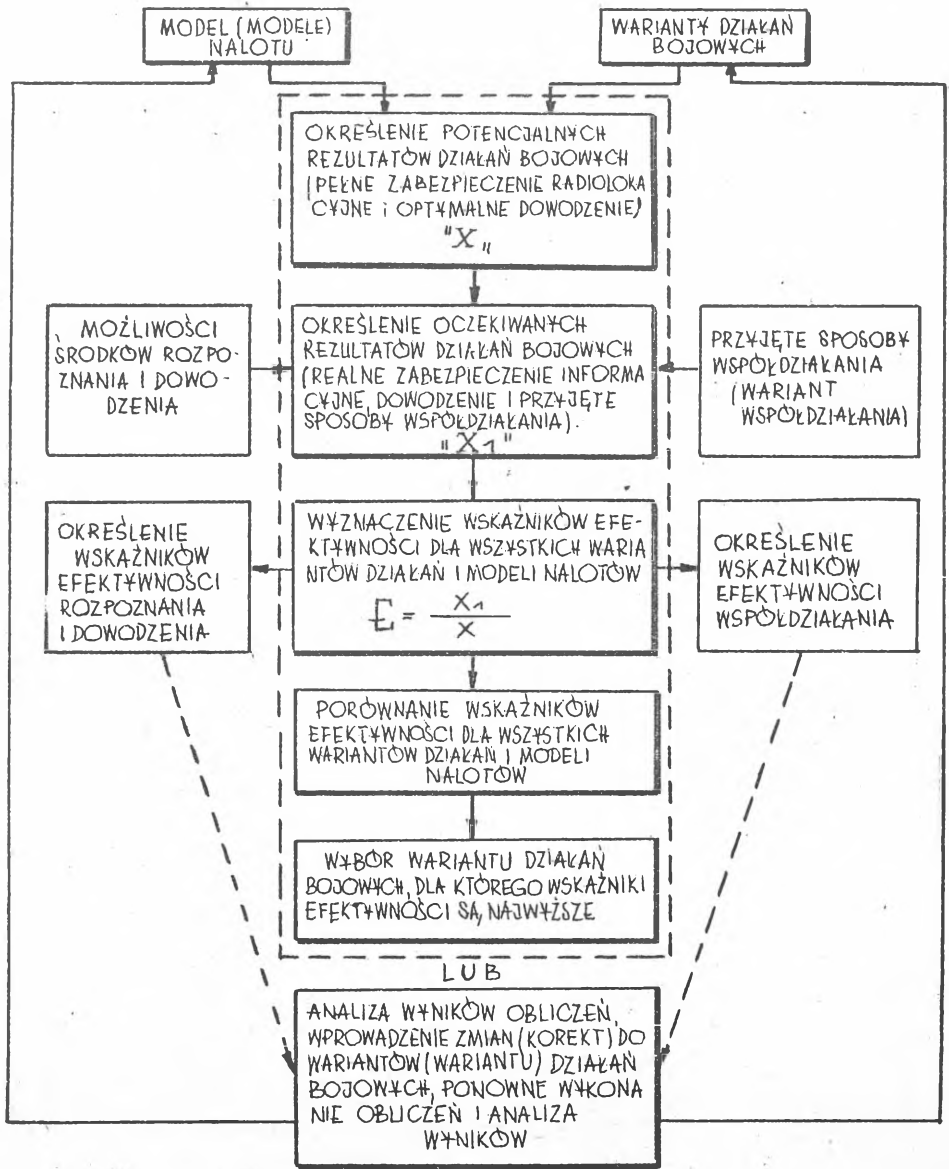
a/ z uwzględnieniem wyłącznie potencjalnych możliwości bojowych środków walki - LM i WR, przy założeniu pełnego zaspokojenia potrzeb informacyjnych i optymalnym dowodzeniu;

b/ z uwzględnieniem realiów rozpoznania, dowodzenia i przyjętych sposobów /wariantu/ współdziałania, a w tym również zakłóceń radioelektronicznych.

3. Wyznacza się wskaźniki efektywności wykorzystania posiadanych sił i środków dla każdego z rozpatrywanych wariantów działań bojowych względem każdego modelu nalotu.

4. Wybiera się wariant działań bojowych, dla którego średnia wartość wskaźników efektywności względem różnych wariantów nalotów środków napadu powietrznego ma najwyższą wartość.

Jest to podstawowa kolejność postępowania z punktu widzenia wyznaczania /obliczania/ wskaźników efektywności działań bojowych wojsk OPK. Jak zwykle w tego typu rozwiązaniach istotne znaczenie dla użytkownika ma sposób zobrazowania wyników obliczeń, którego ogólną ideę przedstawiono na rys.7 w postaci tablicy wynikowej rezultatów działań bojowych.



Rys. 6. Ocena efektywności działań bojowych wojsk OPK /kolejność postępowania/

Opólny algorytm oceny efektywności działań bojowych

		C_1	C_2	...	C_j	...	C_j	
		P_1	P_2	...	P_j	...	P_j	$\sum_{j=1}^j P_j$
S_1	r_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1j}	...	X_{1j}	$\sum_{j=1}^j X_{1j}$
S_2	r_2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2j}	...	X_{2j}	$\sum_{j=1}^j X_{2j}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots
S_i	r_i	X_{i1}	X_{i2}	...	X_{ij}	...	X_{ij}	$\sum_{j=1}^j X_{ij}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots
S_I	r_I	X_{I1}	X_{I2}	...	X_{Ij}	...	X_{Ij}	$\sum_{j=1}^j X_{Ij}$
	$\sum_{i=1}^I r_i$	$\sum_{i=1}^I X_{i1}$	$\sum_{i=1}^I X_{i2}$...	$\sum_{i=1}^I X_{ij}$		$\sum_{i=1}^I X_{ij}$	$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^j X_{ij}$

Rys.7. Wynikowa tablica rezultatów działań bojowych wojsk OPK

Poszczególne elementy tablicy wynikowej oznaczają:

- S_i - numer taktyczny środka walki /np.dywizjonu rakietowego, lotniska, strefy dyżurowania samolotów myśliwskich/;
- r_i - potencjalne możliwości oddziaływania na cele powietrzne środka walki o numerze S_i /np.liczba grup samolotów myśliwskich, które mogą być wykorzystane w walce; liczba strzełań dywizjonu rakietowego/;
- C_j - numer taktyczny celu powietrznego /np. 3010/;
- P_j - potrzebna liczba oddziaływań środków walki, zapewniająca zniszczenie celu powietrznego o numerze C_j z założonym /wymaganym/ prawdopodobieństwem;
- X_{ij} - możliwa liczba oddziaływań środka walki o numerze S_i na cel powietrzny o numerze C_j ;

$\sum_{j=1}^J X_{ij}$ - ogólna /możliwa/ liczba oddziaływań środka walki o numerze S_i na wszystkie cele powietrzne;

$\sum_{i=1}^I X_{ij}$ - ogólna liczba oddziaływań środków walki na cel powietrzny o numerze C_j ;

$\sum_{j=1}^J P_j$ - wymagana /potrzebna/ liczba oddziaływań środków walki, zapewniająca zniszczenie wszystkich celów powietrznych z założonym /wymaganym/ prawdopodobieństwem;

$\sum_{i=1}^I r_i$ - potencjalne możliwości oddziaływania na cele powietrzne wynikające z liczby środków walki biorących udział w odpieraniu nalotu /grupy samolotów myśliwskich, dywizjony rakietowe/;

$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij}$ - sumaryczne możliwości oddziaływania środków walki rozpatrywanego ugrupowania bojowego na przyjęty wariant nalotu środków napadu powietrznego /oczekiwany rezultat działań bojowych/.

Zgodnie z przyjętymi założeniami zakłada się dwa zasadnicze sposoby wykorzystania proponowanej metody oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK - uproszczony i pełny /dokładny/.

W sposobie uproszczonym uwzględnia się krótki czas, jakim dysponuje dowódca i sztab na wypracowanie decyzji. W tej sytuacji dokonuje się oceny wariantów działań bojowych i wybór jednego z nich na podstawie oczekiwanego rezultatu działań bojowych $/X_1/$. Natomiast nie określa się i nie analizuje wskaźników efektywności współdziałania, rozpoznania i dowodzenia. Możemy przy tym wyróżnić trzy zasadnicze przypadki:

a. Ocena kilku wariantów działań bojowych wojsk OPK w odniesieniu do jednego modelu nalotu /rys.8a/.

b. Ocena kilku modeli nalotu w odniesieniu do jednego wariantu działań bojowych wojsk OPK /rys.8b/.

Jest to zadanie wykonywane w ramach oceny przeciwnika powietrznego, w której, między innymi, poszukuje się najtrudniejszego /najbardziej prawdopodobnego/wariantu nalotu środków napadu powietrznego.

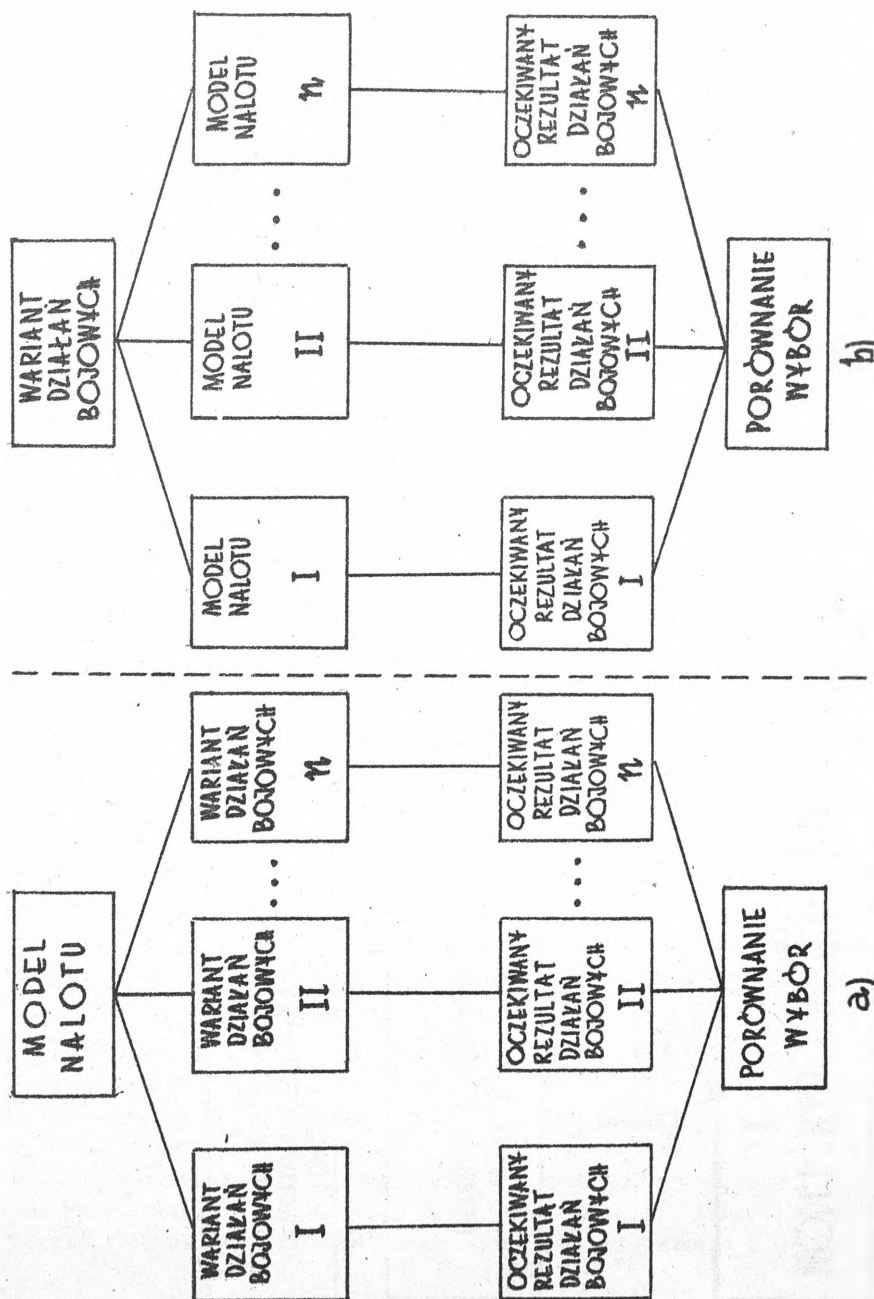
c. Ocena kilku wariantów działań bojowych wojsk OPK w odniesieniu do kilku modeli nalotów /rys.9/.

W tej sytuacji wybieramy najlepszy wariant, to znaczy taki, dla którego średni oczekiwany rezultat działań bojowych względem wszystkich modeli nalotu jest najwyższy.

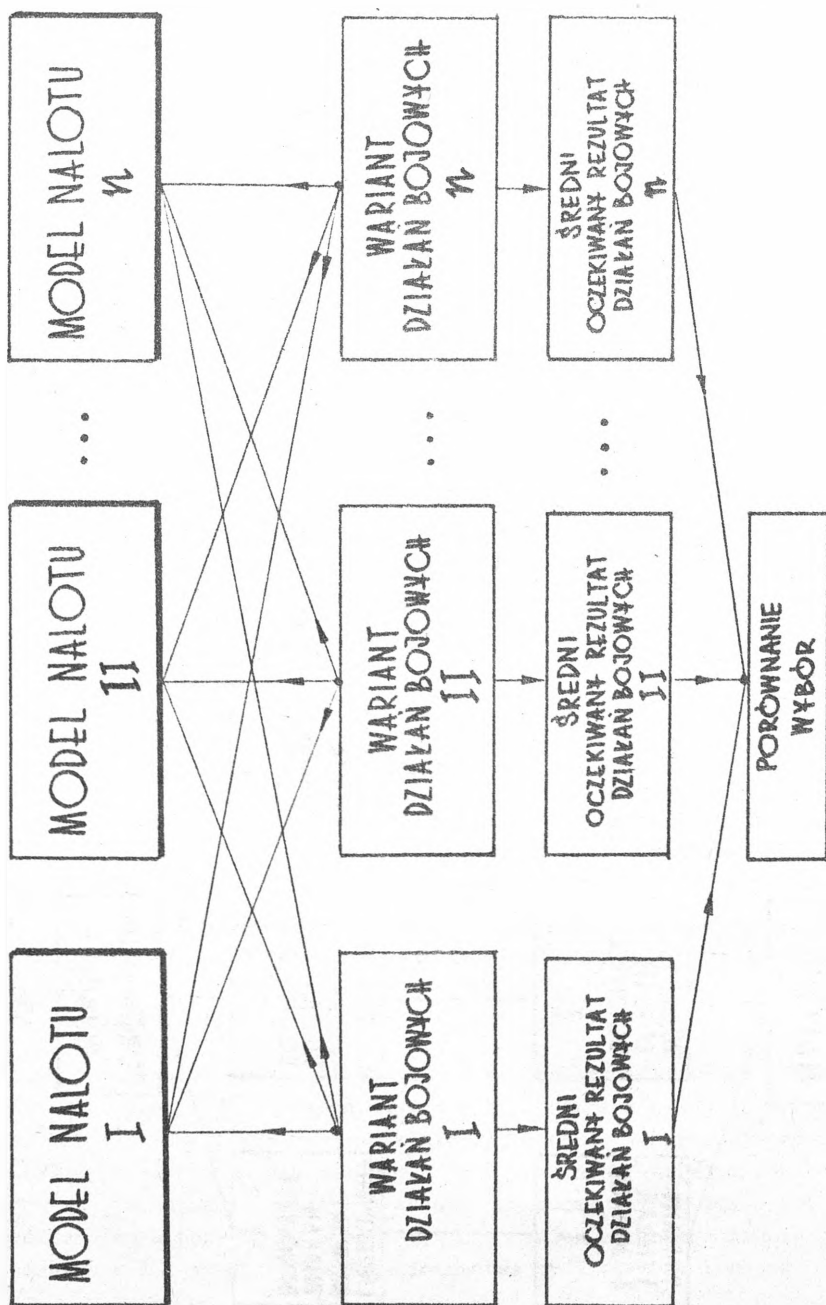
Postępując analogicznie, możemy wybrać najtrudniejszy wariant /model/ nalotu SNEP, to znaczy taki, dla którego oczekiwane rezultaty działań bojowych wojsk OPK są najniższe.

• Mówiąc o "najlepszym" wariantcie działań bojowych bierzemy oczywiście pod uwagę przyjęte kryterium oceny i wyboru. Jak już wspomnieliśmy wcześniej jest to tylko jeden ze wskaźników ułatwiających podejmowanie decyzji /wybór/, która zawsze należy do dowódcy.

Drugi sposób oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK /dokładny/ wymaga dodatkowych danych oraz dłuższego czasu na wykonanie obliczeń. Umożliwia on jednak nie tylko porównywanie, ale również dokładne przeanalizowanie każdego z rozpatrywanych wariantów działań bojowych. Dokonywanie zmian w sposobach rozpoznania, dowodzenia i współdziałania pozwoli na wypracowywanie takich wariantów użycia posiadanych sił i środków, głównie lotnictwa myśliwskiego i wojsk



Rys. 8. Wybór najlepszego wariantu działań bojowych /a/ i najtrudniejszego wariantu nalotu /b/



Rys.9. Wybór najlepszego wariantu działań bojowych wojsk OPK

rakietowych, w których przyjęty wskaźnik efektywności osiąga wartość maksymalną. Dokonując zmian w rozpatrywanych wariantach działań bojowych należy oczywiście powtórnie wykonać obliczenia i przeprowadzić analizę wskaźników efektywności.

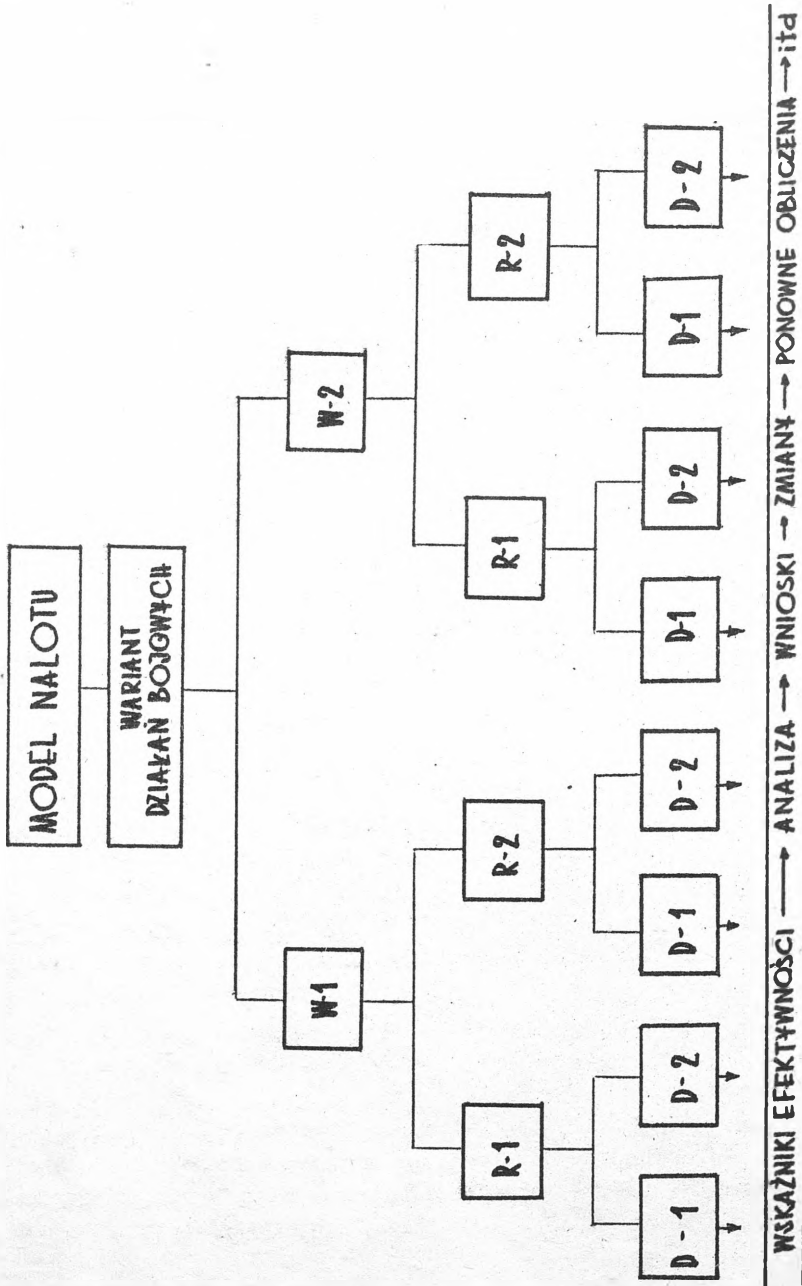
Jest to sposób oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK możliwy do zastosowania, kiedy sztab dysponuje odpowiednim czasem na ich planowanie. Przede wszystkim jest on przeznaczony dla sztabów i zespołów naukowych, jako narzędzie badawcze, w celu przeprowadzania dokładnych analiz i dokonywania ocen będących podstawą doskonalenia systemu OPK. Może być również stosowany w grach decyzyjnych.

Podstawowy sposób pełnej oceny jednego wariantu działań bojowych przedstawiono na rys.10.

Pod pojęciem wariantu działań bojowych należy rozumieć przyjęte dla odparcia danego nalotu SNP sposoby użycia lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych oraz sposoby /warianty/ współdziałania tych rodzajów wojsk. Są to bowiem główne elementy walki. Natomiast rozpoznanie i dowodzenie potraktowano jak elementy zabezpieczające racjonalne wykorzystanie potencjału bojowego LM i WR, a także efektywne ich współdziałanie. Z tego względu sposób postępowania przedstawiony na rys.9 uznano za podstawowy. Teoretycznie liczba rozpatrywanych wariantów działań bojowych, a w tym sposobów współdziałania, rozpoznania i dowodzenia może być dowolna.

Sposób postępowania /kolejność/ możemy również zmieniać w zależności od celu i obiektu badań, którym może być jeden z elementów /modułów/ systemu OPK. Jeżeli, na przykład, obiektem badań jest współdziałanie, to wariant współdziałania stawiamy na pierwszym miejscu /zamiast wariantu działań bojowych/ i badamy wpływ pozostałych elementów systemu /sposobów działań bojowych LM i WR, sposobów rozpoznania i dowodzenia/ na jego efektywność. Podobnie postępujemy w odniesieniu do rozpoznania i dowodzenia.

Bardzo ważne znaczenie może mieć zastosowanie proponowanej metody badawczej dla oceny /prognozowania/ wpływu zmian w uzbrojeniu i wyposażeniu wojsk OPK na efektywność ich działań bojowych. Dotyczy to zwłaszcza nowych i perspektywicznych typów zestawów rakietowych, samolotów myśliwskich, zautomatyzowanych systemów dowodzenia i środków rozpoznania. Z reguły znamy podstawowe parametry taktyczno-techniczne tych środków. Należy jednak badać ich przydatność z punktu



Rys.10. Sposób pełnej /dokładnej/ oceny wariantu działań bojowych wojsk OPK

widzenia funkcjonowania całego systemu, a także ich wpływu na oczekiwane rezultaty działań bojowych. Chodzi również o to, aby wypracować teoretyczne zasady i sposoby wykorzystania tych środków, zanim zostaną wprowadzone do uzbrojenia wojsk OPK.

Dokonując oceny nowych lub perspektywicznych środków obrony, możemy spotkać się z dwoma podstawowymi przypadkami /zadaniami oceny/. Pierwszy dotyczy sytuacji, kiedy należy dokonać wyboru jednego z dwóch /lub więcej/ środków obrony. Drugi natomiast polega na tym, że wybór został już dokonany, a naszym zadaniem jest dokładnie przeanalizować wpływ nowego środka obrony na efektywność działań bojowych wojsk OPK.

Sposób postępowania /wariant/ dotyczący oceny i wyboru nowego środka obrony, na przykładzie zestawów rakietowych, przedstawiono na rys. 11.

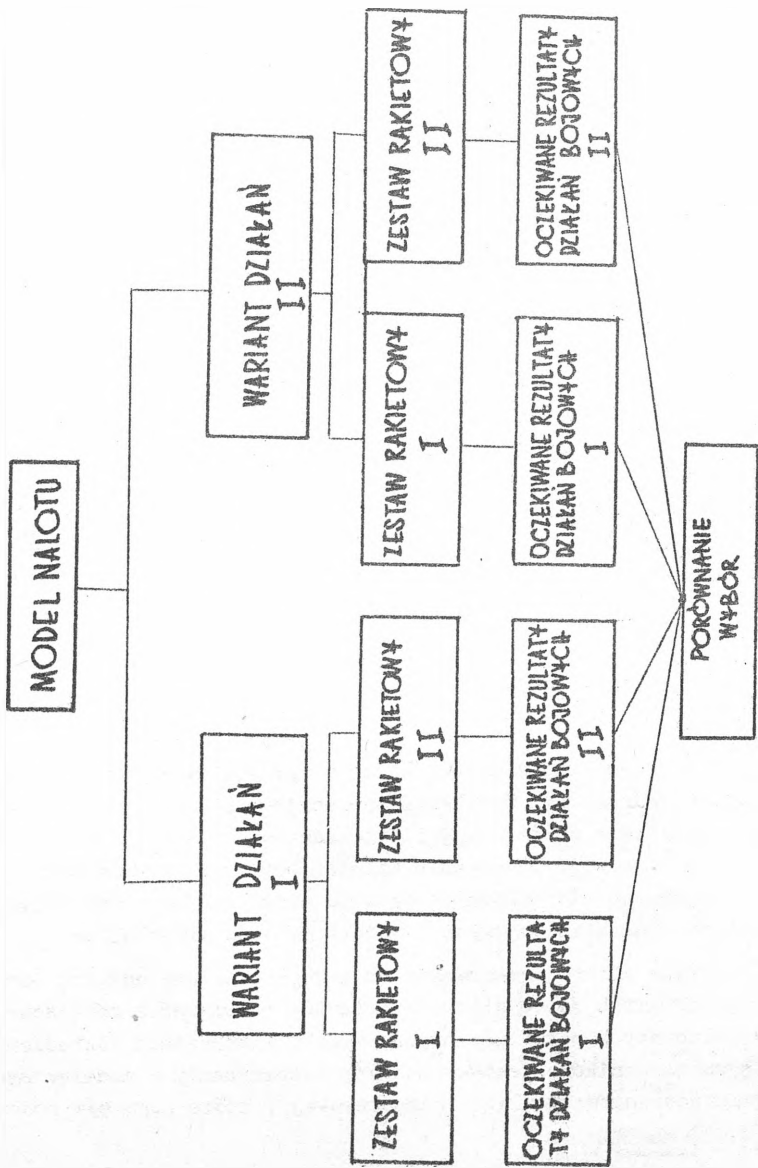
W sytuacji, kiedy decyzja dotycząca wyboru nowego środka obrony została już powzięta dokonujemy wszechstronnej analizy efektywności jego wykorzystania w systemie OPK, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 10.

W podobny sposób możemy prowadzić badania dotyczące perspektywicznych środków obrony o założonych /wymyślonych przez badacza/ parametrach taktyczno-technicznych. Mogą one mieć zastosowanie w prognozowaniu rozwoju systemu OPK.

Reasumując, można stwierdzić, że w procedurze oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK występują trzy podstawowe etapy badań, łączące heurystyczne i ^{formalizowane} zobiektywizowane metody badawcze.

W pierwszym etapie /heurystycznym/ precyzuje się cel, zakres i zadania badawcze oraz założenia operacyjno-taktyczne, które powinny być formułowane przez specjalistę z dziedziny sztuki operacyjnej wojsk OPK. W aspekcie planowania działań bojowych, podejmowania decyzji, oznacza to sformułowanie zamiaru przez dowódcę oraz opracowanie wariantów działań bojowych i modeli nalotów przez sztab.

W drugim etapie przeprowadza się wszechstronną analizę opracowanych przez sztab /specjalistę/ wariantów rozwiązań z zastosowaniem zobiektywizowanych metod naukowych, w celu wyznaczenia /określenia/ mierzalnych wskaźników efektywności /np. eksperymenty z modelem systemu OPK z zastosowaniem symulacji komputerowej/, które mogą być podstawą



Rys.11. Ocena i wybór nowego środka obrony

lub przynajmniej wskazówką do podjęcia decyzji przez decydenta.

Wreszcie w trzecim etapie /heurystycznym/ specjaliści z dziedziny sztuki operacyjnej wojsk OPK /dowódcy, oficerowie sztabu, badacze/ dokonują analizy wskaźników efektywności, konfrontują je z własną wiedzą i doświadczeniem, aby na tej podstawie podjąć decyzję.

Można więc przyjąć, że najogólniej rzecz biorąc jest to następująca relacja: wiedza plus logiczne myślenie - maszyna - wiedza plus logiczne myślenie.

Wydaje się, że jest to słuszny sposób postępowania, zapewniający łączenie i właściwe wykorzystanie wiedzy ludzkiej i techniki, teorii i praktyki badawczej. Tylko w ten sposób można zapobiec rozbieżnościom między celami i potrzebami badań, a metodami badawczymi, między założeniami operacyjno-taktycznymi, a treścią i wskaźnikami oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK dla potrzeb wypracowywania wariantów decyzyjnych.

WNIOSKI KOŃCOWE ROZDZIAŁU PIERWSZEGO

Z przeprowadzonych badań i proponowanych w rozprawie rozwiązań wynika, że hipoteza o celowości zastosowania analizy systemowej jako metody umożliwiającej "wielopłaszczyznową /systemową/ ocenę efektywności działań bojowych wojsk OPK", z uwzględnieniem treści i formy, teorii i praktyki badawczej, jest słuszna. Może ona być wykorzystana dla potrzeb wypracowywania wariantów decyzyjnych, dotyczących wyboru i doskonalenia sposobów /wariantów/ wykorzystania sił i środków OPK w walce z przeciwnikiem powietrznym.

Uzasadniając potrzebę zastosowania analizy systemowej dla rozwiązywania tych problemów, starano się wyeksponować jej znaczenie /zalety/ z dwóch punktów widzenia - jako metody sposobu podejścia i jako metody sposobu działania /postępowania/.

Analiza systemowa, jako metoda sposób podejścia, determinuje konieczność uwzględniania podstawowych pryncypiów badań systemowych, z których najważniejsze jest traktowanie obiektu badań jako systemu. Konsekwencją takiego podejścia w rozwiązywaniu podstawowego problemu badawczego było sprecyzowanie uwarunkowań zewnętrznych systemu OPK, wyodrębnienie jego podstawowych elementów /modułów/ oraz sformułowanie celów i zasad działania. Pozwoliło to również na sformułowanie kryteriów i wskaźników oceny efektywności w takim ujęciu, aby mogły one odzwierciedlać podstawowe cele działania systemu, a także wpływ jego elementów /modułów/ na oczekiwane rezultaty działań bojowych wojsk. Są to więc główne pryncypia teoretyczne, ujęte w postaci założeń operacyjno-taktycznych, które stanowią podstawę merytorycznego ukierunkowania badań.

Założenia te były również wytyczną do sformułowania zasad zastosowania analizy systemowej jako metody sposobu działania. W tym celu sprecyzowano podstawowe procedury badawcze w aspekcie kolejności i sposobu postępowania podczas określania wskaźników efektywności działań bojowych wojsk OPK oraz ogólnych zasad ich wykorzystania do oceny i wyboru wariantów decyzyjnych /głównie wariantów działań bojowych/. Ustalając procedury badawcze koncentrowano się głównie na merytorycznej stronie tego problemu, przyjmując założenie, że praktyczne wyznaczanie /określanie/ mierzalnych wskaźników efektywności działań bojowych wojsk OPK oraz ich zobrazowywanie będzie możliwe przy

zastosowaniu odpowiednich narzędzi badawczych z wykorzystaniem elektronicznej techniki obliczeniowej. Chodziło jednak o to, aby spójne ujęcie założeń operacyjno-taktycznych i procedury analizy systemowej mogło stanowić merytoryczną podstawę jej zastosowania jako metody badawczej. Są to jednocześnie ogólne wymagania i wytyczne dotyczące budowy modelu systemu oraz wyboru i zastosowania technik prowadzenia badań z tym modelem.

Proponowana metoda badawcza, jakkolwiek zdeterminowana jako sposób podejścia /podejścia systemowego/, pozostawia jednak dużą swobodę w doborze procedur, zakresu, a nawet punktu widzenia w badaniach. Może ona, na przykład, być zastosowana dla potrzeb wyboru wariantów działań bojowych w procesie wypracowania decyzji, do szczegółowych analiz wariantów użycia sił i środków w badaniach naukowych, do oceny perspektywicznych środków walki oraz efektywności wybranego elementu /modułu/ systemu OPK.

Reasumując, zdaniem autorów analiza systemowa ma trzy podstawowe zalety, które wskazują na celowość jej zastosowania do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.

a. Jest metodą o zdeterminowanym systemowym podejściu w badaniach, co w pełni odpowiada założonym celom badań, których obiektem jest złożony system działania - system OPK.

b. Jako metoda sposób działania zapewnia dużą swobodę doboru procedur badawczych, zapewniających analizę efektywności systemu OPK z różnych punktów widzenia, przy zachowaniu podstawowych pryncypiów /założeń/ operacyjno-taktycznych.

c. Jest metodą, która integruje /łączy/ inne metody badawcze.

Z powyższych względów może ona spełniać wiodącą, integrującą rolę w badaniach dotyczących efektywności systemu OPK.

Jeżeli choć w części oczekiwania te zostaną spełnione w praktyce, to autor będzie usatysfakcjonowany.

Autorzy zdają sobie jednak sprawę z tego, że przedstawiony projekt zastosowania analizy systemowej ma charakter teoretyczny. Wymaga on weryfikacji na podstawie przykładów zastosowania tej metody badawczej. Założono również hipotetycznie, że najodpowiedniejszą metodą /narzędziem badawczym/ umożliwiającą praktyczne określanie mierzalnych wskaźników oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK jest

symulacja systemów.

Zastosowanie symulacji systemów do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK jest przedmiotem drugiego etapu badań prowadzonych przez ppłk.dr.Antczaka. Jest to oddzielny problem badawczy, ale jego rozwiązanie może mieć decydujący wpływ na możliwość praktycznego zastosowania analizy systemowej.

Ze względów praktycznych zdecydowano więc, aby dokonać łącznej weryfikacji obydwu rozwiązań na podstawie wspólnie opracowanych, wybranych przykładów zastosowania analizy systemowej z wykorzystaniem symulacji komputerowej do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK /Rozdział trzeci rozprawy/.

Badania operacji
to zmatematyzowany
zdrowy rozsądek

Jurij Czujew

2. ZASTOSOWANIE SYMULACJI SYSTEMÓW DO OCENY EFEKTYWNOŚCI DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK

2.1. SYMULACJA SYSTEMÓW JAKO METODA BADAWCZA

Badania systemu^{11/} przeprowadzić można na obiekcie rzeczywistym lub też na jego modelu. Jednakże prowadzenie badań systemu rzeczywistego nie zawsze jest możliwe /np. prowadzenie walki powietrznej z zastosowaniem pocisków bojowych, odpieranie zmasowanego nalotu SNP przeciwnika przez system OP/ z różnych względów /np. bezpieczeństwo załóg prowadzących walkę powietrzną, duży koszt realizacji systemu, hipotetyczny system walki z nalotem SNP/. Dlatego też znacznie wygodniej jest posługiwać się modelem tych systemów, zanim zostaną one zbudowane czy zrealizowane. Często też celem badania może być określenie właściwości systemu. Najczęściej rozpatrywanie wszystkich szczegółów systemu nie jest konieczne, a model nie tylko zastępuje system, lecz stanowi również jego uproszczenie.

W takim też ujęciu model definiuje się jako zbiór informacji o systemie zebranych w celu jego zbadania [22]. Ponieważ rodzaj zebranej informacji określany jest przez cel badania, wynika stąd, że dla żadnego systemu nie istnieje model określony jednoznacznie. Dlatego tworzy się różne modele, zależnie od rozwiązywanego problemu, a także posiadanej wiedzy o badanym systemie. Mogą to być modele fizyczne i matematyczne.

11/ Pojęcie systemu zdefiniowano w rozdziale pierwszym niniejszego opracowania.

Modele fizyczne są zgodne z rzeczywistością pod względem sensu fizycznego i kształtu geometrycznego, zaś różnią się od rzeczywistości wymiarami, prędkościami przebiegów i innymi dokładnie uwzględnianymi właściwościami. Modele matematyczne różnią się natomiast od rzeczywistości istotą fizyczną i kształtem geometrycznym, zaś ich podobieństwo polega na tym, że opisuje się różne zjawiska za pomocą tych samych równań.

Zaletą modelowania matematycznego jest uniwersalność metod i aparatury używanej do badania modeli /np. poczynając od kartki papieru i ołówka, a na elektronicznej technice obliczeniowej kończąc. Zapewnia ono możliwość badania dowolnych procesów i zjawisk włącznie z tymi, które dotychczas nie dają się zrealizować w postaci fizycznej, a także szersze możliwości i stosunkowo dużą prostotę w uzyskiwaniu optymalnych rozwiązań. Wadą modelowania matematycznego jest stosowanie uproszczeń oraz nie uwzględnianie czynnika psychicznego /brak udziału człowieka/.

Mimo widocznych wad modelowanie matematyczne znajduje coraz szersze zastosowanie przy rozwiązywaniu problemów operacyjno-taktycznych, takich jak: ocena efektywności wykorzystania sił i środków w systemie OPL wojsk operacyjnych [19], określanie ilościowo-jakościowego stosunku sił OPL do SNP i jego wykorzystanie na szczeblu operacyjnym [45], czy modelowanie nalotów przeciwnika powietrznego dla potrzeb planowania działań bojowych korpusu OPK [56]. Zastosowania te są możliwe dzięki osiągnięciom matematyki, rozwojowi elektronicznej techniki obliczeniowej, a także wynikają z konieczności wykorzystywania racjonalnego aparatu badawczego.

Model matematyczny stanowi układ równań, wskaźników, współczynników i reguł logicznych odzwierciedlających z dostatecznym przybliżeniem procesy i zjawiska rzeczywiste. Dlatego też dla uzyskania wyników za pomocą tak opracowanego modelu, wykorzystywać można zarówno metody analityczne, jak i cyfrowe. Jednakże modele analityczne mogą mieć czasem bardzo złożoną postać, a uzyskanie za ich pomocą wyników może być bardzo utrudnione. W takich sytuacjach bardziej racjonalne jest korzystanie z metod numerycznych, które w szczególności nadają się do rozwiązywania modeli dynamicznych /zaliczyć można do nich model matematyczny działań bojowych wojsk OPK/. Do metod numerycznych

Modeli

należy też symulacja systemów^{12/}. Jest to metoda, w której dla kolejnych chwil czasu wszystkie zależności modelu rozwiązywane są jednocześnie.

Symulację systemów można więc określić jako technikę rozwiązywania problemów, polegającą na śledzeniu w czasie zmian zachodzących w dynamicznym modelu systemu. Ponieważ przy zastosowaniu symulacji nie dąży się do rozwiązania analitycznego równań modelu, znajduje to swoje odbicie w charakterze modelu matematycznego.

Najczęściej składa się on z szeregu bloków. Struktura blokowa ma na celu uproszczenie opisu wzajemnych oddziaływań wewnątrz systemu. W każdym bloku opisuje się część systemu i podaje kilka /najlepiej jedną/ zmiennych wejściowych i wyjściowych. Wówczas system jako całość można zdefiniować za pomocą odpowiednich połączeń między blokami i przedstawić go graficznie w postaci prostego schematu blokowego^{13/}. Każdy blok można w prosty sposób opisać matematycznie, nie troszcząc się zbytnio o złożoność modelu, wynikającą z istnienia wielu takich bloków. Równania muszą być jednak tak zbudowane i zorganizowane, aby pozwalały na użycie odpowiedniej procedury jednoczesnego ich rozwiązywania.

Duża uniwersalność metod symulacyjnych jest jednym ze stymulatorów coraz szerszego ich wykorzystywania przy rozwiązywaniu problemów operacyjno-taktycznych wojsk OPK. Przykładem powyższego niech będą tematy zrealizowanych w ostatnich kilku latach następujących prac: Zastosowanie symulacji komputerowej do doskonalenia ugrupowania i kierowania ogniem związku taktycznego wojsk raketowych OPK [38]; Zastosowanie symulacji i symulatorów do szkolenia taktyczno-bojowego wojsk OPK [69]; Modelowanie walki podstawowych rodzajów wojsk na szczeblu taktycznym z zastosowaniem symulacji [27]; Prognozowanie uderzeń SNP przeciwnika na obiekty obrony korpusu OPK metodą symulacji grafodynamicznej [25].

Poważnym krokiem naprzód w dziedzinie zastosowania symulacji systemów dla celów operacyjno-taktycznych jest praca dotycząca badania skuteczności działania systemu OP metodą symulacji

12/ Po raz pierwszy pojęcie symulacji systemów znalazło zastosowanie w praktyce na początku lat pięćdziesiątych. Fishman G.S. "Symulacja komputerowa. Pojęcia i metody", PWE, Warszawa 1981, s.27.

13/ Patrz opis systemu OPK w rozdziale pierwszym rozprawy.

cyfrowej [32]. Podając istotę symulacji autorzy wyjaśniają, że: "Symulacyjna metoda badania skuteczności działania systemu stanowi skojarzenie metody analitycznej z metodą eksperymentów przeprowadzanych podczas ćwiczeń poligonowych /wojen lokalnych/, w warunkach zbliżonych do przyszłych działań wojennych. Procesy zachodzące podczas odpirania SNP przeciwnika symulowane są za pomocą komputera cyfrowego, według algorytmów symulacji tych procesów. Algorytmy symulacji opisują formalne mechanizmy, wyróżnionych w badaniu, procesów składowych oddziaływania systemu OP na SNP przeciwnika". Tak więc według autorów opracowania^{14/} istota symulacyjnej metody badania skuteczności działania systemu OP polega na:

- symulacji nalotu i oddziaływania SNP przeciwnika na obiekty osłaniane i elementy systemu OP;
- symulacji oddziaływania systemu OP na SNP przeciwnika;
- obserwacji realizacji procesów wzajemnego oddziaływania i rejestracji ustalonych wyników obserwacji;
- wyznaczeniu ocen (wybranych wskaźników) na podstawie wyników obserwacji /rejestrowanych podczas eksperymentów/.

Pomimo pewnych osiągnięć w dziedzinie zastosowania metod matematycznych, w tym symulacyjnych, do rozwiązywania wybranych problemów operacyjno-taktycznych OPK, w dalszym ciągu dowództwa i sztaby wojsk OPK nie dysponują takim narzędziem, które umożliwiłoby otrzymywanie w miarę wiarygodnych danych niezbędnych w procesie wypracowania i podejmowania decyzji. Uważamy, że prowadzenie prac związanych z dalszym wykorzystaniem tych metod, w tym szczególnie symulacji komputerowej, może oczekiwania te znacznie przybliżyć do rzeczywistości.

2.2. MODEL DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK I SNP PRZECIWNIKA

W rozdziale pierwszym stwierdzono, że podstawowym celem działania wojsk OPK jest niedopuszczenie do prowadzenia rozpoznania i wykonania przez SNP przeciwnika uderzeń na obiekty i wojska znajdujące

14/ Kołodziński E., Pietkiewicz T. Badanie skuteczności działania systemu obrony powietrznej metodą symulacji cyfrowej, WAT, 1984, s.12.

się na terytorium PRL, a także przelotu w obszar powietrzny sąsiednich państw socjalistycznych. Wojska OPK cel ten osiągają poprzez prowadzenie działań bojowych, w czasie których niszczą SNP przeciwnika. Dlatego też stosownie do celu i zadań tych wojsk dostosowano ich strukturę organizacyjną, system dowodzenia, uzbrojenie oraz wypracowano odpowiednie zasady działania.

W celu wykorzystania do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK metod symulacji systemów, konieczne jest opracowanie modelu działań bojowych wojsk OPK oraz modelu działań bojowych SNP przeciwnika. W modelach tych należy odwzorować podstawowe funkcje realizowane przez wojska OPK.

W dalszej części opracowania przedstawimy w sposób sformalizowany oraz w postaci podstawowych zależności matematyczno-logicznych istotę działań bojowych wojsk OPK i środków napadu powietrznego przeciwnika.

2.2.1. Działania bojowe środków napadu powietrznego przeciwnika

Obowiązujące w czołowych państwach NATO poglądy doktrynalne, zmiana strategii zbrojeniowej, a także burzliwy rozwój SNP stwarzają stałe zagrożenie z powietrza terytorium Polski i pozostałych państw Układu Warszawskiego. Należy się liczyć z dużym prawdopodobieństwem, że w przypadku bezpośredniego konfliktu zbrojnego pomiędzy naszymi systemami, wykonane zostanie zmasowane uderzenie lotniczo-rakietowe na nasze terytorium w ramach tzw. zaczepnej operacji powietrznej. Podstawowym zadaniem realizowanym w tej operacji będzie walka o panowanie w powietrzu i przewagę w broni jądrowej [36]. Prowadzona będzie ona głównymi siłami z użyciem wszystkich będących w dyspozycji przeciwnika środków niszczenia i skierowana przede wszystkim przeciwko lotniskom oraz potencjałowi naszego lotnictwa. Poza tym realizowane będą także zadania izolacji rejonu działań bojowych, wsparcia lotniczego wojsk lądowych oraz taktycznego rozpoznania powietrznego [33]. Zadania te będą realizowane głównie przy użyciu taktycznych sił powietrznych NATO.

Działania bojowe tych sił będą miały charakter zmasowanych nalotów na głównych kierunkach operacyjnych. Ugrupowanie operacyjne lotnictwa w nalocie, na zasadniczych kierunkach, składać się będzie z rzutów, a rzuty z fal o odpowiednim składzie zależnym od zamierzo-

nego celu działania. Szerokość pasa działania zgrupowań lotniczych może wynosić do 700 km, głębokość do 1000 km, a długotrwałość zaczętej operacji powietrznej do kilku dób. W okresie tym lotnictwo może wykonać od kilku do kilkunastu zmasowanych nalotów.

Uderzenia na terytorium PRL mogą być wykonane z czterech operacyjno-powietrznych kierunków zagrożenia, a mianowicie: nadmorskiego, berlińskiego, drezdeńskiego i praskiego [48]. Pokonywanie systemu OPK na poszczególnych kierunkach może być realizowane jednocześnie na szerokim froncie i kilku wąskich odcinkach. Wejście pierwszych rzutów powietrznych może być poprzedzone odpaleniem z samolotów strategicznych pocisków raketowych typu SRAM, w celu obezwładnienia wybranych środków raketowych OPK bez wchodzenia samolotów nosicieli w strefy ich ognia. Następnie, na krótko przed wejściem w obszar PRL pierwszych grup uderzeniowych, mogą działać, głównie z kierunku nadmorskiego, bezpilotowe środki z urządzeniami zakłócającymi.

Grupy uderzeniowe lotnictwa taktycznego, przy podchodzeniu do strefy informacji radiolokacyjnej, mogą rozdzielać się na mniejsze grupy i rozluźniać ugrupowanie bojowe z jednoczesnym niżeniem się do małych wysokości /nad morzem do 30-50 m i 150-300 m nad lądem/. Grupy te będą działać pod przykryciem zakłóceń samoobronnych, a także stosowanych przez specjalnie wydzielone samoloty, które nie będą wchodziły w strefy ognia wojsk raketowych OPK [14]. Zasadniczym zadaniem tych grup będzie "wybicie" korytarzy w systemie OPK i tym samym zapewnienie kolejnym rzutom swobodnego dotarcia w rejony obiektów uderzeń położonych w głębi kraju. W korytarze te będą następnie wchodziły grupy samolotów kolejnych rzutów /najczęściej na małych i średnich wysokościach/ w celu potęgowania zniszczenia systemu OPK i wykonywania uderzeń na inne wybrane obiekty.

Obiekty atakowane będą przez grupy samolotów o zmiennej liczności, z jednego lub dwóch zajęć, w zależności od rodzaju obiektu, posiadanego uzbrojenia i założonego celu uderzenia. W celu zmniejszenia liczby samolotów wyznaczonych do niszczenia i obezwładnienia broniowanych obiektów, przeciwnik powietrzny będzie szeroko stosował pociski raketowe i bomby lotnicze uzbrojone w samonaprowadzające się głowice /radiolokacyjne, laserowe, telewizyjne, na podczerwień itp./, znacznie zwiększające prawdopodobieństwo dokładnego trafienia w atakowany cel.

Działania bojowe ŚNP przeciwnika będą miały charakter stochastyczny. Dlatego też stopień wykonania zadania bojowego przez ŚNP przeciwnika oceniać można za pomocą prawdopodobieństwa. Określać się wówczas będzie prawdopodobieństwo zniszczenia obiektu przez ŚNP przeciwnika. I tak, w przypadku pojedynczego samolotu przeciwnika, wielkość prawdopodobieństwa zniszczenia obiektu określić można za pomocą następującej zależności

$$P'_{ZO} = P_{OP} \cdot P_{RO} \cdot P_r$$

gdzie:

- P_{OP} - prawdopodobieństwo pokonania przez ŚNP przeciwnika systemu OP;
- P_{RO} - prawdopodobieństwo dotarcia w rejon obiektu /do rubieży wykonania zadania/;
- P_r - prawdopodobieństwo rażenia /porażenia, obezwładnienia/ obiektu przez pojedynczy samolot /dla określonego środka rażenia/.

Prawdopodobieństwo zniszczenia obiektu przez n samolotów przeciwnika wyznaczyć można za pomocą wzoru

$$P_{ZO} = 1 - \prod_{i=1}^n /1 - P'_{ZOi}/$$

Natomiast w przypadku wykonania uderzenia przez jednorodne ŚNP /ten sam typ samolotów, te same typy uzbrojenia/ prawdopodobieństwo zniszczenia obiektu można wyznaczyć za pomocą zależności

$$P_{ZO} = 1 - /1 - P'_{ZO}/^n$$

W celu zniszczenia osłanianego obiektu przeciwnik powietrzny powinien wydzielić taką liczbę samolotów, która po pokonaniu systemu OP i dotarciu w jego rejon /do rubieży wykonania zadania/ będzie mogła wykonać zadanie z założonym prawdopodobieństwem^{15/}. Liczbę

15/ Problem ten był przedmiotem rozważań w rozprawie doktorskiej J. Jagielskiego nt. "Prognozowanie uderzeń ŚNP przeciwnika na obiekty obrony korpusu OPK metodą symulacji grafodynamicznej", ASG WP, W-wa 1974 r.

samolotów, która powinna dotrzeć do obiektu /mówimy tylko o samolotach uderzeniowych/ określić można z zależności

$$N = \frac{\log /1 - P_{ZZO}/}{\log /1 - P_{OP} \cdot P_{RO} \cdot P_r/}$$

gdzie:

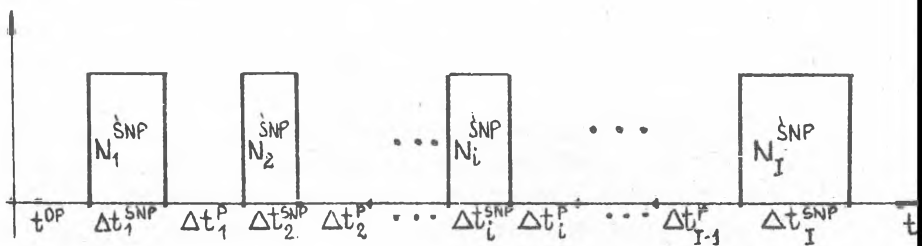
P_{ZZO} - założone prawdopodobieństwo zniszczenia osłanianego obiektu.

Będziemy uważali, że scharakteryzowane mamy działania bojowe ŚNP przeciwnika w zaczepnej operacji powietrznej, jeżeli określimy następujący wektor /rys.12/.

$$D_{\text{ŚNP}}^{\text{OP}} = /t_{\text{OP}}^{\text{OP}}, N_i^{\text{ŚNP}}, \Delta t_i^{\text{ŚNP}}, \Delta t_j^{\text{P}}/, \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, I \\ j = 1, 2, \dots, I-1 \end{matrix}$$

gdzie:

- $t_{\text{OP}}^{\text{OP}}$ - czas rozpoczęcia zaczepnej operacji powietrznej;
- $N_i^{\text{ŚNP}}$ - wektor charakteryzujący zmasowany nalot ŚNP przeciwnika w zaczepnej operacji powietrznej;
- $\Delta t_i^{\text{ŚNP}}$ - przedział czasu trwania jednego zmasowanego nalotu ŚNP w zaczepnej operacji powietrznej;
- Δt_j^{P} - przedział czasu trwania przerwy między kolejnymi zmasowanymi nalotami ŚNP w zaczepnej operacji powietrznej;
- I - liczba zmasowanych nalotów ŚNP w zaczepnej operacji powietrznej.



Rys.12. Działania bojowe ŚNP przeciwnika w trakcie trwania zaczepnej operacji powietrznej

Zmasowany nalot SNP przeciwnika scharakteryzujemy przez podanie następującego wektora.

$$N_1^{SNP} = /t_1^N, C_1^N/, \quad l=1,2,\dots,L$$

gdzie:

- t_1^N - czas początku zmasowanego nalotu SNP przeciwnika;
- C_1^N - wektor charakteryzujący cel powietrzny^{16/} w zmasowanym nalocie;
- L - liczba celów powietrznych w zmasowanym nalocie.

Cel powietrzny będzie określony przez podanie danych następującego wektora

$$C^N = /N_C, L_1^S, S_1^T, T_j^L, t_c^A, I_{i1}^{SR}, T_{l_1}^{SR}, t_p^Z, t_k^Z, T_{l_2}^Z, O_{l_2}^A, P_{l_2}^A /,$$

$$i=1,2,\dots,I$$

$$j=1,2,\dots,J$$

$$l_1=1,2,\dots,L_1$$

$$l_2=1,2,\dots,L_2$$

gdzie:

- N_C - numer taktyczny celu powietrznego;
- L_1^S - liczba samolotów danego typu w składzie celu powietrznego;
- S_1^T - kod typu samolotu wchodzącego w skład celu powietrznego;
- t_c^A - czas początku aktywności celu powietrznego w punkcie początkowym jego trasy lotu;
- T_j^L - trasa lotu celu powietrzego, przy czym $T_j^L = /x_j, y_j, H_j, V_j /$

gdzie:

- x_j, y_j - współrzędne punktu opisującego trasę lotu danego celu powietrznego.

16/ Pod pojęciem celu powietrzego będziemy rozumieć grupe samolotów /a także pojedynczy samolot/ przeciwnika realizujących w określonym przedziale czasu to samo główne zadanie, bojowe /np. lot po tej samej trasie z tymi samymi parametrami, atakowanie obiektu/.

H_j, V_j - odpowiednio wysokość i prędkość lotu celu powietrznego na odcinku trasy Δl_j określonym zależnością

$$\Delta l_j = \sqrt{x_{j+1} - x_j)^2 + (y_{j+1} - y_j)^2},$$

$j=1, 2, \dots, J-1$

- L_{11}^{SR} - ilość środków rażenia danego typu znajdujących się na samolocie typu S_i ;
 T_{11}^{SR} - kody typów środków rażenia znajdujących się na samolotach przeciwnika;
 t_p^Z - czas początku stosowania zakłóceń przez cel powietrzny, przy czym

$$t_p^Z \leq t_K^Z \leq t_K^T$$

gdzie:

t_K^T - czas końca trasy lotu celu powietrznego określony za pomocą wzoru

$$t_K^T = \sum_{j=1}^{J-1} \frac{l_j}{V_j};$$

- O_{12}^A - obiekt ataku dla celu powietrznego /numer lub kod/;
 P_{12}^A - prawdopodobieństwo wykonania ataku na obiekt O_{12}^A przez cel powietrzny;
 I - liczba typów samolotów wchodzących w skład celu powietrznego;
 J - liczba punktów opisujących trasę lotu celu powietrznego;
 L_1 - liczba typów uzbrojenia znajdujących się na samolotach przeciwnika;
 L_2 - liczba obiektów, które mogą być przedmiotem ataku celu powietrznego.

Samolot przeciwnika scharakteryzowany będzie przez podanie następującego wektora

$$SP = /S^T, M_P^{SP}, M_O^{SP}, M_{WRE}^{SP}/$$

gdzie:

- S^T - kod typu samolotu przeciwnika;
- M_P^{SP} - przestrzenna możliwość działania samolotu /zasięg działania, zakres prędkości, wyposażenie w środki łączności, nawigacji i radionawigacji/;
- M_O^{SP} - ogniowe możliwości działania samolotu /typ uzbrojenia, prawdopodobieństwo wykonania ataku, prawdopodobieństwo rażenia celu powietrznego /pojedynczego samolotu/, prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego samolotu, prawdopodobieństwo rażenia obiektu w zależności od typu uzbrojenia i rodzaju atakowanego obiektu/;
- M_{WRE}^{SP} - możliwości samolotu w zakresie ostrzegania i przeciwdziałania radioelektronicznego /rozpoznanie źródeł promieniowania, prowadzenie zakłóceń radioelektronicznych, sygnalizacja i ostrzeganie załogi samolotu przed oddziaływaniem aktywnych środków OP/.

2.2.2. Rozpoznanie przeciwnika powietrznego

Rozpoznanie przeciwnika powietrznego stanowi jeden z zasadniczych elementów zabezpieczenia działań bojowych wojsk OPK. Sprowadza się ono w głównej mierze do uzyskiwania niezbędnych informacji o działalności przeciwnika powietrznego. Podstawowym celem organizowania i prowadzenia rozpoznania jest terminowe ujawnienie zamiaru przeciwnika powietrznego, jego bezpośrednich przygotowań do działań bojowych, określenie momentu ich rozpoczęcia, wykrywanie jego ŚNP na dalekich podejściach a także prognozowanie i śledzenie jego działań bojowych w rejonie systemu OPK. Wśród szczegółowych zadań wymienić należy określanie liczby, typów, wysokości, prędkości i tras lotu ŚNP przeciwnika, ich składu i taktyki działań, głównego kierunku uderzenia, ujawnianie nowych typów środków walki powietrznej, wykrywanie w ugrupowaniu ŚNP nosicielei broni masowego rażenia, a także

określanie /prognozowanie/ sposobów ich wykorzystania przez przeciwnika. Informacja o działalności przeciwnika powietrznego może być uzyskiwana z rozpoznania radiolokacyjnego, radioelektronicznego i powietrznego, a także z obserwacji wzrokowej. W dalszej części pracy przedmiotem naszych rozważań będą dwa pierwsze rodzaje, stanowiące podstawę rozpoznania systemu OPK.

2.2.2.1. Rozpoznanie radiolokacyjne

Rozpoznanie radiolokacyjne stanowi podstawowy rodzaj rozpoznania taktycznego wojsk OPK. Polega ono na prowadzeniu ciągłej obserwacji przestrzeni powietrznej z wykorzystaniem środków radiolokacyjnych. Celem tego rozpoznania jest terminowe wykrywanie i nieprzerwane śledzenie SNP przeciwnika, określanie aktualnego miejsca znajdowania się, a także składu i innych charakterystyk poszczególnych celów powietrznych /np. wysokości lotu, rodzaju celu, manewry, zakłócenia radioelektroniczne/. Powinno także określać prawdopodobny zamiar i sposób działań bojowych przeciwnika powietrznego.

Dane z rozpoznania radiolokacyjnego wojsk OPK uzupełnia się informacjami z innych źródeł, takich jak np.: posterunki obserwacji wzrokowej wojsk OPK, WOP i MW, pododdziały rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK; załogi samolotów myśliwskich wykonujących rozpoznanie powietrzne lub przechwytyjących cele powietrzne; załogi stacji wstępnego poszukiwania i stacji naprowadzania rakiet wojsk rakietowych OPK, a także pododdziały rozpoznania radiolokacyjnego innych rodzajów sił zbrojnych. Dane te umożliwiają zwiększenie głębokości strefy informacji oraz dokładności i wiarygodności informacji o sytuacji powietrznej. Jednocześnie uodparniają system rozpoznania radiolokacyjnego na zakłócenia radioelektroniczne.

Dane o działalności SNP przeciwnika doprowadzane są w wymaganym zakresie do odpowiednich stanowisk dowodzenia systemu obrony powietrznej i wykorzystywane są do kierowania działaniami bojowymi wojsk. Zdobywanie, opracowywanie i analizę danych z rozpoznania radiolokacyjnego organizuje się w taki sposób, aby ich dokładność i wiarygodność odpowiadały potrzebom dowodzenia oraz realizowanym przez poszczególne związki taktyczne i oddziały zadaniom bojowym. Opracowywanie informacji dla realizacji wymienionych zadań obejmuje: zdejmowanie danych z ekranów wskaźników stacji radiolokacyjnych /RLS/;

sprawdzanie wiarygodności tych danych; selekcję danych o obiektach powietrznych na dane o celach powietrznych i samolotach własnych, a także selekcję danych o celach ze względu na ich ważność, prędkość, zakres wysokości, przeznaczenie taktyczne; identyfikację i porównanie danych od RLS z danymi otrzymanymi z innych źródeł rozpoznania oraz przekazanie danych z rozpoznania powietrznego w postaci sformalizowanych meldunków na odpowiednie stanowiska dowodzenia. Pełną analizę sytuacji powietrznej, w oparciu o uogólnione i wyselekcjonowane dane radiolokacyjne napływające ze stanowisk dowodzenia batalionów radiotechnicznych oraz innych źródeł, przeprowadza się na stanowisku dowodzenia brygady radiotechnicznej.

Rozpoznanie radiolokacyjne w systemie OPK realizowane jest przez związki taktyczne i pododdziały wojsk radiotechnicznych. W tym celu wyposażone są one w środki radiolokacyjne do wykrywania, śledzenia i rozpoznawania przynależności obiektów powietrznych, a także w środki zautomatyzowanego dowodzenia, przeznaczone do zdejmowania danych z ekranów wskaźników RLS, ich przetwarzania, przekazywania i zobrazowywania na poszczególnych stanowiskach dowodzenia wojsk OPK.

Jednym z zasadniczych zadań realizowanych także przez wojska radiotechniczne OPK, oprócz rozpoznania radiolokacyjnego, jest zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych środków walki systemu OPK. Zabezpieczenie to obejmuje przekazywanie, opracowywanie, analizę i zobrazowywanie informacji radiolokacyjnej na stanowiskach dowodzenia /punktach naprowadzania/ zabezpieczanych wojsk. Informacja ta służy do podejmowania decyzji na doprowadzenie wojsk do określonego stopnia gotowości bojowej, wskazywania i podziału celów powietrznych do zwalczania oraz dowodzenia lotnictwem myśliwskim w powietrzu. Informacja radiolokacyjna do każdego z zabezpieczanych stanowisk dowodzenia /punktów naprowadzania/ przekazywana jest najkrótszą drogą.

W celu zmniejszenia skuteczności OP, w tym efektywności rozpoznania SNP i zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych środków walki wojsk OPK, przeciwnik stosuje, między innymi, wszelkiego rodzaju zakłócenia radioelektroniczne.

Rozpoznanie radiolokacyjne systemu OPK dostarcza informacji o działalności SNP przeciwnika z własnych środków radiolokacyjnych /wojska radiotechniczne OPK - WRt OPK/ oraz innych źródeł, co możemy zapisać w następujący sposób

$$I_R = /I_R^W, I_R^Z/$$

gdzie:

- I_R - zbiór danych o działalności SNP przeciwnika z rozpoznania radiolokacyjnego zobrazowanych na danym SD wojsk OPK;
- I_R^W - zbiór danych o działalności SNP przeciwnika pochodzących z rozpoznania radiolokacyjnego WRT OPK;
- I_R^Z - zbiór danych o działalności SNP przeciwnika pochodzących z innych źródeł rozpoznania /np. posterunki obserwacji wzrokowej OPK, WOP, MW; załogi samolotów LM wykonujących zadania bojowe; załogi RSWP i SNR; posterunki radiolokacyjne innych rodzajów sił zbrojnych/.

Tak w jednym jak i w drugim zbiorze danych podaje się informacje o SNP przeciwnika w postaci następującego wektora

$$I_C = /N_C, W_C, t_C, S_C, R_C, P_C, R_Z, t_Z/$$

gdzie:

- N_C - numer celu powietrznego /kolejna liczba naturalna lub numer taktyczny celu, np. czterocyfrowy/;
- W_C - współrzędne przestrzenne znajdowania się celu / x_C, y_C, H_C /;
- t_C - czas dokonania pomiaru współrzędnych i rozpoznania przynależności państwowej;
- S_C - skład celu /liczba samolotów/;
- R_C - rodzaj celu /np. pozorujący, rozpoznawczy, uderzeniowy, osłaniający, nosiciel broni jądrowej/;
- P_Z - indeks przynależności państwowej /swoi - obcy/;
- R_Z - rodzaj stosowanych przez cel zakłóceń radioelektronicznych;
- t_Z - czas początku stosowania zakłóceń radioelektronicznych.

W przypadku zabezpieczania radiolokacyjnego działań bojowych

środków walki wojsk OPK, na informację radiolokacyjną nakłada się dodatkowe wymagania, co można zapisać

$$I_Z = /I_C, \Delta t, \Delta W_C/$$

gdzie:

- Δt - dopuszczalny czas opóźnienia informacji radiolokacyjnej zobrazowywanej na określonym SD;
- ΔW_C - dopuszczalny błąd współrzędnych przestrzennego położenia celu powietrznego odwzorowywanego na określonym SD.

Zdobywanie informacji radiolokacyjnej o działalności SNP przeciwnika jest procesem losowym. Dlatego też informację tego rodzaju uzyskuje się z określonym prawdopodobieństwem. Wielkość tego prawdopodobieństwa zależy od wielu czynników, do których można zaliczyć między innymi: prawdopodobieństwo znajdowania się SNP w zasięgu wykrywania RLS; wielkość skutecznej powierzchni odbicia wykrywanych /rozpoznawanych/ obiektów; stosowanie celowych zakłóceń radioelektromagnetycznych przez przeciwnika; wysokość lotu SNP; typ RLS i jej stan techniczny; liczbę oraz stan wyszkolenia obsługi RLS, zautomatyzowanych systemów dowodzenia i stanowisk dowodzenia; liczbę RLS prowadzących rozpoznanie radiolokacyjne.

Informacje o działalności SNP przeciwnika z rozpoznania radiolokacyjnego, a także dane dla zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych środków walki pochodzą z pododdziałów radiotechnicznych ugrupowanych w rejonie działań bojowych środków walki wojsk OPK. I tak np. w rejonie działań bojowych korpusu OPK zadania te realizowane są przez pododdziały brygady radiotechnicznej, co możemy zapisać w następującej formie

$$P_b = /P_k/, \quad k=1,2,\dots,K$$

gdzie:

P_k - wektor ugrupowania kompanii radiotechnicznej /krt/.

Ugrupowanie krt będzie określone, jeżeli będą dane: numer taktyczny, współrzędne prostokątne i bezwzględna wysokość pozycji technicznej oraz wyposażenie w sprzęt radiolokacyjny. Tak więc dowolną

krt można scharakteryzować za pomocą wektora

$$P_k = /WPT_k, WPR_k/$$

gdzie:

- WPT_k - współrzędne położenia krt w ugrupowaniu bojowym brygady radiotechnicznej;
 WPR_k - wyposażenie /uzbrojenie/ krt w sprzęt radiolokacyjny.

Współrzędne położenia krt stanowią następujący wektor

$$WPT_k = /x_k, y_k, h_k/$$

gdzie:

- x_k, y_k - współrzędne prostokątne /topograficzne/ położenia krt;
 h_k - bezwzględna wysokość położenia pozycji technicznej, na której rozwinięto środki radiolokacyjne danej krt.

Natomiast charakterystykę wyposażenia krt w sprzęt radiolokacyjny określamy za pomocą następującego wektora

$$WPR_k = /O_i^k, W_j^k, N_l^k/, \quad \begin{array}{l} i=1,2,\dots,I \\ j=1,2,\dots,J \\ l=1,2,\dots,L \end{array}$$

gdzie:

- O_i^k - wykaz odległościomierzy radiolokacyjnych znajdujących się w wyposażeniu krt;
 W_j^k - wykaz wysokościomierzy radiolokacyjnych znajdujących się w wyposażeniu krt;
 N_l^k - wykaz naziemnych urządzeń rozpoznawczych znajdujących się w wyposażeniu krt.

Odległościomierze i wysokościomierze radiolokacyjne będą scharakteryzowane, jeżeli określony będzie dla nich następujący wektor

$$RLS = /t_{RLS}, Z_p, W_n, K_n, P_e, f_p, T_{es}, U_{pz}, L_o, S_m, \Delta f_o, Q_o, E_{max}, D_{max}, \Delta W/$$

gdzie:

- RLS -charakteryzowana stacja radiolokacyjna
/odległościomierz, wysokościomierz/;
- t_{RLS} - typ RLS /kod typu RLS/;
- Z_p - zakres pracy /częstotliwości roboczej/ RLS;
- W_n - wskaźnik wykorzystania RLS do naprowadzania
/może lub nie może być wykorzystana dana RLS
do naprowadzania samolotów myśliwskich na cele
powietrzne/;
- K_n - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego^{17/}
RLS przy wykrywaniu obiektów powietrznych na małych
wysokościach;
- P_e - potencjał energetyczny RLS, przy czym

$$P_e = G_s \cdot P_s$$

gdzie:

- G_s - zysk kierunkowy anteny RLS;
- P_s - moc sygnału RLS z uwzględnieniem
strat w linii przesyłowej.
- f_p - częstotliwość powtarzania impulsów RLS;
- T_{es} - wartość współczynnika tłumienia sygnału wizyjnego
RLS po włączeniu urządzenia tłumienia ech stałych
/TES/;
- U_{pz} - posiadane układy przeciwwzakłóceńowe;
- L_o - liczba obrotów anteny RLS podczas pracy w
warunkach stosowania przez SNP przeciwnika
aktywnych zakłóceń radioelektronicznych;
- S_m - wielkość nieobserwowanej przez RLS strefy
/strefa martwa, stożek martwy/;
- Δf_o - szerokość pasma przepuszczania liniowej
części odbiornika RLS;

17/ Wartość współczynnika wykorzystania horyzontu radiowego K_n zależna jest od parametrów technicznych RLS i określa wielkość całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej na drodze jej rozchodzenia. Wartość współczynnika zawiera się w granicach od zera do jedności. /Goliew K.W.: Raszczot dalnosti diejstwija radiolokacjonnych stacij, Moskwa 1962/.

- Q_0 - szerokość charakterystyki promieniowania RLS na poziomie połowy mocy/w płaszczyźnie poziomej/;
 E_{max} - maksymalny kąt podniesienia charakterystyki promieniowania RLS w płaszczyźnie pionowej;
 D_{max} - maksymalny zasięg wykrywania RLS, przy czym odległość ta jest funkcją wysokości lotu celu powietrznego H_c , wielkości jego skutecznej powierzchni odbicia σ_0 , typu stacji radiolokacyjnej T_{RLS} , jej stanu technicznego S_t oraz poziomu wykształcenia operatorów W_0 , co możemy zapisać w następujący sposób

$$D_{max} = /H_c, \sigma_0, T_{RLS}, S_t, W_0/;$$

ΔW - błędy określania współrzędnych przestrzennych wynikające z konstrukcji RLS.

Naziemne urządzenie rozpoznawcze /NRZ/ będzie scharakteryzowane, jeżeli określimy następujący wektor

$$NRZ = /t_{NRZ}, D_{max}, D_{min}, n_k/$$

gdzie:

- t_{NRZ} - typ naziemnego urządzenia rozpoznawczego;
 D_{max}, D_{min} - odpowiednio maksymalna i minimalna odległość rozpoznania przynależności obiektu powietrznego;
 n_k - aktualny numer kodu urządzenia rozpoznawczego.

Podstawowym źródłem informacji o sytuacji powietrznej w systemie OPK są wojska radiotechniczne. Wojska te informację radiolokacyjną uzyskują dzięki odpowiednio zorganizowanemu systemowi, którego środki /stacje radiolokacyjne, urządzenia rozpoznawcze itp./ rozwinęte są na określonym terytorium. Zapewniają one utworzenie wymaganej przestrzeni informacji radiolokacyjnej. Przestrzeń ta stanowi materialną podstawę zdobywania informacji o sytuacji powietrznej.

Ponieważ stacje radiolokacyjne, w większości przypadków są urządzeniami pracującymi impulsowo, do oceny skuteczności /wpływu/

stosowanych przez ŚNP przeciwnika zakłóceń radioelektronicznych wykorzystamy kryterium informacyjne [59]. W kryterium tym mówi się, że skuteczność zakłóceń radioelektronicznych zależy od stosunku mocy sygnału zakłócającego do mocy sygnału użytecznego tj. zakłócenie może spowodować określoną stratę informacji przy spełnieniu warunku

$$K = \frac{P_z^0}{P_u} \cdot k_d \quad 2.0$$

gdzie:

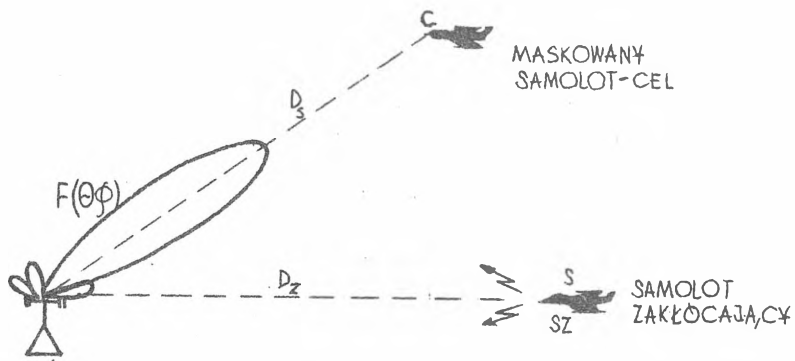
- k_d - współczynnik degradacji informacji radiolokacyjnej;
- P_z^0 - moc sygnału zakłócającego na wejściu odbiornika RLS;
- P_u - moc sygnału użytecznego /w impulsie/ na wejściu odbiornika RLS.

Współczynnik K jest funkcją, między innymi, parametrów nadajnika zakłóceń, parametrów zakłócającej RLS, ich wzajemnego położenia itp. Dlatego też, dla określenia skuteczności /wpływu/ zakłóceń, należy ustalić zależność stosunku mocy zakłócania do mocy sygnału /współczynnika zakłóceń K / od parametrów nadajnika zakłócającego i zakłócającej stacji radiolokacyjnej. Rozpatrzmy przykład, w którym samoloty przeciwnika przełamują system obrony powietrznej. Działania bojowe środków walki systemu obrony powietrznej zabezpieczają w informację radiolokacyjną pododdziały wojsk radiotechnicznych, wyposażone w stacje radiolokacyjne /w celu uproszczenia rozważań na rysunku 12a pokazano tylko jedną RLS, jeden samolot zakłócający i jeden cel powietrzny, którego działania są maskowane/.

Wprowadzimy oznaczenia parametrów charakteryzujących system zakłócający i zakłócaną stację radiolokacyjną.

Parametry charakteryzujące system zakłócający:

- P_z - moc nadajnika zakłóceń z uwzględnieniem strat w linii przesyłowej;
- G_z - zysk kierunkowy anteny nadajnika zakłóceń;
- Δf_z - efektywna szerokość widma sygnału zakłócającego;



Rys.12a Ilustracja zakłóceń stosowanych przez jeden samolot zakłócający

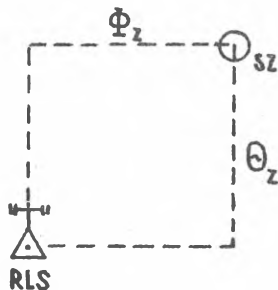
λ_z - współczynnik uwzględniający różnicę polaryzacji anten nadajnika zakłóceń i zakłócanej RLS;

σ_o - powierzchnia skuteczna maskowanego obiektu powietrznego;

D_z, Q_z, Φ_z - współrzędne biegunowe samolotu zakłócającego. Kąty określa się w odpowiednich płaszczyznach w odniesieniu do maksimum charakterystyki kierunkowej anteny zakłócanej stacji /rys.13/;

D_a - odległość maskowanego samolotu od RLS;

D_z - odległość samolotu zakłócającego od pracującej RLS.



Rys.13. Współrzędne samolotu zakłócającego / S_z / względem RLS

Parametry charakteryzujące zakłócanie stacje radiolokacyjne

- P_s - moc zakłócającej stacji z uwzględnieniem strat w linii przesyłowej;
- G_s - zysk kierunkowy anteny zakłócającej stacji /iloczyn P_s i G_s nazywa się potencjałem energetycznym stacji $P_e = P_s \cdot G_s$ /;
- Δf_o - szerokość pasma przepuszczenia liniowej części odbiornika zakłócającej stacji /przy czym zakłada się, że $\Delta f_e \geq \Delta f_o$ /;
- $F/Q_z, \Phi_z$ - funkcja opisująca znormalizowaną charakterystykę kierunkową zakłócającej stacji;
- k_d - współczynnik degradacji informacji radiolokacyjnej danej RLS dla zadanego sygnału zakłócającego;
- A_r - powierzchnia skuteczna anteny zakłócającej RLS, określona z zależności

$$A_r = \frac{G_s \cdot \lambda^2}{4\pi} \quad 2.1$$

gdzie:

λ - długość fali częstotliwości roboczej RLS.

Określimy zależność współczynnika zakłóceń K od wymienionych parametrów. Moc sygnału zakłócającego na wejściu odbiornika zakłócającej RLS, po pominięciu mocy szumów własnych odbiornika, określić można z zależności

$$P_{z_1}^o = P_z' \cdot A_r \cdot F^2/Q_z, \Phi_z / \gamma_z \quad 2.2$$

gdzie:

$$P_z' = \frac{P_z \cdot G_z}{4\pi \cdot D_z^2} \cdot 10^{0,1\alpha \cdot D_z}$$

przy czym α jest współczynnikiem uwzględniającym osłabienie sygnału w atmosferze / dB/km/, przy jego rozchodzeniu się tylko w jedną stronę.

Na wejście odbiornika RLS podaje się jedynie część mocy zakłóceń, określona ilorazem szerokości widma sygnału zakłócającego i pasma przepuszczenia odbiornika zakłócanej RLS. Przy założeniu prostokątnej aproksymacji widma sygnału zakłócającego i amplitudowo-częstotliwościowej charakterystyki liniowej części odbiornika, moc sygnału zakłócającego na wejściu odbiornika RLS w granicach przepuszczenia jego liniowej części, można określić w sposób następujący

$$P_z^0 = P_{z_1}^0 \cdot \frac{\Delta f_0}{\Delta f_z} \quad 2.3$$

Po uwzględnieniu 2.3 i podstawieniu do 2.2 zależności 2.1 otrzymujemy

$$P_z^0 = \frac{P_z \cdot G_z \cdot G_s \cdot \lambda^2}{/4\pi/2 \cdot D_z^2} \cdot F^2/Q_z \cdot \Phi_z / \gamma_z \cdot \frac{\Delta f_0}{\Delta f_z} \cdot 10^{-0,1\mathcal{L} \cdot D_z} \quad 2.4$$

W analogiczny sposób można otrzymać wyrażenie na moc sygnału użytecznego na wejściu liniowej części odbiornika zakłócanej RLS

$$P_u = \frac{P_s \cdot G_s^2 \cdot \epsilon_0 \cdot \lambda^2}{/4\pi/3 \cdot D_s^4} \cdot 10^{-0,2 \cdot \mathcal{L} \cdot D_s} \quad 2.5$$

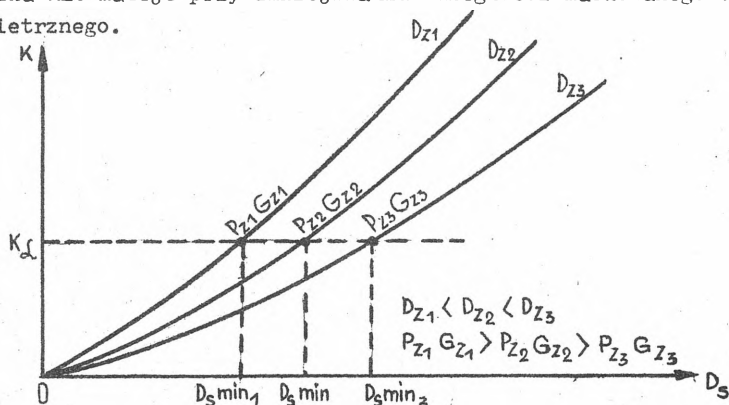
Podstawiając 2.4 i 2.5 do zależności 2.0 znajdujemy poszukiwane wyrażenie ilorazu mocy sygnału zakłócającego i mocy sygnału użytecznego na wejściu odbiornika

$$K = 4\pi \cdot \frac{P_z \cdot G_s \cdot D_s^4}{P_e \cdot \epsilon_0 \cdot D_z^2} \cdot F/Q_z \cdot \Phi_z / \frac{\Delta f_0}{\Delta f_z} \cdot \gamma_z \cdot 10^{0,1\mathcal{L} / 2D_s - D_z /} \quad 2.6$$

Wyrażenie 2.6 nazywa się równaniem przeciwdziałania radioelektronicznego dla zakłóceń aktywnych. Pozwala ono znaleźć

zależność ilorazu mocy sygnału zakłócającego do mocy sygnału użytecznego od parametrów zakłócającej RLS, nadajnika zakłóceń i ich wzajemnego położenia.

Na rysunku 14 przedstawiono zależność współczynnika K w funkcji odległości maskowanego samolotu od zakłócającej RLS, a także odległości samolotu zakłócającego od zakłócającej RLS oraz potencjału energetycznego nadajnika zakłóceń $P_z \cdot G_z$. Jak wynika z przedstawionych wykresów, dla danego potencjału energetycznego nadajnika zakłóceń $P_z \cdot G_z$ i stałej odległości nadajnika zakłóceń od zakłócającej RLS D_z , iloraz mocy sygnału zakłócającego i sygnału użytecznego K na wejściu odbiornika RLS maleje przy zmniejszaniu odległości maskowanego obiektu powietrznego.



Rys.14 Ilustracja skuteczności zakłóceń z funkcji odległości maskowanego samolotu od zakłócającej RLS

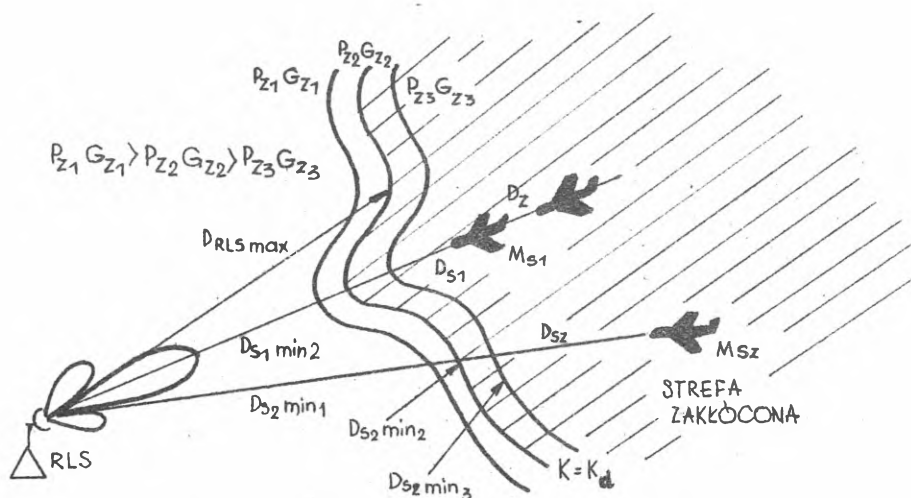
Na pewnej odległości od maskowanego obiektu powietrznego do zakłócającej RLS wartość współczynnika K maleje do tego stopnia, że zakłócenia przestają być skuteczne. Granica przy której przekroczeniu zakłócenia stają się nieskuteczne, jest określona równaniem

$$K = k_d$$

Obszar, w którym $K \geq k_d$ /skuteczne zakłócenia/ nazywa się strefą zakłócania.

Jak wynika z zależności 2.6 współczynnik K , a w konsekwencji i granice strefy zakłócania są w dużym stopniu zależne od charakterystyki kierunkowej zakłócanej RLS. Jeżeli nadajnik zakłóceń działa w głównym listku charakterystyki kierunkowej, to oczywiście strefa zakłócania będzie miała większe rozmiary niż w przypadku zakłócania w listku bocznym.

Na rysunku 15 przedstawiono w układzie współrzędnych biegunowych strefy zakłócania RLS o danej charakterystyce kierunkowej anteny. Można zauważyć, że przy danym potencjale energetycznym nadajnika zakłóceń $P_Z \cdot G_Z$ i danym położeniu samolotów zakłócającego S_m względem zakłócanej RLS, maskowany obiekt powietrzny S_m może się zbliżyć do RLS /bez obawy o wykrycie/, znajdując się na jednej linii z samolotem zakłócającym /czyli zakłócenia oddziałują na główny listek charakterystyki kierunkowej/, znacznie bliżej niż w przypadku, gdy S_m wykonuje lot w kierunku RLS pod innym kątem niż nadajnik zakłóceń /stacja jest zakłócana przez listki boczne/.



Rys.15 Ilustracja stref zakłócania RLS w układzie współrzędnych biegunowych

Tak więc zasięg wykrywania pierwszego maskowanego obiektu powietrznego S_{m_1} będzie mniejszy od zasięgu wykrywania drugiego obiektu $S_{m_2} / D_{s_1 \min_2} < D_{s_2 \min_2} /$. Jednak w obydwu przypadkach będzie mniejszy od nominalnego zasięgu wykrywania RLS $/ D_{s_1 \min_2} < D_{s_2 \min_2} < D_{RLS \max} /$. Dalsze zwiększanie potencjału energetycznego nadajnika zakłóceń powoduje przesunięcie granicy strefy zakłócania w kierunku RLS.

W celu dokonania praktycznych wyliczeń granicy strefy zakłócania, należy uwzględnić wpływ listków bocznych charakterystyki promieniowania anteny RLS. Poziom mocy /czułości/ listków bocznych w stosunku do listka głównego uzależniony jest od indywidualnych cech RLS. Można przyjąć, że poziom czułości pierwszego i drugiego listka bocznego jest odpowiednio o 20 i 30 dB mniejszy od poziomu czułości głównego listka charakterystyki kierunkowej.

Jeżeli pominąć tłumienie fal elektromagnetycznych w atmosferze $/ \alpha \approx 0 /$, to zależność 2.6 przyjmuje postać

$$K = 4 \pi \frac{P_z \cdot G_z \cdot D_s^4}{P_e \cdot G_o \cdot D_z^2} \cdot F^2 / Q_z \cdot \Phi_z / \cdot \frac{\Delta f_o}{\Delta f_z} \cdot \sqrt{z} \quad 2.7$$

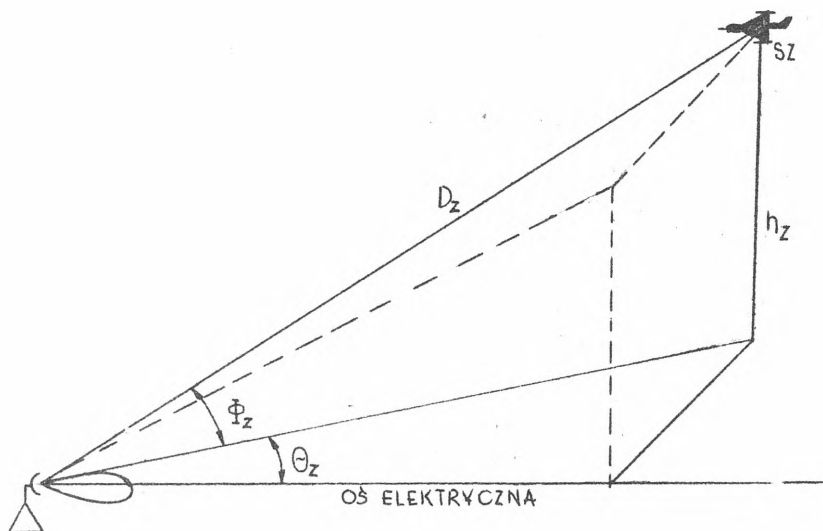
Przyjmując dla celów praktycznych obliczeń $\sqrt{z} = 0,5$, a poza tym oznaczając gęstość widmową zakłóceń szumowych jako

$$G = \frac{P_z}{\Delta f_z}$$

zależność 2.7 można zapisać

$$K = 2 \pi \frac{G \cdot G_z \cdot D_s^4}{P_e \cdot G_o \cdot D_z^2} \cdot F^2 / Q_z \cdot \Phi_z / \cdot \Delta f_o \quad 2.8$$

Zależnością 2.8 łatwo można się posługiwać przy określaniu współczynnika degradacji pod warunkiem, że znana jest wartość znormalizowanej charakterystyki kierunkowej zakłócającej RLS /lub umie się ją określić/. Na jej wartość wpływ ma, między innymi, wysokość znajdowania się źródła zakłóceń h_z , jego odległość od zakłócającej stacji D_z oraz wielkość przesunięcia osi elektrycznej rzutu poziomego charakterystyki kierunkowej zakłócającej RLS względem źródła zakłóceń /rys.16/.



Rys.16 Ilustracja czynników wpływających na charakterystykę zakłóconej RLS

Ponieważ analityczne wyznaczenie wartości K na podstawie zależności 2.8 sprawia poważne trudności, dla celów praktycznych z wystarczającą dokładnością można posłużyć się równaniem

$$F^2/Q_z, \Phi_z / = \frac{D/\Phi_z /}{D_{max}} F^2/Q_z / \quad 2.9$$

gdzie:

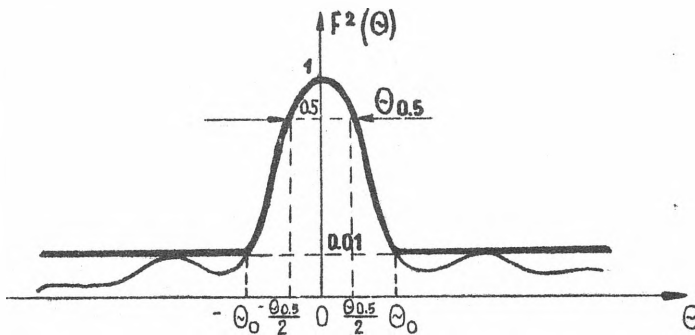
$D/\Phi_z /$ - zasięg wykrywania RLS na wysokości H_z /kąt $\Phi_z /$;
 D_{max} - maksymalny zasięg wykrywania RLS;

oraz

$$F^2/Q_z = \begin{cases} \frac{1}{1 + \frac{2Q_z}{Q_{0,5}}^2} & \text{dla } |Q_z| \leq Q_0 \\ 0,01 & \text{dla } |Q_z| > Q_0 \end{cases} \quad 2.10$$

przy czym

$Q_{0,5}$ - szerokość charakterystyki promieniowania anteny RLS na poziomie połowy mocy /rys.17/.



Rys.17 Aproksymowana charakterystyka kierunkowa stacji radiolokacyjnej

Ustalaając wartość funkcji $F^2/Q_z = 0,01$ na podstawie zależności 2.10 można wyznaczyć wartość Q_0 z równania

$$Q_0 = \pm 5Q_{0,5} \quad 2.11$$

W przypadku zakłócania stacji radiolokacyjnej przez większą liczbę nosicieli zakłóceń znajdujących się pod różnymi kątami/rys.18/, wówczas wartość współczynnika degradacji K określa się jako sumę wartości współczynnika K_i pochodzących od poszczególnych nosicieli

$$K = \sum_{i=1}^I K_i \quad 2.12$$

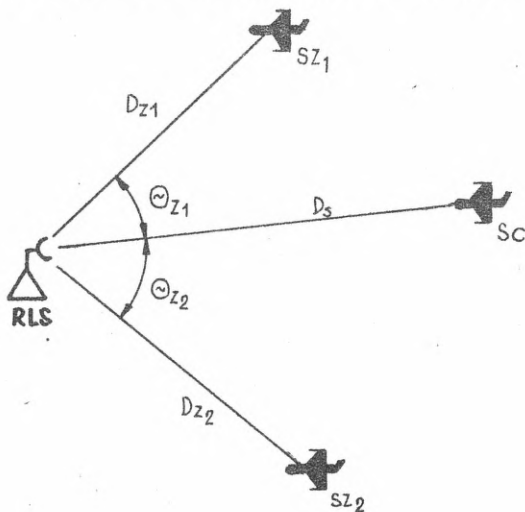
Natomiast wartość współczynnika degradacji k_d dla ciągłych zakłóceń szumowych określa się za pomocą zależności

$$k_d = \frac{F_p \cdot Q_{0,5}}{36 \cdot n} \quad 2.13$$

gdzie:

F_p - częstotliwość powtarzania impulsów /na sekundę/
zakłócającej RLS;

n - liczba obrotów /na minutę/ anteny RLS.



Rys.18 Ilustracja zakłóceń stosowanych przez większą liczbę nosicieli

Zależność 2.13 wyznaczono przy założeniu, że wiązka anteny stacji radiolokacyjnej przeszukuje przestrzeń jedynie w azymucie i że sygnał zakłócający jest białym szumem gaussowskim.

Po uwzględnieniu współczynnika jakości szumu η /wartość współczynnika określa się doświadczalnie, oceniając wielkości współczynników degradacji konkretnego urządzenia radioelektronicznego przez biały szum gaussowski i pewien dany szum rzeczywisty [59] zależność 2.13 przyjmuje następującą postać

$$K = \frac{F_p \cdot Q_{0,5}}{36 \cdot n \cdot \eta} \quad 2.14$$

gdzie: $\eta = \frac{k_{do}}{k_{dr}}$ - współczynnik jakości szumu

przy czym

k_{do} - współczynnik degradacji przy oddziaływaniu białego szumu gaussowskiego;

k_{dr} - współczynnik degradacji przy oddziaływaniu szumu rzeczywistego.

Porównując wyznaczone wartości współczynników K i k_d określa się stopień skuteczności zastosowania przez ŚNP przeciwnika czynnych zakłóceń radioelektronicznych.

Dla potrzeb modelowania przyjęto, że w przypadku skutecznych zakłóceń $K \geq k_d$ /wszystkich włączonych do pracy bojowej RLS, znajdujących się w wyposażeniu kompanii radiotechnicznych danego związku taktycznego, mogących wykryć dany cel powietrzny /stosujący zakłócenia/, a zakłócający co najmniej dwie kompanie radiotechniczne, wówczas miejsce położenia tego celu określa się metodą triangulacji.

W przypadku stosowania przez ŚNP przeciwnika zakłóceń pasywnych, na pewien okres czasu, na ekranach wskaźników RLS /w miejscach odpowiadających rejonowi ich stosowania/ powstają zaświecenia, na tle których trudno będzie prowadzić rozpoznanie i identyfikację obiektów powietrznych, a także realizować radiolokacyjne zabezpieczenie działań bojowych środków walki wojsk OPK. Chcąc więc prowadzić wykrywanie

i śledzenie obiektów powietrznych w trakcie stosowania tych zakłóceń, należy włączyć urządzenie tłumienia ech stałych. Jednakże stosowanie ich powoduje zmniejszenie zasięgu wykrywania i śledzenia o około 20 %, a tym samym zmniejszenie o tyle samo promienia informacji radiolokacyjnej. Zakłócenia pasywne najczęściej stosowane będą wspólnie z zakłóceniami aktywnymi, w celu zwiększenia efektywności tych drugich.

2.2.2.2. Rozpoznanie radioelektroniczne

Rozpoznanie radioelektroniczne w wojskach OPK jest jedynym rodzajem rozpoznania, które pozwala zdobywać dane o środkach napadu powietrznego przeciwnika działających na dalekich podejściach, a zwłaszcza poza zasięgiem rozpoznania radiolokacyjnego. Umożliwia ono zdobywanie danych o przeciwniku /głównie o jego SNP-K/ za pomocą specjalnych urządzeń technicznych, które umożliwiają śledzenie pracujących urządzeń przeciwnika, emitujących energię elektromagnetyczną. Proces rozpoznania radioelektronicznego obejmuje wykrywanie i określanie położenia źródeł promieniowania elektromagnetycznego, ujawnianie treści przechwyconych korespondencji oraz analizę charakterystyk technicznych stosowanych urządzeń radioelektronicznych.

W wojskach OPK można wyróżnić rozpoznanie radiowe na falach krótkich i rozpoznanie radiowe na falach ultrakrótkich i systemów radiolokacyjnych.

Rozpoznanie radiowe na falach krótkich jest podstawowym rodzajem rozpoznania operacyjnego wojsk OPK. Podstawowym celem tego rozpoznania jest zdobywanie danych o siłach powietrznych /SNP/ bazujących na północno i środkowoeuropejskich teatrach działań wojennych. Dostarcza ono danych o stanie liczebnym, dyslokacji i sposobach użycia tych sił w operacjach powietrznych oraz o ich wyposażeniu w radioelektroniczne urządzenia kierowania SNP przeciwnika.

Natomiast rozpoznanie radiowe na falach ultrakrótkich i systemów radiolokacyjnych jest podstawowym rodzajem rozpoznania taktycznego stosowanego w korpusie OPK. Zasadniczym celem tego rozpoznania jest wydłużenie zasięgu informacji radiolokacyjnej wojsk radiotechnicznych, a tym samym wcześniejsze uprzedzenie systemu OP o zbliżeniu się celów powietrznych do rejonu obrony.

W systemie OPK zadania tego rozpoznania realizuje pułk rozpoznania radioelektronicznego. W jego skład wchodzi, między innymi: stanowisko dowodzenia, 1-2 bataliony rozpoznania radiowego KF oraz batalion rozpoznania radiowego UKF i systemów radiolokacyjnych^{18/} /pokładowych/. W skład tego batalionu wchodzi: SD, radiowe centrum odbiorcze UKF i kompanie rozpoznania radiowego UKF i systemów radiolokacyjnych, każda z nich w składzie SD i plutonów rozpoznania radiowego UKF i systemów radiolokacyjnych, radiowego centrum odbiorczego UKF.

Rozpoznanie radioelektroniczne wojsk OPK dostarcza niezbędnych danych operacyjnych i taktycznych o siłach powietrznych przeciwnika. W danych operacyjnych, które możemy przedstawić w formie następującego wektora

$$I_{RE}^O = /D, O, G, Z, M, S_d/ \quad 2.15$$

zawarte są informacje o:

- D - dyslokacji sił powietrznych;
- O - strukturze organizacyjnej i składzie sił powietrznych;
- G - gotowości bojowej całości sił i poszczególnych jednostek;
- Z - zamiarach prowadzenia działań;
- M - możliwościach prowadzenia działań;
- S_p - sposobach prowadzenia działań.

Natomiast w danych taktycznych przedstawionych w postaci

$$I_{RE}^T = /R_c, W_c, S_c, R_p, P_p, P_o, F_e/ \quad 2.16$$

określa się:

- R_c - rodzaj celu powietrznego;
- W_c - położenie /miejsce znajdowania/ celu powietrznego;
- S_c - skład celu powietrznego;
- R_p - działalność celu powietrznego;

18/ W dalszej części opracowania będzie nas interesować jedynie wykorzystanie w działaniach bojowych wojsk OPK tego batalionu.

- P_p - przynależność państwowa celu powietrznego;
 P_o - przynależność organizacyjna celu;
 F_e - rodzaj i częstotliwości pokładowych urządzeń radioelektronicznych.

Zdobycie danych rozpoznawczych pokazanych w 2.16 stanowi zmien-
 ną losową. Ilość i jakość uzyskanych danych zależy od wielu czynni-
 ków, do których między innymi można zaliczyć: prawdopodobieństwo znaj-
 dowania się S_{WP} przeciwnika w strefie rozpoznania radioelektroniczne-
 go, prawdopodobieństwo promieniowania energii elektromagnetycznej
 przez samolotowe urządzenia pokładowe, prawdopodobieństwo odbioru
 promieniowanej energii elektromagnetycznej przez własne urządzenia
 rozpoznawcze, rodzaj pracy urządzeń radioelektromagnetycznych przeci-
 wnika, treść i sposób przekazywania oraz stopień utajnienia prze-
 syłanych danych, możliwości ujawnienia i opracowywania odebranych sy-
 gnałów przez własne siły i środki, czas zdobycia, opracowania i prze-
 kazania danych użytkownikom, liczbę i stopień wykszolenia załóg w
 systemie rozpoznania radioelektronicznego, liczbę urządzeń rozpozna-
 nia radioelektronicznego.

Zadania rozpoznania taktycznego realizuje batalion rozpoznania
 radiowego UKF i systemów radiolokacyjnych. Batalion ten scharaktery-
 zujemy w następujący sposób

$$B_{RE} = /S_D, K_L^T, R^{UKF}/, \quad l=1,2,\dots,L$$

gdzie:

- S_D - stanowisko dowodzenia batalionu;
 K_L^R - kompanie rozpoznania radiowego UKF
 i systemów radiolokacyjnych;
 R^{UKF} - radiowe centrum odbiorcze UKF.
 L - liczba kompanii rozpoznania radiowego UKF
 i systemów radiolokacyjnych.

Natomiast kompanię rozpoznania radiowego UKF i systemów radio-
 lokacyjnych opiszemy następująco:

$$K_L^R = /N_L^K, P_{L_i}^N, R_{L_j}^{UKF}/, \quad i=1,2,\dots,I \quad j=1,2,\dots,J$$

gdzie:

- N_L^K - numer taktyczny kompanii;
- $P_{L_i}^N$ - pluton namierzania radiowego UKF i rozpoznania pokładowych RLS;
- $R_{L_j}^{UKF}$ - radiowe centrum odbiorcze /RCO/ UKF /pluton nasłuchu radiowego UKF/;
- I - liczba plutonów namierzania;
- J - liczba RCO UKF.

Pluton namierzania radiowego UKF i rozpoznania pokładowych RLS scharakteryzujemy następująco.

$$P_{L_i}^N = /N_{L_i}, W_{L_i}, N_{L_i}, P_{L_2}^{RLS} / \quad \begin{matrix} l_1=1,2,\dots,L_1 \\ l_2=1,2,\dots,L_2 \end{matrix}$$

gdzie:

- N_{L_i} - numer taktyczny plutonu;
- W_{L_i} - współrzędne topograficzne miejsca /rejonu/ ugrupowania bojowego plutonu;
- N_{L_i} - typy namierników radiowych UKF;
- $P_{L_2}^{RLS}$ - typy stacji rozpoznania pokładowych RLS;
- L_1 - liczba namierników radiowych UKF;
- L_2 - liczba stacji rozpoznania pokładowych RLS.

Radiowe centrum odbiorcze UKF /pluton nasłuchu radiowego UKF/ określimy za pomocą następującego wektora

$$R_{L_j}^{UKF} = /N_{L_j}, W_{L_j}, O_{l_3}^{UKF} /, \quad l_3=1,2,\dots,L_3$$

gdzie:

- N_{L_j} - numer taktyczny RCO UKF;
- W_{L_j} - współrzędne topograficzne miejsca rozwinięcia RCO UKF;
- $O_{l_3}^{UKF}$ - typy urządzeń odbiorczych UKF;
- L_3 - liczba urządzeń odbiorczych UKF w RCO.

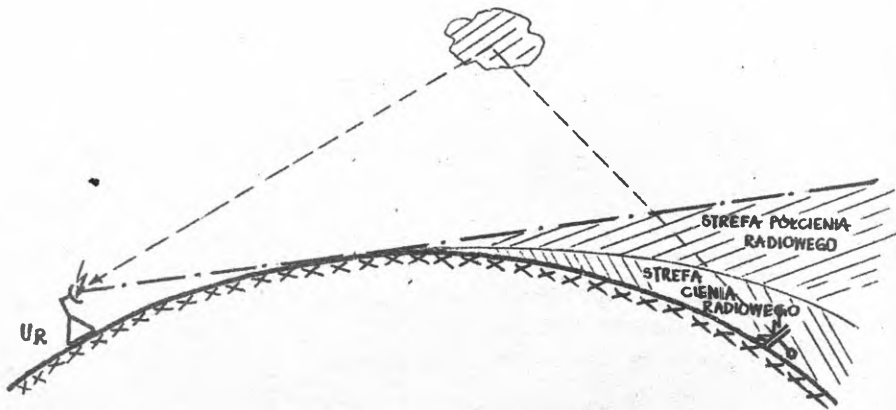
Urządzenie rozpoznania radioelektronicznego dowolnego typu /np. stacja rozpoznania pokładowych RLS, namiernik radiowy UKF, urządzenie odbiorcze UKF/ zdefiniujemy w następujący sposób

$$U_R = \sqrt{\Delta f_p \cdot R_p \cdot R_G \cdot A_R \cdot \Delta N}$$

gdzie:

- Δf_p - zakres rozpoznawanego pasma częstotliwości urządzeń radioelektronicznych przeciwnika;
- R_p - rodzaj pracy urządzenia rozpoznawczego;
- R_E - rodzaj odbieranej emisji;
- A_R - czułość urządzenia rozpoznawczego;
- ΔN - dokładność dokonywania namiarów.

Odległość, na której można /z założonym prawdopodobieństwem/ realizować rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie fal UKF zależy od wielu czynników. Można do nich zaliczyć między innymi: parametry źródła promieniowania energii elektromagnetycznej /P - moc, G - zysk kierunkowy anteny/; parametry urządzenia rozpoznawczego / P_{Rmin} - minimalna moc, G_R - zysk kierunkowy anteny urządzenia rozpoznawczego, γ - współczynnik polaryzacji charakterystyki promieniowania, Ψ - współczynnik odbioru sygnału/ oraz warunki rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w przestrzeni /w swobodnej przestrzeni, w strefie półcienia i cienia radiowego/ - rys.19.



Rys.19 Przykłady rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w przestrzeni

Odległość rozpoznania w swobodnej przestrzeni określić można z wykorzystaniem wzoru

$$D_R^s \leq \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P \cdot G \cdot G_R}{n \cdot P_{R_{\min}}}} \cdot \gamma \cdot \psi \cdot 10^{-\frac{\alpha \cdot D_R}{20}}$$

gdzie:

- λ - długość fali roboczej źródła promieniowania elektromagnetycznego;
- n - współczynnik zależny od sposobu rejestracji i opracowania odebranego sygnału przez urządzenie rozpoznawcze;
- α - współczynnik tłumienia energii elektromagnetycznej w przestrzeni.

Odległość rozpoznania w strefie cienia radiowego można określić za pomocą zależności

$$D_R^c = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P \cdot G \cdot G_R}{n \cdot P_{R_{\min}}}} \cdot \gamma \cdot \psi \cdot 10^{-\frac{\alpha \cdot D_R^c + L/D_R^c}{20}}$$

gdzie:

- L/D_R^c - funkcja określająca przyrost odległości rozpoznania na skutek refrakcji fal elektromagnetycznych.

Natomiast odległość rozpoznania w strefie półcienia radiowego można wyznaczyć na podstawie zależności na zasięg horyzontu radiowego

$$D_R^p = 4,12 \sqrt{h_1 + h_2}$$

gdzie:

- h_1 - bezwzględna wysokość znajdowania się anteny urządzenia rozpoznawczego /w metrach/;

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

2.19

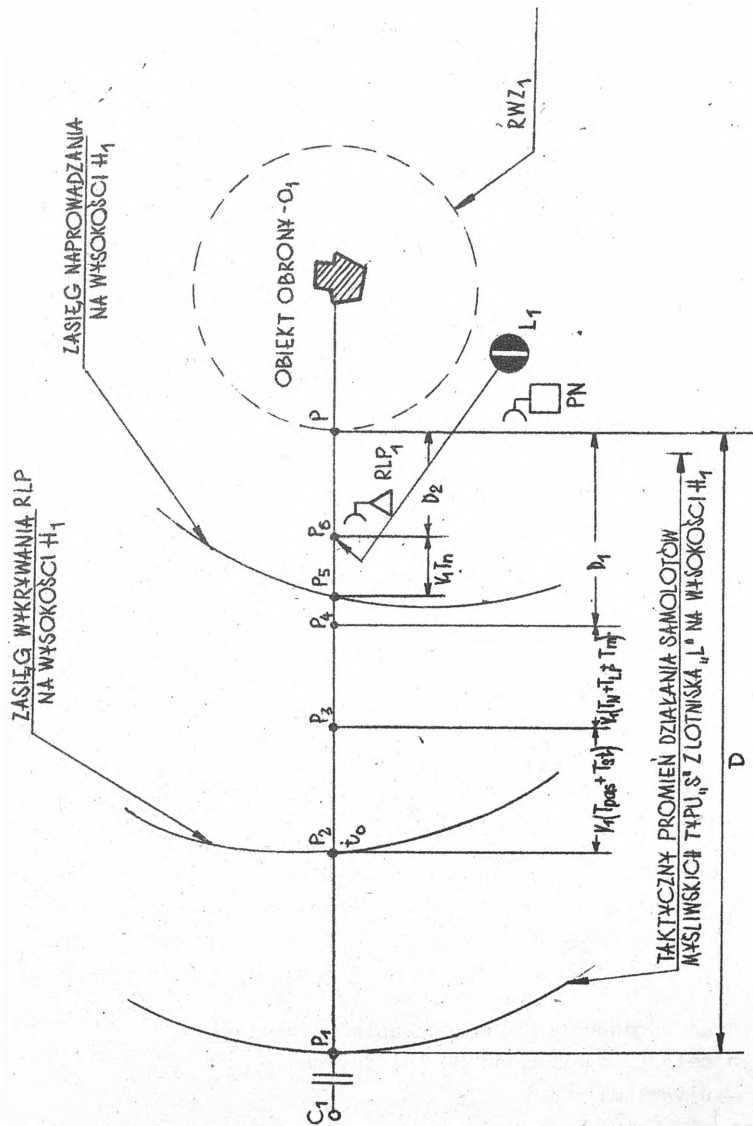
gdzie:

- P_n - prawdopodobieństwo naprowadzania samolotu myśliwskiego na cel powietrzny;
- P_{at} - prawdopodobieństwo dogodnego wyjścia do ataku;
- P_r - prawdopodobieństwo wykonania ataku i rażenia celu powietrznego;
- P_{pr} - prawdopodobieństwo pokonania przeciwdziałania radioelektronicznego;
- P_t - prawdopodobieństwo sprawności technicznej samolotu myśliwskiego;
- P_z - prawdopodobieństwo tego, że przed wykonaniem oddziaływania samolot nie zostanie zniszczony przez ŚNP przeciwnika.

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

Do zasadniczych czynników mających wpływ na możliwą liczbę oddziaływań lotnictwa myśliwskiego można zaliczyć: warunki lotu oraz rubieże wykonania zadania /RWZ/ przez ŚNP; położenie obiektów obrony, położenie lotnisk i stref dyżurowania lotnictwa względem obiektów obrony; czasowo-przestrzenne możliwości samolotów myśliwskich; rozmieszczenie pododdziałów radiotechnicznych zabezpieczających wykrywanie ŚNP i naprowadzanie własnego lotnictwa na cele powietrzne; zasięg wykrywania, ciągłość śledzenia oraz dokładność określania położenia i charakterystyk celów powietrznych; czas obiegu informacji o celach powietrznych; czas podejmowania decyzji o niszczeniu ŚNP przeciwnika.

Zależność liczby oddziaływań samolotów myśliwskich od powyższych czynników rozpatrzmy na prostym przykładzie. Uwzględniono w nim jeden cel powietrzny C_1 , jeden obiekt obrony O_1 , jedno lotnisko L_1 , jedną kompanię radiotechniczną RLP_1 oraz jeden punkt naprowadzania PN_1 /rys.20/.



Rys.20 Interpretacja oddziaływania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne w systemie OPK

Cel powietrzny C_1 wykonuje lot z prędkością V_1 na wysokości H_1 z zamiarem wykonania uderzenia na obiekt O_1 . Ze względu na zastosowane środki rażenia, obiekt może być zaatakowany w momencie dolotu celu powietrznego do RWZ_1 w punkcie P. Na lotnisku L_1 bazuje n samolotów myśliwskich typu S_1 , dyżurujących w gotowości bojowej nr 1.

Ze względu na potencjalne możliwości samolotów myśliwskich /taktyczny promień działania/ mogą one oddziaływać na cel powietrzny C_1 na odcinku D trasy lotu, ograniczonym punktami P_1 i P w czasie

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

Warunkiem rozpoczęcia oddziaływania /wprowadzenia samolotów myśliwskich do walki/ jest wykrycie celu przez wojska radiotechniczne, przekazanie o nim informacji do SD /podejmującego decyzję o użyciu IM/, podjęcie decyzji i naprowadzenie samolotów myśliwskich na cel powietrzny. Cel powietrzny C_1 może być wykryty przez RLP_1 najwcześniej w momencie t_0 w punkcie P_2 . Natomiast samoloty myśliwskie z lotniska L_1 mogą wystartować na przechwycenie celu po czasie

$$T = T_{pas} + T_{st}$$

gdzie:

- T_{pas} - czas, jaki upłynie od momentu wykrycia celu powietrznego przez WRt do momentu wydania komendy startu samolotów myśliwskich na przechwycenie;
- T_{st} - czas wykonania startu samolotów myśliwskich z określonego stopnia gotowości bojowej.

Na wielkość czasu pasywnego T_{pas} składa się

$$T_{pas} = T_0 + T_d$$

gdzie:

- T_0 - czas opracowania i przekazania informacji o celu C_1 od RLP_1 do SD lotnictwem myśliwskim;

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

Tak więc w momencie wystartowania samolotów myśliwskich z lotniska L_1 cel powietrzny C_1 znajdzie się w punkcie P_3 . Znając taktyczno-techniczne możliwości samolotów myśliwskich /prędkość wznoszenia, prędkość lotu poziomego, czas wykonania manewru/ można określić najwcześniejszy moment rozpoczęcia oddziaływania na cel w punkcie P_4 /Na rys. 20 oznaczono przez: T_n - czas wznoszenia, T_{LP} - czas lotu poziomego, T_m - czas manewru samolotu myśliwskiego/.

Ze względu na moment wykrycia t_0 oraz czas T_1 samoloty myśliwskie z lotniska L_1 mogą oddziaływać na cel powietrzny C_1 na odcinku trasy jego lotu D_1 , ograniczonym punktami P_4 i P_1 w czasie

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

Łatwo jednak zauważyć, że w założonej /prostej/ sytuacji nie ma możliwości zrealizowania naprowadzania samolotów myśliwskich do momentu dolotu celu powietrznego C_1 do punktu P_4 . Nawigator może bowiem rozpocząć naprowadzanie najwcześniej w momencie dolotu celu powietrznego do punktu P_5 . Naprowadzanie może być zrealizowane najwcześniej po czasie T_n , zapewniającym wykonanie następujących czynności przez nawigatora i pilota /pilotów/: wykrycie i zidentyfikowanie celu i myśliwca /myśliwców/ przez nawigatora; określenie /obliczenie/ warunków manewru samolotów myśliwskich, w celu wprowadzenia ich w dogodne położenie do rozpoczęcia oddziaływania oraz wykonanie manewru przez pilota /pilotów/.

Ze względu na zasięg naprowadzania oraz niezbędny czas jego realizacji T_n , samoloty myśliwskie z lotniska L mogą oddziaływać na cel powietrzny C_1 na odcinku trasy jego lotu D_2 , ograniczonym punktami P_6 i P w czasie

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

Znając czas, jakim dysponuje samolot myśliwski /grupa samolotów/ na prowadzenie walki, można określić możliwą liczbę oddziaływań na cel powietrzny^{20/} z następującej zależności

$$x_3 = \frac{T_3}{T_4}$$

gdzie:

- T_3 - czas, jakim dysponują samoloty myśliwskie na przeprowadzenie walki /możliwy całkowity czas oddziaływania na cel C_1 /;
- T_4 - czas trwania jednego oddziaływania.

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

Podobnie można określić możliwą liczbę oddziaływań x_2 ze względu na radiolokacyjną informację dowodzenia /zasięg wykrywania RLP₁ oraz czas obiegu informacji T_0 / oraz możliwą liczbę oddziaływań x_1 ze względu na taktyczny promień działania samolotów myśliwskich z następujących zależności

$$x_1 = \frac{T_1}{T_4} \quad \text{i} \quad x_2 = \frac{T_2}{T_4}$$

Liczba oddziaływań na dany cel powietrzny, przy stałym położeniu obiektu obrony O_1 , jest zależna od wielu czynników takich jak: zgrupowanie i możliwości bojowe samolotów myśliwskich /czas wznoszenia, prędkość lotu, czas manewru, czas startu, czas jednego oddziaływania, uzbrojenie w środki rażenia, wyposażenie w urządzenia celownicze, i nawigacyjne itd/; ugrupowanie i możliwości radiolokacyjnych środków wykrywania i naprowadzania /np. zasięg wykrywania, zasięg naprowadzania, czas obiegu informacji/; czas podjęcia decyzji i czas realizacji naprowadzania.

20/ Przyjęto, że cel powietrzny jest to grupa /pojedynczy/ SNP przeciwnika, która ze względu na zdolności rozdzielcze RLS jest obserwowana jako pojedynczy obiekt powietrzny.

Zakładając, że czasy realizacji poszczególnych czynności w cyklu dowodzenia $/T_d$ i $T_n/$ są w danych warunkach stałe, można przyjąć, że:

- x_1 jest wskaźnikiem charakteryzującym potencjalne możliwości oddziaływania samolotów myśliwskich z lotniska L_1 na cel powietrzny C_1 wyłącznie ze względu na taktyczny promień ich działania;

- x_2 jest wskaźnikiem charakteryzującym możliwości oddziaływania samolotów myśliwskich z lotniska L_1 na cel powietrzny C_1 z uwzględnieniem wpływu na nie radiolokacyjnej informacji dowodzenia /np.zasięgu wykrywania WRT i czasu obiegu informacji/;

- x_3 jest wskaźnikiem charakteryzującym możliwości oddziaływania samolotów myśliwskich z lotniska L_1 na cel powietrzny C_1 z uwzględnieniem realnego zabezpieczenia radiolokacyjnego /w informację dowodzenia i bojową/.

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

$$q^L = N \frac{\log/1-P_{zw}/}{\log/1-P_{zo}^L/} \quad 2.10$$

gdzie:

N - liczba samolotów wchodzących w skład celu powietrznego;

P_{zo}^L - prawdopodobieństwo zniszczenia jednego samolotu przeciwnika w jednym oddziaływaniu LM;

P_{zw} - założone prawdopodobieństwo zniszczenia jednego samolotu przeciwnika.

Lotnictwo myśliwskie OPK zorganizowane jest w pułki, co możemy zapisać

$$LM_{OPK} = /P_k/, \quad k=1,2,\dots,K$$

gdzie:

- P_k - wektor opisujący plm OPK;
- K - liczba pułków lotnictwa myśliwskiego w wojskach OPK.

Pułk lotnictwa myśliwskiego OPK^{21/} będzie scharakteryzowany, jeśli dany będzie wektor

$$P_k = /N_p, N_1^L, W_1^L, L_1^S, T_1^S, U_{1j}, N_{1_1}^S / \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, I \\ j=1, 2, \dots, J \\ l_1=1, 2, \dots, L_1 \end{matrix}$$

gdzie:

- N_p - numer taktyczny plm OPK;
- N_1^L - numer taktyczny lotniska, z którego może działać plm OPK;
- W_1^L - współrzędne topograficzne środka lotniska $/x_1^L, y_1^L/$;
- L_1^S - liczba samolotów znajdujących się na lotnisku;
- T_1^S - typ samolotów znajdujących się na lotnisku^{22/};
- U_{1j} - typy uzbrojenia znajdującego się na samolotach;
- $N_{1_1}^S$ - numery taktyczne stref dyżurowania w powietrzu, w których mogą działać samoloty myśliwskie plm OPK;
- I - liczba lotnisk, z których może działać pułk;
- J - liczba typów uzbrojenia znajdującego się na samolotach;
- L_1 - liczba stref dyżurowania plm OPK.

21/ Przyjmuje się, że w plm OPK znajduje się wystarczająca liczba wyszkolonych pilotów /nie mniejsza niż liczba samolotów/ mogących uczestniczyć w zwalczaniu samolotów przeciwnika z prawdopodobieństwem P_{zo} .

22/ Zakłada się, że na danym lotnisku znajdują się samoloty myśliwskie jednego typu.

Scharakteryzowany zostanie samolot myśliwski, jeśli określony będzie następujący wektor

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

gdzie:

- k_S - kod typu samolotu myśliwskiego;
- M_S^P - przestrzenne możliwości działania samolotu /taktyczny promień działania określony jako funkcja: prędkości, wysokości i zapasu paliwa; możliwa rubież przechwycenia celu powietrznego jako funkcja: odległości wykrycia celu powietrznego przez WRT i pokładową RLS/;
- M_S^t - czasowe możliwości działania samolotu /długotrwałość przebywania w powietrzu, czas startu, czas naboru wysokości, czas odtwarzania gotowości bojowej, czas gotowości do ponownego wykonania zadania/;
- M_S^O - ogniowe możliwości działania samolotu /typ uzbrojenia, prawdopodobieństwo wykonania ataku, prawdopodobieństwo rażenia celu powietrznego /pojedynczego samolotu przeciwnika/, prawdopodobieństwo zniszczenia pojedynczego samolotu przeciwnika/.

Strefę dyżurowania, w powietrzu, samolotów myśliwskich scharakteryzujemy przez podanie następujących danych

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

gdzie:

- N^S - taktyczny numer strefy dyżurowania w powietrzu;
- N^L - numer taktyczny lotniska, z którego samoloty działać będą w danej strefie dyżurowania;

- W^S - współrzędne topograficzne $/x^S, y^S/$
 środka strefy dyżurowania w powietrzu;
 v^d - prędkość lotu samolotów znajdujących się
 w strefie dyżurowania;
 H^d - wysokość lotu samolotów znajdujących się
 w strefie dyżurowania;
 T^P - czas początku dyżurowania samolotów
 w strefie;
 L^S - liczba samolotów znajdujących się
 w strefie dyżurowania.

2.2.4 Działania bojowe wojsk raketowych OPK

Wojska raketowe OPK obok lotnictwa myśliwskiego stanowią podstawowy rodzaj wojsk OPK. Znajdujące się w uzbrojeniu tych wojsk przeciwlotnicze zestawy rakiet kierowanych umożliwiają zwalczanie wszystkich typów samolotów potencjalnego przeciwnika, a także niektórych typów manewrujących pocisków raketowych. Posiadane uzbrojenie pozwala wojskom raketowym OPK prowadzić działania bojowe w różnych warunkach współczesnego pola walki i w porównaniu z innymi środkami rażenia zapewniają one najszybsze i najskuteczniejsze wykonanie zadań zwalczania lotnictwa przeciwnika. Ponadto wojska te zdolne są do utrzymywania przez dłuższy okres czasu wysokiego stopnia gotowości bojowej. Ich wadą natomiast jest to, że przeciwlotnicze zestawy raketowe /PZR/ znajdujące się w uzbrojeniu wojsk raketowych OPK charakteryzują się małą manewrowością oraz cyklicznością ostrzeliwania celów powietrznych /w zależności od czasu trwania cyklu strzelania i systemu ognia/.

Wojska raketowe OPK przeznaczone są do niszczenia SNP przeciwnika w zorganizowanym jednolitym systemie obrony powietrznej kraju, w celu osłony ważniejszych obiektów /rejonów, kierunków/ przed wykonaniem na nie uderzeń.

O skuteczności działania wojsk raketowych OPK decyduje podsystem bojowy /siły i środki ogniowe wojsk raketowych/ i podsystem dowodzenia, w skład którego wchodzi główne siły i środki rozpoznania przeciwnika powietrznego oraz siły i środki dowodzenia.

Podsystem bojowy wojsk raketowych OPK dysponuje dużym poten-

cjałem ogniowym, wyrażającym się w zdolności środków walki do niszczenia ŚNP z określonym prawdopodobieństwem. Do zasadniczych parametrów taktyczno-technicznych charakteryzujących potencjał ogniowy środków walki wojsk raketowych należą: strefy ognia PZR; czas cyklu strzelania; liczba rakiet i kanałów celowania; prawdopodobieństwo rażenia /niszczenie/ samolotów przeciwnika; odporność na zakłócenia radioelektroniczne; niezawodność działania.

Podsystem dowodzenia wojsk raketowych posiada własne siły i środki rozpoznania przeciwnika powietrznego. Jednak możliwości tych środków rozpoznania nie są wystarczające dla skutecznego zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych środków walki wojsk raketowych. Uwidacznia się to szczególnie w zakresie odległości wykrywania celów powietrznych, ciągłości ich śledzenia i dokładności określania charakterystyk. Jest to jedna z głównych przyczyn uzależnienia wykorzystania potencjału ogniowego wojsk raketowych od WRT. Wobec powyższego można stwierdzić, że skuteczność działania wojsk raketowych w poważnym stopniu uzależniona jest od zabezpieczenia radiolokacyjnego ich działań bojowych przez WRT. Dlatego też zabezpieczenie radiolokacyjne działań bojowych wojsk raketowych powinno zapewniać racjonalne wykorzystanie potencjału ogniowego środków walki tych wojsk. Do tego też celu niezbędnym jest opracowanie odpowiednich kryteriów i metod, za pomocą których można byłoby dokonywać oceny skuteczności działań bojowych wojsk raketowych w kontekście działań bojowych systemu OPK. *Zabezp. brt. przez podzysł. rozpoznania*

Najczęściej stosowanym kryterium oceny skuteczności działań bojowych wojsk raketowych jest oczekiwana liczba zniszczonych samolotów przeciwnika, którą można wyznaczyć korzystając z zależności:

$$M = \sum_{j=1}^I m_i \cdot P_i$$

gdzie:

P_i - prawdopodobieństwo zniszczenia samolotu przeciwnika w jednym oddziaływaniu^{23/};

23/ Przez jedno oddziaływanie należy rozumieć wykonanie jednego strzelania przez dywizjon raketowy OPK do pojedynczego celu powietrznego, stosując rozchód rakiet określony w zasadach strzelania PZR.

- m_i - średnia liczba zniszczonych samolotów przeciwnika w jednym oddziaływaniu;
 I - liczba wykonanych oddziaływań.

Wartość średniej liczby zniszczonych samolotów przeciwnika w jednym oddziaływaniu zależy od liczby użytych rakiet oraz ich taktyczno-technicznych parametrów. Wartość tę określa się empirycznie.

Ze względu na stochastyczny charakter zwalczania SNP przeciwnika, oddziaływanie na cele powietrzne realizowane jest z określonym prawdopodobieństwem. Wartość tego prawdopodobieństwa /oddziaływania/ zależy od wielu czynników, do których można zaliczyć prawdopodobieństwo wykrycia celu powietrznego P_w , prawdopodobieństwo nacelowania na cel powietrzny stacji naprowadzania rakiet P_{nc} , prawdopodobieństwo naprowadzenia rakiety przeciwlotniczej na cel powietrzny P_{nr} , prawdopodobieństwo niezawodnej pracy PZR P_t , prawdopodobieństwo rażenia celu przez raketę P_r .

Stąd też prawdopodobieństwo oddziaływania stanowi wypadkową wymienionych czynników, czyli

$$P_o = P_w \cdot P_{nc} \cdot P_{nr} \cdot P_t \cdot P_r$$

Jeżeli założymy, że prawdopodobieństwo oddziaływania oraz liczba zniszczonych samolotów przeciwnika w jednym oddziaływaniu /w danych warunkach/ są wartościami stałymi, to rezultat działań będzie proporcjonalny do liczby oddziaływań.

Do zasadniczych czynników mających wpływ na możliwą liczbę oddziaływań wojsk raketowych na cele powietrzne można zaliczyć: warunki lotu oraz rubieżę wykonania zadania przez SNP przeciwnika; zakłócenia radioelektroniczne stosowane przez SNP przeciwnika; położenie i charakter obiektów obrony; liczba i rozmieszczenie /ugrupowanie/ dywizjonów raketowych; przestrzenno-czasowe możliwości PZR; liczba i rozmieszczenie posterunków radiolokacyjnych; przestrzenno-czasowe możliwości systemu rozpoznania i zabezpieczenia radiolokacyjnego WRt; sposób dowodzenia i przydzielania zadań bojowych dywizjom raketowym; odporność PZR na zakłócenia radioelektroniczne; stan przygotowania i wyszkolenia obsługi; czas podejmowania decyzji o zwalczaniu celów powietrznych.

Wpływ niektórych z wymienionych czynników, na liczbę oddziaływań wojsk raketowych rozpatrzemy na prostym przykładzie.

Uwzględniono w nim: jeden cel powietrzny $/C_1/$, jeden obiekt obrony $/O_1/$, jeden dywizjon raketowy $/dr\ OPK/$ i dwa posterunki radiolokacyjne $/RLP_1$ i $RLP_2/$ - rys.21.

Cel powietrzny C_1 wykonuje lot z prędkością V_1 na wysokości H_1 , z zamiarem zniszczenia obiektu O_1 . Ze względu na stosowane przez cel powietrzny środki rażenia, obiekt O_1 może być zaatakowany w momencie dolotu celu powietrznego do rubieży wykonania zadania $/RWZ/$ w punkcie P_6 . Można więc przyjąć, że dla wykonania zadania obrony obiektu O_1 , dywizjon raketowy $/dr\ OPK/$ musi zakończyć oddziaływanie $/np.$ zniszczyć cel/ przed dolotem celu powietrznego do punktu P_6 .

Ze względu na potencjał ogniowy, $dr\ OPK$ może oddziaływać na cel powietrzny C_1 tylko na odcinku jego lotu D_1 /od punktów P_1 do $P_5/$ w czasie

$$T_1 = \frac{D_1}{V_1}$$

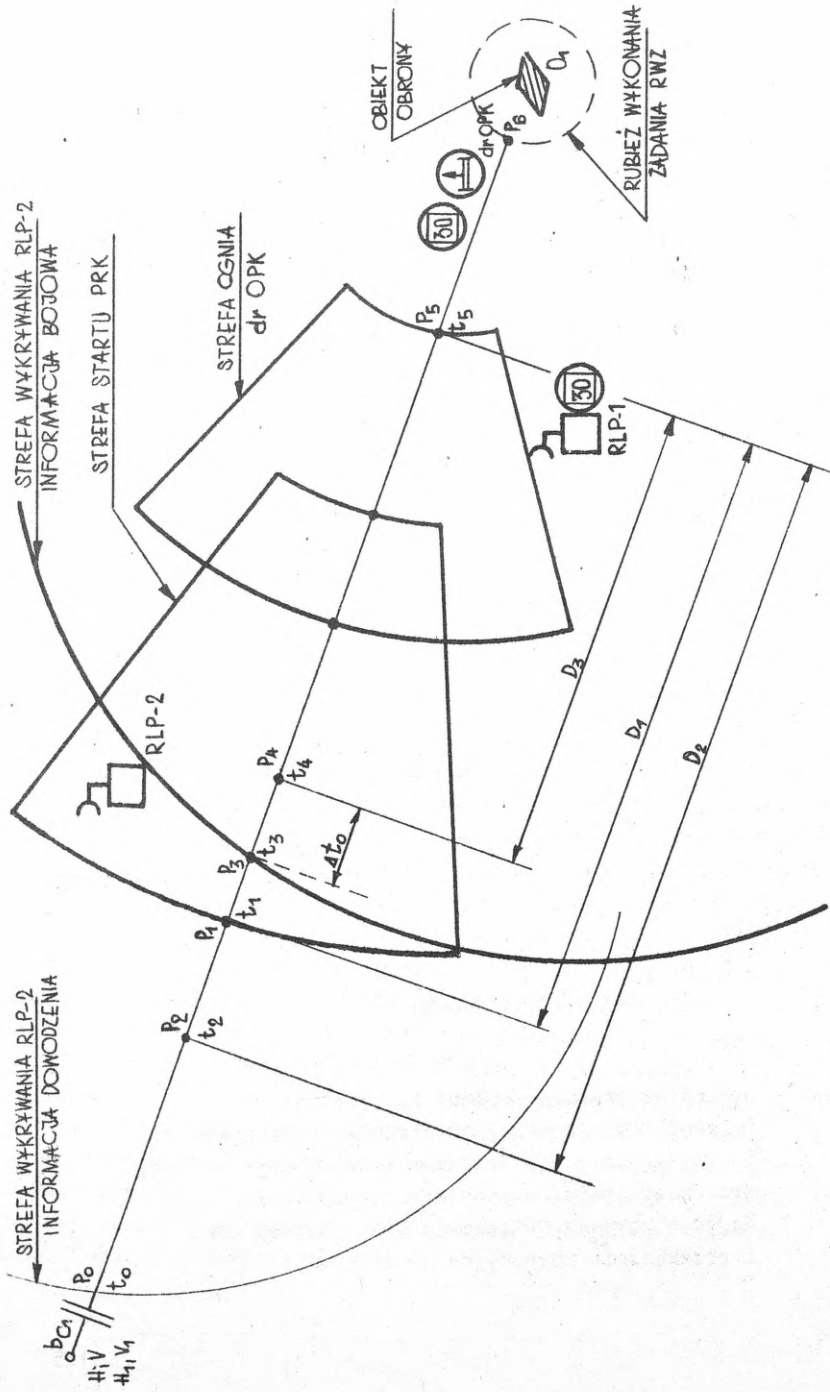
Warunkiem rozpoczęcia oddziaływania /strzelania PZR / jest wykrycie celu powietrznego, analiza sytuacji powietrznej, podjęcie decyzji o zwalczaniu celu powietrznego, nacelowanie, stacji naprowadzania raket na cel i przygotowanie danych do strzelania.

Cel powietrzny C_1 może być wykryty przez RLP_2 najwcześniej w momencie t_0 , w punkcie P_0 . Dywizjon raketowy, w przypadku scentralizowanego dowodzenia, może rozpocząć oddziaływanie na cel powietrzny C_1 dopiero po upływie czasu Δt od momentu jego wykrycia przez środki WRT , to jest

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_d + \Delta t_0$$

gdzie:

- Δt_1 - przedział czasu potrzebny na wykrycie i identyfikację celu powietrznego, opracowanie i przesłanie o nim informacji do SD korpusu OPK;
- Δt - przedział czasu na podjęcie decyzji przez dowódcę korpusu OPK, dowódcę BR $/DR, pr/$ OPK i przekazanie komendy do $dr\ OPK$;



rys.21 Interpretacja oddziaływania wojsk rakietowych na cele powietrzne w systemie OPK

Δt_0 - przedział czasu na przygotowanie PRK
i danych do strzelania oraz nacelowania
SNR na wskazany cel C_1 .

W momencie osiągnięcia gotowości przez dr OPK do rozpoczęcia strzelania cel C_1 znajduje się w punkcie P_2 . Oznacza to, że dr OPK może najwcześniej rozpocząć oddziaływanie na ten cel w momencie t_2 . Wobec powyższego dr OPK ma możliwość, że względu na radiolokacyjną informację dowodzenia, oddziaływania w przedziale czasu od t_2 do t_5 tj.

$$T_2 = \frac{D_2}{V_1}, \text{ przy czym } T_2 \leq T_1$$

Łatwo jednak zauważyć, że w przyjętej sytuacji taktycznej dywizjon rakiety nie ma możliwości rozpoczęcia oddziaływania już w punkcie P_2 ze względu na ograniczony zasięg strefy ognia /startu/ PZR oraz brak możliwości przygotowania danych do strzelania i nacelowania SNR na wskazany cel powietrzny C_1 . Przygotowanie danych do strzelania i nacelowania SNR na cel realizowane jest na podstawie radiolokacyjnej informacji bojowej. Informację tę dywizjon otrzyma w momencie t_3 . Uwzględniając opóźnienie czasowe $\Delta t_0 = t_4 - t_3$, dywizjon może rozpocząć oddziaływanie na cel C_1 w momencie jego dolotu do punktu P_4 . Ze względu na strefę ognia PZR oraz rubieże radiolokacyjnych informacji dowodzenia i bojowej, dywizjon może oddziaływać na cel C_1 na odcinku trasy jego lotu D_3 , ograniczonym punktami P_4 i P_5 w czasie

$$T_3 = \frac{D_3}{V_1}, \text{ przy czym } T_3 \leq T_1$$

Znając czas jednego oddziaływania T_4 można obliczyć możliwą liczbę oddziaływań na cel powietrzny C_1 , z uwzględnieniem tylko potencjału ogniowego dywizjonu wykorzystując zależność

$$x_1 = \frac{T_1}{T_4}, \text{ przy czym } x_1 \leq K$$

gdzie:

K - liczba możliwych oddziaływań, wynikająca z liczby rakiet znajdujących się na wyrzutniach w stanie "na przygotowaniu".

W podobny sposób można określić liczbę możliwych oddziaływań dywizjonu raketowego x_2 z uwzględnieniem wpływu na jego działania bojowe radiolokacyjnej informacji dowodzenia, a także możliwą liczbę oddziaływań dywizjonu x_3 z uwzględnieniem wpływu na jego działania bojowe radiolokacyjnych informacji dowodzenia i bojowej za pomocą wzorów:

$$x_2 = \frac{T_2}{T_4}, \quad x_3 = \frac{T_3}{T_4} \quad \text{przy czym } x_2 \leq K \text{ i } x_3 \leq K.$$

Obliczając sumaryczne liczby możliwych oddziaływań wszystkich dywizjonów raketowych ZT WR OPK lub całości WR OPK na podstawie wzorów

$$x_1 = \sum_{i=1}^I x_{1i}$$

$$x_2 = \sum_{i=1}^I x_{2i}$$

$$x_3 = \sum_{i=1}^I x_{3i}$$

gdzie:

I - liczba dr OPK mających uczestniczyć w zwalczaniu ŚNP przeciwnika.

można przyjąć, że:

- wskaźnik x_1 charakteryzuje potencjalne możliwości oddziaływania ZT /lub całości/ WR OPK na cele powietrzne, zw względu na ugrupowanie bojowe dywizjonów raketowych i możliwości taktyczno-tech-

niczne przeciwlotniczych zestawów rakietowych

- wskaźnik x_2 charakteryzuje możliwości oddziaływania ZT /lub całości/ WR OPK z uwzględnieniem wpływu na potencjał ogniowy dywizjonów, radiolokacyjnej informacji dowodzenia;

- wskaźnik x_3 charakteryzuje możliwości oddziaływania ZT /lub całości/ WR OPK z uwzględnieniem wpływu na potencjał ogniowy dywizjonów, radiolokacyjnej informacji dowodzenia i bojowej.

Podobnie jak w przypadku oceny działań bojowych LM OPK /2.20/, możemy wyznaczyć konieczną liczbę oddziaływań WR OPK q^R niezbędnych do zniszczenia konkretnego celu powietrznego na podstawie wzoru

$$q^R = N \frac{\log/1-P_{zw}/}{\log/1-P_{zo}^R/} \quad 2.21$$

gdzie:

- N - liczba samolotów wchodzących w skład celu powietrznego;
- P_{zo}^R - prawdopodobieństwo zniszczenia jednego samolotu przeciwnika w jednym oddziaływaniu WR OPK;
- P_{zw} - założone prawdopodobieństwo zniszczenia jednego samolotu przeciwnika.

Wojska raketowe OPK zorganizowane są w ZT /oddziały/ oraz dywizjony raketowe stanowiące podstawową jednostkę ogniową tych wojsk. Będziemy uważali, że scharakteryzowane są wojska raketowe OPK, jeżeli dany będzie następujący wektor

$$WR_{OPK} = /ZT_k/, \quad k=1,2,\dots,K$$

gdzie:

- ZT_k - wektor opisujący ZT /oddział/ WR OPK;
- K - liczba ZT /oddziałów/ WR OPK.

Natomiast w skład ZT /oddziału/ WR OPK wchodzi dywizjony raketowe, co zapiszemy następująco

$$ZT_k = /DR_i/, \quad i=1,2,\dots,I_k$$

gdzie:

- DR_i - wektor charakteryzujący dywizjon raketowy OPK;
 I_k - liczba dr OPK wchodzących w skład danego ZT /oddziału/ WR OPK.

Dowolny dywizjon raketowy OPK scharakteryzowany będzie przez podanie następujących danych

$$DR = /N_d, T_{ZR}, W_d, S_q, S_p, L_W^R, L_{STZ}^R, T_{RLS}/$$

gdzie:

- N_d - numer taktyczny dr OPK;
 T_{ZR} - typ PZR znajdujących się w uzbrojeniu dr OPK;
 W_d - współrzędne prostokątne miejsca rozwinięcia dr OPK /x,y,h/;
 S_q - wskaźnik stopnia gotowości bojowej dr OPK;
 S_p - wskaźnik sposobu przygotowania rakiet do strzelania w dr OPK /w warunkach normalnych i przyspieszonych/;
 L_W^R - liczba rakiet znajdujących się na wyrzutniach w dr OPK;
 L_{STZ}^R - liczba rakiet znajdujących się na STZ w dr OPK;
 T_{RLS} - typ stacji radiolokacyjnej /scharakteryzowanej w punkcie 2.2.2.1/.

Przeciwlotniczy zestaw raketowy będzie scharakteryzowany przez opisanie następującego wektora

$$PZR = /T_{ZR}, M_{ZR}^P, M_{ZR}^t, M_{ZR}^O/$$

gdzie:

- T_{ZR} - typ PZR /kod/;
- M_{ZR}^P - przestrzenne możliwości PZR takie jak: minimalna skuteczna powierzchnia odbicia celu powietrznego, rozmiary strefy ognia /dla różnych warunków strzelania/, zakres prędkości i wysokości zwalczanych celów powietrznych, odległości wykrycia celu powietrznego przez SNR;
- M_{ZR}^t - czasowe możliwości PZR, takie jak: czas przygotowania danych do strzelania /od momentu wskazania celu do momentu startu rakiety/, czas lotu rakiety, czas cyklu strzelania, czas osiągnięcia gotowości bojowej PZR do strzelania; czas osiągnięcia gotowości bojowej nr 1, czas przygotowania rakiety do startu;
- M_{ZR}^O - ogniowe możliwości PZR, takie jak: odporność na zakłócenia radioelektroniczne /prawdopodobieństwo prowadzenia ognia w zakłóceniach/, prawdopodobieństwo rażenia samolotu /celu/ przeciwnika.

2.2.5 Prowadzenie walki radioelektronicznej w wojskach OPK

Prowadzenie walki radioelektronicznej w wojskach OPK ma na celu osłonę radioelektroniczną najważniejszych obiektów i rejonów na terytorium kraju przed uderzeniami SNP przeciwnika, zmniejszenie skuteczności rozpoznania radioelektronicznego prowadzonego przez przeciwnika powietrznego i zabezpieczenie pracy własnych urządzeń i systemów radioelektronicznych [14]. Wymienione cele realizowane są przez rozpoznanie bieżącej sytuacji radioelektronicznej /w ugrupowaniu SNP przeciwnika/, obezwładnianie zakłóceniami systemów i urządzeń radioelektronicznych SNP przeciwnika, obronę radioelektroniczną własnych systemów przed rozpoznaniem i obezwładnieniem przez przeciwnika oraz eliminację wzajemnych zakłóceń i kontrolę promieniowania elektromagnetycznego w wyznaczonym rejonie działania.

Podstawowym elementem walki radioelektronicznej jest obezwładnienie radioelektroniczne^{24/}, którego głównym zadaniem jest uniemożliwienie SNP przeciwnika, przez stosowanie zakłóceń, wykorzystania bojowego pokładowych urządzeń i systemów radioelektronicznych zabezpieczających rozpoznanie, nawigację /w tym zabezpieczenie lotów na małej wysokości/, celne bombardowanie, naprowadzanie rakiet oraz dowodzenie i kierowanie lotnictwem w powietrzu. Ogólnie można powiedzieć, że obezwładnienie radioelektroniczne uniemożliwia względnie zmniejsza radykalnie efektywność uderzeń SNP przeciwnika, a tym samym czyni skuteczniejszą osłonę obiektów i rejonów na obszarze kraju. Oceniając działania bojowe pododdziałów walki radioelektronicznej określa się liczbę osłanianych obiektów, głębokość strefy obezwładniania i liczbę jednocześnie obezwładnianych pokładowych urządzeń radioelektronicznych.

Liczba osłanianych obiektów zależy od ważności, rozmiarów i ich radiolokacyjnej widzialności. Należy przyjąć, że im obiekt jest ważniejszy, tym większą liczbę środków będzie wydzielał przeciwnik do jego zniszczenia. Natomiast głębokość strefy obezwładniania zależy będzie od charakteru osłanianego obiektu, odległości prowadzenia radiolokacyjnego rozpoznania przez SNP przeciwnika, a także od liczby i sposobu urzutowania urządzeń zakłócających wydzielonych do jego osłony.

Liczba jednocześnie obezwładnianych samolotów przeciwnika N_C na jakimkolwiek kierunku nalotu zależy od liczby stacji zakłóceń N_Z , współczynnika jednoczesnego wykorzystania środków zakłóceń pododdziału K i prawdopodobieństwa obezwładnienia środków radioelektronicznych P_Z , a wyznaczyć ją można na podstawie zależności

$$N_C = K \cdot P_Z \cdot N_Z.$$

Zadania obezwładniania radioelektronicznego realizowane są przez pododdziały zakłóceń radioelektronicznych wojsk OPK wchodzące w skład pułku zakłóceń radioelektronicznych.

Pułk zakłóceń radioelektronicznych /pzrel/ będzie scharaktery-

^{24/} w dalszej części opracowania przedmiotem naszego zainteresowania będzie tylko ten, zasadniczy element WRE wojsk OPK.

zowany przez podanie następującego wektora

$$P^{ZRE} = /B_{i_1}^{ZRE}, K_{i_2}^{ZRE}/, \quad \begin{array}{l} i_1 = 1, 2, \dots, I_1 \\ i_2 = 1, 2, \dots, I_2 \end{array}$$

gdzie:

- $B_{i_1}^{ZRE}$ - batalion zakłóceń radioelektronicznych /bzrel/;
- $K_{i_2}^{ZRE}$ - kompania zakłóceń radioelektronicznych /kzrel/;
- I_1, I_2 - odpowiednio-liczby bzrel i kzrel w pzrel.

Batalion zakłóceń radioelektronicznych będzie scharakteryzowany, jeśli określimy następujący wektor

$$B^{ZRE} = /K_{i_3}^{ZRL}/, \quad i_3 = 1, 2, \dots, I_3$$

gdzie:

- $K_{i_3}^{ZRL}$ - kompania zakłóceń radiolokacyjnych /kzrel/;
- I_3 - liczba kzrel w bzrel.

Kompanię zakłóceń radioelektronicznych scharakteryzujemy za pomocą wektora

$$K^{ZRE} = /P_{i_4}^{ZRL}, P_{i_5}^{ZR}/, \quad \begin{array}{l} i_4 = 1, 2, \dots, I_4 \\ i_5 = 1, 2, \dots, I_5 \end{array}$$

gdzie:

- $P_{i_4}^{ZRL}$ - pluton zakłóceń radiolokacyjnych /plzrl/;
- $P_{i_5}^{ZR}$ - pluton zakłóceń radiowych /plzr/;
- I_4, I_5 - odpowiednio-liczby plzrl i plzr w kzrel.

Kompanię zakłóceń radiolokacyjnych scharakteryzujemy za pomocą wektora

$$K_{ZRL} = /P_{i_6}^{ZRL}/, \quad i_6=1,2,\dots,I_6$$

gdzie:

- $P_{i_6}^{ZRL}$ - pluton zakłóceń radiolokacyjnych
/plzrl/;
 I_6 - liczba plzrl w kzrl;

Pluton zakłóceń radiolokacyjnych scharakteryzujemy przez podanie danych wektora

$$P^{ZRL} = /N^{ZRL}, S_{j_1}^{ZRL}, L_{j_1}^{ZRL}, W^{ZRL}/, \quad j_1=1,2,\dots,J_1$$

gdzie:

- N^{ZRL} - numer taktyczny /kod/ plzrl;
 $L_{j_1}^{ZRL}$ - liczba stacji zakłóceń radiolokacyjnych określonego typu /typu j_1 / w plzrl;
 W^{ZRL} - współrzędne /prostokątne/ miejsca rozwinięcia plzrl / x^{ZRL}, y^{ZRL} /;
 J_1 - liczba typów stacji zakłóceń radiolokacyjnych w plzrl.

Pluton zakłóceń radiowych scharakteryzujemy przez podanie danych wektora

$$P^{ZR} = /N^{ZR}, S_{j_2}^{ZR}, L_{j_2}^{ZR}, S_{j_3}^{OR}, L_{j_3}^{OR}, W^{ZR}/, \quad \begin{matrix} j_2=1,2,\dots,J_2 \\ j_3=1,2,\dots,J_3 \end{matrix}$$

gdzie:

- N^{ZR} - numer taktyczny /kod/ plzr;
 $S_{j_2}^{ZR}$ - kod typu stacji zakłóceń radiowych;
 $L_{j_2}^{ZR}$ - liczba stacji zakłóceń radiowych określonego typu /typu j_2 / w plzr;
 $S_{j_3}^{OR}$ - kod typu odbiornika rozpoznania radiowego;

- $L_{j_3}^{ZR}$ - liczba odbiorników rozpoznania radiowego określonego typu /typu j_3 / w plzr;
 W^{ZR} - współrzędne /prostokątne/ miejsca rozwinięcia plzr $/x^{ZR}, y^{ZR}/$;
 J_2, J_3 - odpowiednio-liczby typów stacji zakłóceń radiowych i odbiorników rozpoznania radiowego w plzr.

Stacja zakłóceń radiolokacyjnych będzie scharakteryzowana przez podanie następujących wartości wektora

$$SZRL = /S^{ZRL}, Z_{zf}^{RL}, R_z, Z_z/H_c/, P_{nz}, G_{nz}, Q_z, \varphi_z, \alpha_z, \gamma_z, \Delta f_z /$$

gdzie:

- S^{ZRL} - kod typu stacji zakłóceń radiolokacyjnych;
 Z_{zf} - zakres zakłócanych częstotliwości;
 R_z - rodzaje zakłóceń;
 Z_z/H_c - zasięg wykrywania i zakłócania sygnałów pokładowych RLS w zależności od wysokości H_c celu powietrznego;
 P_{nz} - moc nadajnika zakłóceń;
 G_{nz} - zysk kierunkowy anteny stacji zakłóceń;
 Q_z - szerokość kierunkowej charakterystyki anteny stacji zakłóceń w płaszczyźnie poziomej;
 φ_z - szerokość kierunkowej charakterystyki anteny stacji zakłóceń w płaszczyźnie pionowej;
 α_z - sektor pracy stacji zakłóceń w azymucie;
 γ_z - sektor pracy stacji zakłóceń w elewacji;
 Δf_z - dokładność określania częstotliwości sygnałów pokładowych RLS.

Stacja zakłóceń radiowych będzie scharakteryzowana przez podanie wartości wektora

$$SZR = /N^{ZR}, Z_{zf}^R, Z_z^{UKF} / H_c /, P_{nz}, \Delta t_{pf}, \Delta t_f /$$

gdzie:

- N^{ZR} - kod typu stacji zakłóceń radiowych;
- Z_{zf}^R - zakres zakłócanych częstotliwości /KF i UKF/;
- $Z_z^{UKF} / H_c /$ - zasięg zakłóceń radiowych /UKF/ w zależności od wysokości H_c / lotu celu powietrznego;
- P_{nz} - moc nadajnika zakłóceń;
- Δt_{pf} - czas poszukiwania sygnału w zakresie częstotliwości Z_{zf}^R ;
- Δt_f - czas przestrajania z jednej częstotliwości na drugą.

Odbiornik rozpoznania radiowego będzie scharakteryzowany przez podanie danych wektora

$$ORR = /S^{OR}, Z_f^{OR}, \Delta f_R, R_{PE}, Z_o^{UKF} / H_c / /$$

gdzie:

- S^{OR} - kod typu odbiornika rozpoznania radiowego;
- Z_f^{OR} - zakres odbieranych częstotliwości;
- Δf_R - dokładność rozpoznawanych częstotliwości;
- R_{PE} - rodzaj emisji radiowych;
- Z_o^{UKF} - zasięg rozpoznania UKF w zależności od wysokości H_c / lotu celu powietrznego.

2.2.6 Dowodzenie i współdziałanie w wojskach OPK

2.2.6.1 Dowodzenie w wojskach OPK

W celu sprawnego dowodzenia wojskami OPK w czasie działań bojowych wykorzystuje się system dowodzenia /zorganizowany i działający już w okresie pokoju/. System ten realizuje zadania informacyjno-decyzyjne, obejmujące zdobywanie informacji o działalności

SNP przeciwnika i decydowanie o sposobie oddziaływania na niego przez środki walki wojsk OPK.

W wojskach OPK dowodzenie realizowane jest w systemie składającym się z: Centralnego Stanowiska Dowodzenia Dowódcy Wojsk OPK /CSD DW OPK/ stanowiącego organ dowodzenia operacyjnego; stanowisk dowodzenia korpusów OPK /SD KOPK/ stanowiących organ dowodzenia operacyjno-taktycznego i połączonych stanowisk dowodzenia /PiSD/ stanowiących organ dowodzenia taktycznego. Każdy z wymienionych szczebli dowodzenia posiada określony zakres kompetencji i odpowiedzialności. Np. szczebel operacyjny zajmuje się oceną możliwości działań bojowych SNP przeciwnika /np.główny kierunek nalotu, obiekty uderzeń, sposób działania/, podejmuje decyzje o użyciu wojsk OPK, stawia zadania bojowe dowódcom korpusów OPK, organizuje współdziałanie wewnętrzne i zewnętrzne oraz zajmuje się organizacją manewrów wojskami.

Na szczeblu operacyjno-taktycznym realizuje się ocenę działań SNP przeciwnika na podejściach i w rejonie obrony korpusu OPK /w tym: cel działań SNP przeciwnika i obiekty uderzeń, kierunki nalotu i podział sił na kierunkach w nalocie, warianty i natężenie nalotu taktyka działań/, podejmuje decyzje o użyciu wojsk korpusu OPK, stawia zadania bojowe dowódcom oddziałów /ZT/, organizuje współdziałanie między rodzajami wojsk korpusu OPK oraz organizuje manewr lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych korpusu.

Połączone stanowisko dowodzenia jako organ taktyczny prowadzi obserwację radiolokacyjną i dokonuje oceny aktualnej sytuacji powietrznej w strefie odpowiedzialności, podejmuje decyzje o użyciu pododdziałów do niszczenia celów powietrznych; stawia zadania dowódcom pododdziałów, wskazuje cele powietrzne dywizjom raketowym i eskadrom /grupom samolotów/ lotnictwa myśliwskiego, realizuje współdziałanie lotnictwa myśliwskiego z wojskami raketowymi^{25/} oraz zajmuje się naprowadzaniem samolotów myśliwskich na cele powietrzne.

W procesie dowodzenia wojskami OPK w czasie działań bojowych^{26/}

25/ Jest to głównie współdziałanie taktyczno-ogniowe między grupami samolotów myśliwskich i dywizjami raketowymi podczas zwalczania celów powietrznych.

26/ Ze względu na charakter rozpatrywanych problemów interesuje nas tylko dowodzenie w czasie dynamiki działań bojowych wojsk OPK.

/odpierania uderzeń ŚNP przeciwnika/ możemy wyróżnić dwa podstawowe etapy:

1/ podejmowanie decyzji i stawianie zadań bojowych dotyczących użycia wojsk /LM i WR/ do niszczenia celów powietrznych;

2/ realizacja postawionych zadań bojowych /niszczenie celów powietrznych/ obejmujących wypracowanie danych do strzelania w dywizjonach raketowych oraz naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne.

Niezależnie od poziomu hierarchicznego systemu dowodzenia decyzja może być podejmowana w sposób scentralizowany lub zdecentralizowany. Z pierwszym sposobem mamy do czynienia w przypadku podejmowania decyzji na określonym poziomie dowodzenia stosownie do posiadanych kompetencji. Z drugim sposobem będziemy mieli do czynienia wówczas, jeżeli kompetencje wyższego szczebla dowodzenia realizowane są przez organ niższego szczebla. Problem centralizacji i decentralizacji dowodzenia zilustrujemy następującym przykładem. Dowódca wojsk OPK decyduje o postawieniu sił i środków w gotowość bojową nr 1 oraz precyzuje zamiar ich użycia na podstawie informacji o przeciwniku /np. z rozpoznania radioelektronicznego/, dowódca korpusu OPK decyduje o użyciu oddziałów, a dowódcy oddziałów o użyciu pododdziałów /załóg/ do niszczenia konkretnych celów powietrznych. W przytoczonym przykładzie decentralizacja dowodzenia szczebla operacyjnego miałyby miejsce wówczas, gdyby dowódca korpusu sam podjął decyzję o użyciu podległych oddziałów na podstawie informacji o przeciwniku, z pominięciem dowódcy wojsk OPK, ale realizując jego zamiar.

Bez względu jednak na szczebel decyzyjny zawsze mamy do czynienia z tzw. cyklem dowodzenia obejmującym realizację czynności od momentu uzyskania informacji o przeciwniku powietrznym do momentu wypracowania danych do strzelania przez dywizjony raketowe i naprowadzenia samolotów myśliwskich na wskazany cel powietrzny. Natomiast podejmowane decyzje i dowodzenie środkami walki OPK w czasie odpierania nalotów powinny zapewnić racjonalne wykorzystanie potencjalnych możliwości bojowych tych środków przy jak najlepszym wykonaniu postawionego im zadania bojowego.

Przyjmujemy, podobnie jak w pracy [30], że dowodzenie z wyższego szczebla /poziomu/ pozwala bardziej racjonalnie wykorzystać aktywne środki obrony w walce ze ŚNP przeciwnika, dzięki czemu wzrasta

efektywność działań bojowych wojsk OPK. Jednakże pociąga to za sobą wydłużenie czasu trwania cyklu dowodzenia [31], wskutek czego zmniejsza się prawdopodobieństwo terminowego przekazania decyzji o sposobie oddziaływania aktywnych środków obrony. Powoduje to spadek efektywności działań bojowych wojsk OPK.

Dowodzenie działaniami bojowymi wojsk OPK może być realizowane z różnego szczebla, nawet przy zwalczaniu ŚNP przeciwnika w tym samym nalocie. Dotyczyć to może zwalczania poszczególnych celów powietrznych danego nalotu. Optymalny szczebel dowodzenia, zależy od właściwości stanowisk dowodzenia poszczególnych poziomów, możliwości bojowych własnych środków obrony oraz ŚNP przeciwnika, a także taktyki i sposobu ich wykorzystania.

Podstawowym czynnikiem determinującym poziom dowodzenia bojowego jest czas trwania cyklu dowodzenia. Składają się na niego czasy trwania cyklu informacyjno-decyzyjnego i cyklu oddziaływania aktywnych środków obrony oraz czas dysponowany przez system OP.

Czas trwania cyklu informacyjno-decyzyjnego zależy natomiast od właściwości stanowisk dowodzenia, środków automatyzacji i łączności oraz poziomu dowodzenia. Natomiast czas trwania cyklu oddziaływania zależy od możliwości taktyczno-technicznych środków obrony i doskonałości wyszkolenia ich obsługa, na które nie mamy wpływu podczas odpierania nalotu. Tak więc wielkością bezpośrednio sterowalną jest czas trwania cyklu informacyjno-decyzyjnego poprzez np. zmianę poziomu dowodzenia.

Dopuszczalny czas, którym dysponuje podsystem dowodzenia na realizację cyklu informacyjno-decyzyjnego odnośnie ustalonego nalotu /celu/ ŚNP przeciwnika określić można ze wzoru

$$T^{\text{dop}} = T^{\text{dys}} - T^{\text{odd}}$$

gdzie:

- T^{odd} - czas oddziaływania aktywnych środków obrony z ustalonym nalotem /celem/ ŚNP przeciwnika;
- T^{dys} - czas jakim dysponuje system OPK w cyklu dowodzenia względem ustalonego nalotu /celu/ ŚNP przeciwnika, przy czym

$$T^{dys} = \min \{ T^{dol}, T^{rod} \}$$

gdzie:

T^{dol} - czas dolotu SNP przeciwnika do
rubieży wykonania zadania /RWZ/
/rubieży ataku obiektu/ od chwili
wykrycia przez źródło informacji czyli

$$T^{dol} = T^{rub} - T^{wyk}$$

gdzie:

T^{rub} - czas dolotu SNP przeciwnika do RWZ;
 T^{wyk} - czas wykrycia SNP przeciwnika przez
źródła informacji systemu OPK;

$$T^{rod} = \begin{cases} T^{wyj} - T^{wyk} & \text{- jeżeli na SNP oddziałują} \\ & \text{lotnictwo myśliwskie lub} \\ & \text{wojska raketowe;} \\ T^{wł} - T^{wyk} & \text{- jeżeli na SNP oddziałują} \\ & \text{pododdziały WRE;} \end{cases}$$

gdzie:

T^{wyj} - czas najpóźniejszego wyjścia SNP
przeciwnika ze strefy oddziaływania
aktywnych środków obrony;
 $T^{wł}$ - czas wejścia SNP na rubież włączenia
radioelektronicznych urządzeń kierowania
ogniem.

Oznaczmy przez T_1^{SD} czas cyklu informacyjno-decyzyjnego stanowiska dowodzenia poziomu 1, natomiast przez T_j^{dop} dopuszczalny czas względem nalotu /celu/ SNP j. Wówczas decyzja o zwalczaniu nalotu /celu/ SNP j podejmowana będzie przez stanowisko dowodzenia takiego najwyższego poziomu i dla którego spełniona jest następująca nierówność

$$T_j^{dop} - T_1^{SD} \geq 0, \quad \begin{matrix} i=1,2,3. \\ j=1,2,\dots,J \end{matrix} \quad 2.22$$

W przypadku, gdy nierówność /2.22/ nie jest spełniona dla żadnego z poziomów dowodzenia, wówczas zwalczanie tego nalotu /celu/ ŚNP należy realizować w sposób zdecentralizowany względem najniższego poziomu dowodzenia.

2.2.6.2 Współdziałanie w wojskach OPK

Jedną z podstawowych zasad determinujących skuteczność prowadzenia walki z przeciwnikiem powietrznym jest współdziałanie sił i środków OPK w czasie działań bojowych. Jest to również jeden z głównych problemów w procesie wypracowania decyzji na różnych szczeblach dowodzenia wojskami OPK.

Odpiernanie zmasowanych uderzeń ŚNP przeciwnika wymagać będzie użycia wszystkich dostępnych sił i środków obrony powietrznej. Mogą to być, oprócz organicznych rodzajów wojsk OPK, operacyjnie podporządkowane związki taktyczne, oddziały i pododdziały lotnictwa myśliwskiego i myśliwsko-bombowego wojsk lotniczych frontu, lotnictwa marynarki wojennej, rakiet przeciwlotniczych i artylerii przeciwlotniczej wojsk OPL, siły i środki przybrzeżnej artylerii przeciwlotniczej i okrętów w portach.

Organizatorem współdziałania tych sił i środków jest Dowództwo Wojsk OPK. Natomiast celem współdziałania sił i środków w systemie jest według [26] "zgranie ich wysiłku oraz najbardziej efektywne ich wykorzystanie do zwalczania ŚNP nieprzyjaciela - przy zachowaniu bezpieczeństwa działań własnego lotnictwa w strefach ognia naziemnych i nawodnych przeciwlotniczych środków walki oraz zapewnienie odporności i żywotności systemu obrony powietrznej".

Bez względu na liczbę współdziałających jednostek z różnych rodzajów wojsk, z reguły głównym problemem jest organizacja i realizacja współdziałania między lotnictwem i naziemnymi środkami OP, a w szczególności między lotnictwem myśliwskim i wojskami raketowymi. Współdziałanie wojsk raketowych i lotnictwa myśliwskiego organizuje się w celu prowadzenia wspólnych działań bojowych w zakresie zwalczania ŚNP przeciwnika. Powinno ono być elastyczne, ciągłe, aktywne i przewidywać pełne i efektywne wykorzystanie możliwości bojowych rodzajów wojsk [24].

Wyróżnić można dwa podstawowe sposoby współdziałania. Są to ześrodkowanie wysiłków oraz podział wysiłków lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych.

Ześrodkowanie wysiłków polega na kolejnych lub jednoczesnych oddziaływaniach lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych na te same cele powietrzne. Jednoczesne oddziaływanie stosuje się w sytuacji, kiedy cel powietrzny i własne myśliwce są obserwowane oddzielnie przez naziemne środki rozpoznania radiolokacyjnego. W takiej sytuacji wojska raketowe z reguły prowadzą ogień do czołowych samolotów w ugrupowaniu celu, a lotnictwo myśliwskie do samolotów zamykających ugrupowanie.

Podział wysiłku lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych dokonuje się według: celów powietrznych, sektorów /pasów/, wysokości, czasu i rubieży.

Podział wysiłku według celów powietrznych polega na przydzielaniu /wskazywaniu/ jednostkom /pododdziałom, załogom/ różnych celów powietrznych.

Podział wysiłku według sektorów /pasów/ i wysokości polega na wyznaczeniu jednostkom lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych oddzielnych sektorów /pasów/ w granicach których prowadzą one działania bojowe bez ograniczeń. Granice sektorów /pasów/ i zakresy wysokości określa się z uwzględnieniem możliwości bojowych wojsk raketowych i lotnictwa myśliwskiego, możliwości systemu rozpoznania i dowodzenia, a także oczekiwanej taktyki działań przeciwnika.

Pod pojęciem podziału wysiłków według czasu należy rozumieć zwalczanie SNP przeciwnika przez wojska raketowe i lotnictwo bez ograniczeń w określonym przedziale czasu.

Podział wysiłku według rubieży polega natomiast na zwalczaniu SNP w przestrzeni ograniczonej wyznaczonymi rubieżami, przed lub za którymi lotnictwo myśliwskie lub wojska raketowe działają bez ograniczeń.

Podczas odpierania nalotów mogą być stosowane jednocześnie różne sposoby współdziałania w zależności od taktyki przeciwnika powietrznego, możliwości wojsk własnych, a także warunków w jakich prowadzone są działania bojowe. Można, na przykład, jako podstawowy sposób współdziałania przyjąć podział wysiłków lotnictwa myśliwskiego

i wojsk raketowych według rubieży, ale równocześnie przewidzieć podział wysiłku według sektorów, a także ześrodkowanie wysiłków w odniesieniu do celów grupowych o dużym składzie. Mówimy wtedy o określonym wariancie współdziałania - łączeniu różnych sposobów współdziałania.

Niech

$$S = /S_i/, \quad i=1,2,\dots,I$$

oznacza wektor sposobów współdziałania w wojskach OPK, a kombinacje wszystkich sposobów współdziałania tworzą następujący wektor wariantów współdziałania

$$W = /W_j/, \quad j=1,2,\dots,J$$

gdzie:

- S_i - jeden ze sposobów współdziałania /np. podział wysiłku według celów powietrznych lub podział wysiłku według sektorów lub podział wysiłku według czasu/;
- W_j - wariant współdziałania /np. podział wysiłku według celów powietrznych; podział wysiłku według celów powietrznych i sektorów; podział wysiłku według celów powietrznych, sektorów i czasu; itp./;
- I - liczba wyróżnionych sposobów współdziałania;
- J - liczba możliwych wariantów współdziałania, przy czym

$$I = 2^J - 1.$$

Wówczas powiemy, że racjonalny jest taki wariant współdziałania podczas zwalczania SNP przeciwnika w ustalonym nalocie i danym sposobie dowodzenia, dla którego oczekiwany rezultat działań bojowych wojsk OPK jest maksymalny przy minimalnym zużyciu własnego potencjału bojowego. Możemy to zapisać następująco

$$F/W_j^x/ = \max_{W_j} \min_{P_b} f/W_j, N_i^{SNP}, P_b/, \quad \begin{matrix} j=1,2,\dots,J \\ i = \text{const} \end{matrix}$$

gdzie:

- $f/W_j, N_i^{SNP}, P_b$ / - oczekiwany rezultat działań bojowych wojsk OPK /np. oczekiwana liczba oddziaływań na SNP przeciwnika/;
- W_j - racjonalny wariant współdziałania;
- N_i^{SNP} - wektor charakteryzujący zmasowany nalot SNP - opisany w punkcie 2.2.1;
- P_b - zużyty potencjał bojowy środków walki wojsk OPK /np. liczba oddziaływań na SNP/.

2.2.7 Obiekty obrony wojsk OPK

Działania bojowe SNP w zaczepnej operacji powietrznej będą miały charakter zmasowanych uderzeń na głównych kierunkach operacyjnych [33]. Obiektami rażenia w czasie tych uderzeń mogą być: lotniska bazowania lotnictwa frontowego i lotnictwa sił lądowych, stanowiska ogniowe i rejonny rozmieszczenia pododdziałów rakiet operacyjnych i operacyjno-taktycznych, stanowiska pocisków przeciwlotniczych, punkty dowodzenia lotnictwem i obroną powietrzną, radiolokacyjne posterunki wykrywania i kierowania ogniem. Przeciwnik powietrzny realizując zadania izolacji rejonu działań bojowych może wykonać uderzenia na takie obiekty jak: mosty, węzły kolejowe, przejazdy, a także składy i punkty rozdzielcze sprzętu i uzbrojenia, ośrodki szkolenia i rejonny zastrzelenia lub rozmieszczenia przegrupowujących się wojsk.

Natomiast autorzy opracowania [36] w wyniku przeprowadzonych badań, stawianych lotnictwu NATO zadań bojowych i faktów historycznych, do głównych obiektów, na które mogą być wykonane uderzenia z powietrza, w początkowym okresie wojny prowadzonej przy stosowaniu konwencjonalnych środków rażenia, zaliczają:

- wyrzutnie i składy z bronią jądrową;
- lotniska i znajdujące się na nich samoloty;
- elementy systemu OPK /posterunki radiolokacyjne, dywizjony rakietowe, stanowiska dowodzenia/;
- obiekty komunikacyjne /węzły komunikacyjne i przeprawy/.

Ze względu na dużą różnorodność obiektów położonych na obszarze PRL wojska OPK nie będą w stanie jednakowo skutecznie zapewnić ich osłonę. W związku z tym należy zorganizować taki system OPK,

który w początkowym okresie wojny zapewni osłonę najważniejszych obiektów w takim stopniu, aby ich straty^{27/} w wyniku uderzeń SNP przeciwnika były możliwie jak najmniejsze.

Jako kryterium oceny skuteczności osłony obiektów przez wojska OPK przyjmujemy oczekiwaną wartość zapobieżonych strat w wyniku uderzeń przeciwnika powietrznego z zależności

$$V/S^{OPK, SNP} = V/S^{SNP} - V/S^{OPK, SNP}$$

gdzie:

V/S^{SNP} - są to straty zadane obiektom w wyniku uderzeń SNP w przypadku braku obrony powietrznej, przy czym

$$V/S^{SNP} = \sum_{i=1}^I W_i \cdot P_i / S^{SNP}$$

$V/S^{OPK, SNP}$ - są to straty zadane obiektom w wyniku uderzeń SNP w przypadku istnienia obrony powietrznej, przy czym

$$V/S^{OPK, SNP} = \sum_{i=1}^I W_i \cdot P_i / S^{OPK, SNP}$$

27/ Autor w pracy [25] charakteryzuje obiekty pod względem bombardierskim, które mogą być rażone z określonym prawdopodobieństwem. Uważa, że SNP oddziałyując energetycznie naruszają "ich funkcjonowanie doprowadzając do utraty możliwości wykonywania swych zadań". Przytoczony na str.69 wskaźnik efektywności rażenia obiektu /prawdopodobieństwo rażenia P/A/, gdzie A - rażenie obiektu/ jest sensowny w zależności od konkretnej sytuacji i powinien być sprecyzowany każdorazowo przy wykonywaniu obliczeń. Poza tym autor uważa go za słuszny przy założeniu, że obiekt może być w jednym z dwóch stanów - porażony albo funkcjonujący prawidłowo.

Natomiast autorzy w pracy [32] charakteryzując obiekty naziemne osłaniane przez system OP podają, że w wyniku niszczącego oddziaływania SNP przeciwnika na obiekty osłaniane mogą one tracić właściwości użytkowe, obniżając jakość wykonywania postawionych im zadań. W związku z tym, zdaniem autorów, po zakończeniu oddziaływania SNP obiekt może znaleźć się w jednym z czterech wyróżnionych stanów: nieuszkodzony, obezwładniony, uszkodzony lub zniszczony. Granice wartości poszczególnych stanów powinny być ustalane arbitralnie /np. przez ekspertów/.

gdzie:

- W_i - ważność operacyjna^{28/} obiektu obrony;
- S_i^{OPK} - parametry charakteryzujące wojska OPK;
- S_i^{SNP} - parametry charakteryzujące nalot SNP przeciwnika;
- P_i/S_i^{SNP} - prawdopodobieństwo zniszczenia^{29/} danego obiektu w przypadku braku obrony powietrznej;
- $P_i/S_i^{OPK}, S_i^{SNP}$ - prawdopodobieństwo zniszczenia danego obiektu w przypadku istnienia obrony powietrznej.

Oznaczmy przez $O = \{O_i\}$, $i=1,2,\dots,I$ zbiór obiektów znajdujących się w rejonie obrony wojsk OPK.

Obiekt O_i scharakteryzujemy przez podanie następującego wektora

$$O_i = /N_i, X_i, Y_i, T_i, W_i, S_i/ \quad , \quad i=1,2,\dots,I$$

gdzie:

- N_i - numer /kod/ obiektu;
- X_i, Y_i - współrzędne położenia obiektu;
- T_i - typ obiektu ze względu na jego podatność na niszczące oddziaływanie SNP;
- W_i - operacyjna waga obiektu /w czasie trwania danego nalotu SNP/;
- S_i - stan obiektu /w czasie trwania danego nalotu SNP/.

28/ Sposób określania ważności operacyjnej obiektów obrony podali autorzy w pracy nt. "Odpieranie pierwszego nalotu SNP NATO w granicach PRL" - załączniki do studium prognostycznego, ASG WP, Warszawa 1980.

29/ Założymy, że za zniszczony uważać będziemy obiekt w takim stanie, w którym przez określony czas nie będzie on mógł realizować swoich zasadniczych zadań /np. dr OPK - prowadzić ognia, RLS - wykrywać obiektów, elektrownie - produkować energię elektryczną/.

2.3. ALGORYTMY OCENY EFEKTYWNOŚCI DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK

Algorytmy te powinny umożliwić odwzorowanie dynamiki działań bojowych wojsk OPK i SNP przeciwnika, a także zapewnić uzyskanie wskaźników niezbędnych do oceny efektywności działań bojowych tych wojsk. Opracowując algorytmy należy mieć na uwadze realizację takich czynności jak:

- 1/ analiza możliwości wykrywania, śledzenia, naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne oraz wskazywanie celów powietrznych pododdziałom wojsk raketowych i walki radioelektronicznej;
- 2/ analiza potencjalnych możliwości oddziaływania środków walki /aktywnych środków obrony powietrznej/ wojsk OPK na cele powietrzne;
- 3/ zwalczanie celów powietrznych przez środki walki wojsk OPK;
- 4/ analiza wyników obliczeń i opracowanie wskaźników do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.

W dalszej części pracy podano tylko zasadnicze procedury wchodzące w zakres poszczególnych algorytmów, które były niezbędne dla opracowania programu obliczeniowego na EMC ODRA-1305, w celu sprawdzenia słuszności przyjętej koncepcji oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.

2.3.1. Algorytm rozpoznania SNP przeciwnika i zabezpieczenia w informację radiolokacyjną środków walki wojsk OPK

Analizę możliwości wykrywania, śledzenia, naprowadzania lotnictwa myśliwskiego oraz wskazywania celów powietrznych pododdziałom wojsk raketowych realizuje się w oparciu o symulowany nalot SNP przeciwnika. Proces analizy realizowany jest w stałym cyklu ze zmienianą w sposób parametryczny dyskretnością Δt .

W charakterystyce nalotu określa się następujące wielkości: liczbę celów powietrznych wchodzących w skład nalotu, czas rozpoczęcia nalotu, numery taktyczne celów powietrznych, prędkości działania celów powietrznych, wysokości lotu celów powietrznych, składy celów powietrznych, wskaźnik określający interpretację wysokości lotu celu na małych wysokościach /tzw. lot profilowany/; średnie wartości

29a/ Numer taktyczny celu powietrznego jest to liczba czterocyfrowa /np. 2560/, nadana obiektowi powietrznemu przez SD BRT, zidentyfikowanemu jako SNP przeciwnika.

skutecznej powierzchni odbicia celów powietrznych, czas początku aktywności celu powietrznego /najwcześniejszy moment rozpoczęcia analizy trasy lotu celu w danym nalocie/, czasy początku i końca stosowania zakłóceń radioelektronicznych przez cele powietrzne, typy stosowanych zakłóceń radioelektronicznych, ich intensywność, zakres częstotliwości i zysk kierunkowy anteny nadajnika zakłóceń, współrzędne punktów opisujących trasy lotu celów powietrznych.

W oparciu o powyższe dane i dane o broniowych obiektach /punkt 2.2.7/ wyznacza się dynamiczne wagi celów powietrznych oraz potrzebne liczby oddziaływań^{30/} lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych. W oparciu o współrzędne trasy lotu celu obliczany jest chwilowy kierunek i jego długość /za przedział czasu Δt /. W każdym przedziale Δt sprawdzany jest kierunek trasy lotu celu /jest wyznaczany w przypadku zmiany kierunku lotu celu powietrznego/ i obliczane jest położenie dla celów poszczególnych tras poprzez wyznaczenie współrzędnych $x/t_0+k \Delta t$, $I/t_0+k \Delta t$ /gdzie: t_0 - czas rozpoczęcia nalotu/ na stałej, założonej dla danego odcinka trasy lotu wysokości.

W każdym cyklu wyznaczane są także aktualne zbiory nosicieli zakłóceń /spośród celów stosujących zakłócenia/ oraz zbiór stacji radiolokacyjnych, które mogą być przez nie zakłócone.

Na podstawie uzyskanych danych określa się:

- czasy wykrycia i ciągłość śledzenia celów powietrznych za pomocą środków rozpoznania systemu radiolokacyjnego;
- wpływ zakłóceń radioelektronicznych na czasy wykrycia i ciągłość śledzenia celów powietrznych;
- możliwości zabezpieczenia naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na cele powietrzne i wskazywania celów powietrznych pododdziałom wojsk rakietowych.

Wyniki obliczeń zapamiętywane są w tablicach relacji CEL-RLP oraz CEL-PN. Odzworowywane są w nich czasy początku wykrycia, ciągłości śledzenia, zakończenia, a także możliwości naprowadzania lotnictwa myśliwskiego i wskazywania celów powietrznych pododdziałom

^{30/} Potrzebną liczbę oddziaływań wyznacza się uwzględniając liczbę samolotów wchodzących w skład celu powietrznego oraz założone prawdopodobieństwo zniszczenia celu i prawdopodobieństwo skuteczności działania w jednym oddziaływaniu /np. samolotu myśliwskiego, dywizjonu rakietowego/ na jeden samolot przeciwnika /2.20/.

wojsk raketowych.

Analiza możliwości wykrywania i śledzenia celów powietrznych, za pomocą środków radiolokacyjnych ugrupowania WRT, dokonywana jest w oparciu o parametry taktyczno-techniczne stacji radiolokacyjnych znajdujących się w wyposażeniu poszczególnych kompanii radiotechnicznych. Zasięgi wykrywania i ciągłość śledzenia, a także możliwości naprowadzania lotnictwa myśliwskiego określa się z uwzględnieniem wpływu ukształtowania terenu.

2.3.2. Algorytm analizy potencjalnych możliwości oddziaływania środków walki na cele powietrzne

Analizę potencjalnych możliwości oddziaływania środków walki wojsk OPK /lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych/ realizuje się przy założeniu pełnego zabezpieczenia działań bojowych tych wojsk w informację radiolokacyjną. Działania bojowe ograniczone są jedynie możliwościami taktyczno-technicznymi uzbrojenia działających wojsk OPK, przyjętymi sposobami dowodzenia i współdziałania oraz ze względu na przydzielony rejon działań bojowych.

Wyniki analizy zapamiętywane są w tablicach relacji: CEL-LOT /STR/ oraz CEL-DR. W tablicach tych zapamiętywane są czasy początku i końca oddziaływania środków walki.

I tak w tablicy CEL-LOT /STR/ zapamiętywane są dane dotyczące możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego, natomiast w tablicy CEL-DR dotyczące możliwości oddziaływania wojsk raketowych.

Dane te stanowią podstawę do obliczenia wartości współczynników ważności celów powietrznych względem możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych. Następnie po uwzględnieniu sposobów dowodzenia i współdziałania wykorzystywane są do aktualizacji tablic relacji CEL-LOT/STR/ i CEL-DR.

Wartość współczynnika ważności celu powietrznego względem możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego określa się jako funkcję czasu na podstawie następującej zależności

$$W_{C_1}^L = \frac{T_{P_{\max}} - T_{P_i}}{10} + 1$$

gdzie:

- $T_{P_{max}}$ - czas początku oddziaływania /najpóźniejszy moment, w którym można jeszcze wykonać skuteczne oddziaływanie/ w danym nalocie;
- T_{P_i} - czas początku oddziaływania z danego lotniska /strefy/ na cel powietrzny.

Wartość współczynnika ważności celu powietrznego względem możliwości oddziaływania wojsk raketowych określa się jako funkcję parametru kursu celu na podstawie następującej zależności

$$W_{C_i}^R = W_Z - P_i$$

gdzie:

- W_Z - założona, stała wartość wagi celu;
- P_i - wartość parametru kursu celu danego dywizjonu raketowego.

Wyznaczone w powyższy sposób wagi służą do określania wartości współczynników dynamicznej ważności celów powietrznych, wykorzystywanych w algorytmie przydziału celów powietrznych do zwalczania przez środki walki.

Dane zawarte w zaktualizowanych tablicach CEL-LOT/STR/ i CEL-DR stanowią podstawę do realizacji następnego części algorytmu - przydziału środków walki do zwalczania SNP przeciwnika.

2.3.3. Algorytm przydziału celów powietrznych do zwalczania przez środki walki

Przydziału celów powietrznych do zwalczania środkom walki dokonuje się wykorzystując algorytm Forda-Fulkersona [53]. Jest to adaptacja rozwiązania zadania transportowego algorytmu Forda-Fulkersona. Przyjęto w nim jako magazyny - możliwości oddziaływań poszczególnych środków walki, natomiast jako odbiorców analizowane cele powietrzne w danym przedziale czasu Δt . W każdym z analizowanych przedziałów /cyklu/ ze zbioru wszystkich celów wybierane są te, których czas początku oddziaływania mieści się w przedziale cyklu $t_i - t_{i-1} = \Delta t$, $i=1,2,\dots,I/$.

Zapotrzebowania ich są w każdej sytuacji etapowej /w jednym cyklu/ jednostkowe. Wyboru tego dokonuje się za pomocą podprogramu WYBOR - który oprócz podporządkowywania poszczególnym celom powietrznym określonych środków walki mających możliwości oddziaływania w analizowanym przedziale czasu - opracowuje i aktualizuje tablice możliwości oddziaływać tych środków walki.

Procedura ta, w każdym cyklu realizowana jest trzykrotnie dla przypadków, gdy:

1/ środki walki dysponują pełną informacją radiolokacyjną o działalności celów powietrznych, zabezpieczenie radiolokacyjne nie ogranicza potencjalnych możliwości działań bojowych środków walki, dowodzenie i współdziałanie umożliwia racjonalne wykorzystanie środków walki;

2/ środki walki zabezpieczane są w realną radiolokacyjną informację dowodzenia, dowodzenie i współdziałanie realizowane jest według założonego wariantu /parametrycznie w danych zmiennych/;

3/ środki walki zabezpieczane są w realną radiolokacyjną informację dowodzenia i radiolokacyjną informację bojową, dowodzenie i współdziałanie jak wyżej.

Wynik przydziału, jako element decyzyjny w algorytmie, odnotowywany jest w odpowiednich tablicach, a następnie zapisywany wraz z czasem cyklu do pamięci zewnętrznej EBC w postaci zbioru o nazwie WYNIK. Zbiór ten stanowi bazę danych do wyznaczenia wartości wskaźników oceny efektywności działań bojowych i umożliwia analizę wyników obliczeń.

2.3.4. Algorytm analizy wyników i opracowania wskaźników oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK

Algorytm ten umożliwia czytanie kolejnych rekordów ze zbioru WYNIK, ich interpretację i wyprowadzenie tablic oddziaływań dla wyżej omówionych trzech przypadków. Oprócz tego zapewnia on wyprowadzenie na drukarkę wierszową histogramu wykrywania, śledzenia i możliwości radiolokacyjnego naprowadzania lotnictwa myśliwskiego w relacjach CEL-RLP i CEL-PN.

Algorytm umożliwia dokonywanie analizy działań bojowych lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych, radiolokacyjnego wykrywania

i ciągłości śledzenia poszczególnych celów powietrznych, a także stopnia zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych środków walki z określonym nalotem. Umożliwia on również ocenę wpływu różnych sposobów współdziałania lotnictwa myśliwskiego i wojsk rakietowych na skuteczność zwalczania celów powietrznych we wspólnych strefach działań bojowych.

2.4. PROGRAM OBLICZANIA WSKAŹNIKÓW OCENY EFEKTYWNOŚCI DZIAŁAŃ BOJOWYCH WOJSK OPK

W celu wyznaczenia wskaźników oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK na podstawie modelu matematycznego, z wykorzystaniem EMC, opracowano program obliczeniowy pod nazwą EPOR^{31/}. Program ten opracowano na podstawie modelu matematycznego, procedur przedstawionych w algorytmie oraz rozważań szczegółowych ujętych w opracowaniach dotyczących: oceny zabezpieczenia lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK w informację radiolokacyjną [60], oceny zabezpieczenia w informację radiolokacyjną na małych wysokościach [11], oceny skuteczności zakłóceń radioelektronicznych stacji radiolokacyjnych [7,9] oraz oceny efektywności działań bojowych wojsk rakietowych [27].

Program umożliwia wyznaczenie wskaźników oceny efektywności działań bojowych prowadzonych przez wojska OPK, ugrupowane na określonym obszarze rejonu obrony. Obszar ten w programie zadawany jest, w danych zmiennych, współrzędnymi: WPXO, WPX, WPYO, WPY. Rozwiązanie także umożliwia dokonanie wyboru dowolnej grupy lotnisk, dywizjonów rakietowych i pododdziałów radiotechnicznych dających się zamknąć w prostokacie o wyżej pokazanych współrzędnych.

Rejon ugrupowania pododdziałów radiotechnicznych powinien być w całości zawarty w obszarze opisanym wysokościami terenowymi. Warunek ten wynika z procedury wyznaczania kątów zakrycia dla poszczególnych pozycji rozwinięcia pododdziałów radiotechnicznych i brany jest pod uwagę przy wyznaczaniu zasięgów wykrywania i ciągłości śledzenia obiektów powietrznych. Współrzędne początku opisu terenu /WPX1, WPY1/, jego długość /IX1, DX/ i szerokość /IY1, DY/ oraz dyskretność opisu

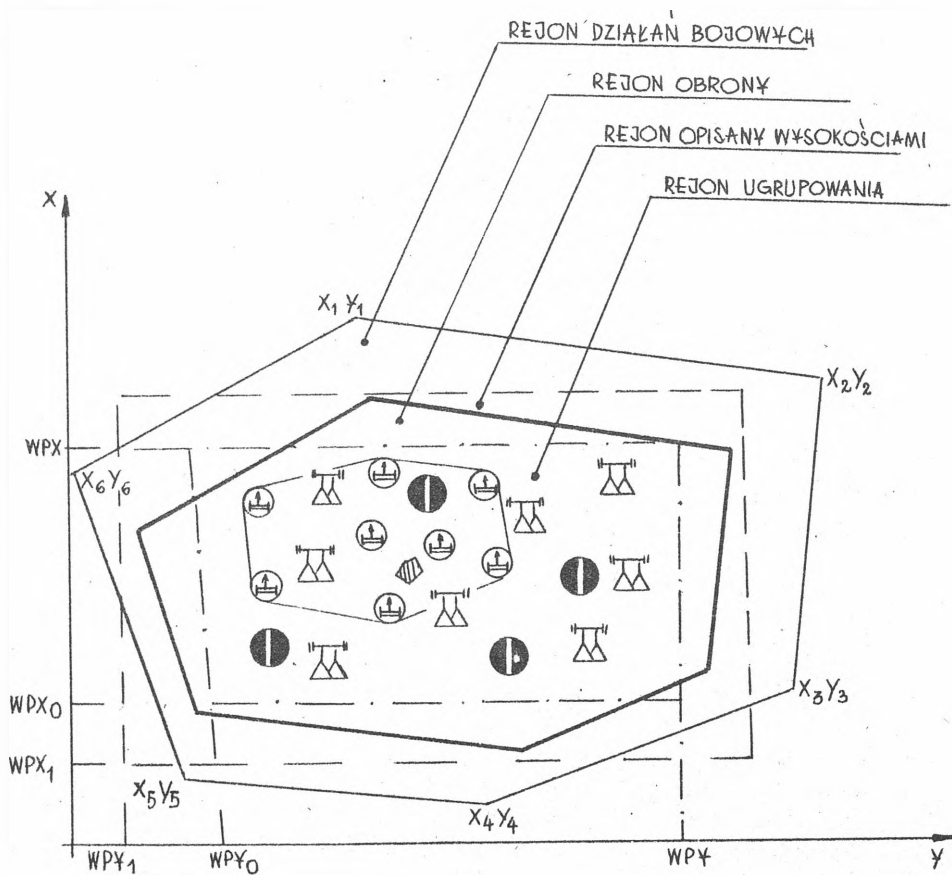
31/ Program EPOR opracowali ppłk S. Antczak i mjr H. Kierebiński z Wojskowego Instytutu Informatyki.

terenu /DX, DY/ określa się w zbiorze danych stałych.

W programie przewidziano ograniczenie przestrzeni działania lotnictwa myśliwskiego wojsk OPK, poprzez wyznaczenie rejonu działań bojowych. Rejon ten w programie zadawany jest za pomocą wieloboku wypukłego /maksymalnie dziesięcioboku/. Wielkość jego zadawana jest w danych zmiennych współrzędnymi topograficznymi $/X_i, Y_i, i=1,2,\dots,I/$ wierzchołków wieloboku. Relacje między wymienionymi obszarami i rejonami pokazano na rys.22.

W celu wyznaczenia wartości wskaźników oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK, program wymaga przygotowania odpowiedniego zbioru danych. Zbiór taki składa się z dwóch podzbiorów. Podzbiór danych stałych obejmuje informacje o parametrach uzbrojenia /lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych, wojsk radiotechnicznych/ i terenie, na którym rozwinięte są pododdziały wojsk radiotechnicznych. W podzbiórce danych zmiennych zawarte są informacje o rejonie ugrupowania pododdziałów wojsk radiotechnicznych, rejonie działań bojowych środków walki wojsk OPK, ugrupowaniu i wyposażeniu wojsk lotnictwa myśliwskiego, wojsk raketowych i wojsk radiotechnicznych, o liczbie i położeniu stref dyżurowania, sposobach współdziałania pomiędzy wojskami raketowymi i lotnictwem myśliwskim, o położeniu i charakterystyce bronionych obiektów, o modelu nalotu SNP przeciwnika oraz stosowanych zakłóceniach radioelektronicznych [46].

Wykorzystując powyższe dane program analizuje możliwości oddziaływania środków walki na cele powietrzne przyjętego wariantu nalotu oraz wyznacza czasy początku ich wykrycia i końca śledzenia, czasy przerw w śledzeniu, a także możliwe czasy naprowadzania lotnictwa myśliwskiego na poszczególne cele powietrzne. Analiza ta dokonywana jest począwszy od momentu rozpoczęcia nalotu, aż do momentu zakończenia najpóźniejszej trasy lotu celu z dyskretnością Δt zadaną przez użytkownika. W wyniku realizacji programu otrzymuje się odpowiednie tablice relacji cel-lotnisko /strefa/ /CLS1/, cel-poddział radiotechniczny /CRLP/, cel-punkt naprowadzania lotnictwa myśliwskiego /CPN/i cel-dywizjon raketowy /CDOAR/. W sekwencji dotyczącej analizy możliwości wykrywania i śledzenia celów powietrznych, w programie przewidziano kilka różnych wariantów jej realizacji. Wyboru dowolnego wariantu dokonuje się przez nadanie odpowiednich wartości poszczególnym parametrom. Do parametrów tych należą:



Rys.22 Interpretacja rejonu działań wojsk OPK, rejonu obrony wojsk OPK, rejonu ugrupowania WRT i obszaru opisanego wysokościami terenu

MWYS - parametr określający górny pułap małych wysokości. Wielkość ta określa graniczną wysokość, poniżej której wykrywanie i śledzenie celów powietrznych oraz możliwości zabezpieczenia w informację radiolokacyjną naprowadzania lotnictwa myśliwskiego, realizowane jest według algorytmu małych wysokości [11]. Wartość parametru MWYS nie może być mniejsza od wysokości, dla których określono zasięgi wykrywania stacji radiolokacyjnych w zbiorze danych stałych. Na przykład, niech dla trzech typów stacji radiolokacyjnych zasięgi wykrywania w funkcji wysokości wynoszą:

RLS \ H	100	200	300	500	1000
RLS ₁	31	40	52	63	79
RLS ₂	40	48	60	80	100
RLS ₃	25	36	48	60	90

Dla danych podanych w tabeli wartość MWYS nie może być mniejsza niż 100.

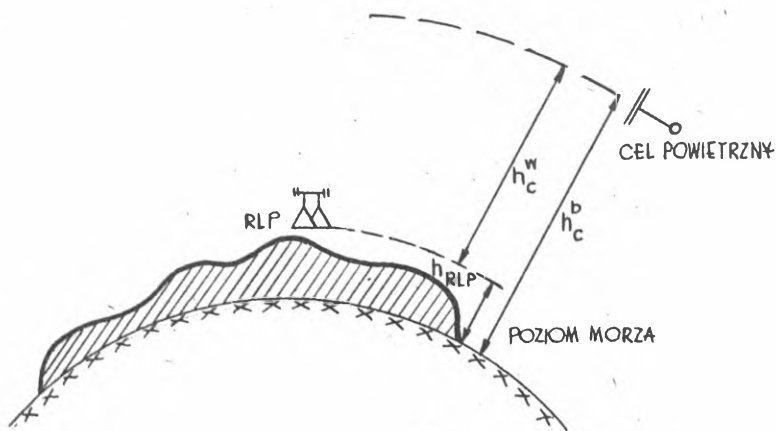
KD - parametr określający sposób oceny strefy informacji radiolokacyjnej na dużych wysokościach. Może on przyjmować wartość 1 lub 0. Gdy $KD=0$ wówczas wysokość lotu celu powietrznego interpretowana jest względem poziomu morza tj. $H_c = h_c^b$. W przypadku gdy $KD=1$ obliczana jest jego wysokość względem wysokości pozycji technicznej pododdziału radiotechnicznego tj.

$$H_c = h_c^w = h_c^b - h_{krt} \quad / \text{rys. 2}^2 /$$

KTES - parametr określający włączenie urządzenia tłumienia ech stałych /TES/, przy czym $KTES=1$ oznacza urządzenie włączone, $KTES=0$ urządzenie wyłączone. Włączenie lub wyłączenie urządzeń TES dotyczy wszystkich stacji radiolokacyjnych wyposażonych w to urządzenie.

KM - parametr określający interpretację wysokości lotu celu powietrznego na małych wysokościach, przy czym $KM=0$ oznacza wysokość lotu celu interpretowaną względem powierzchni kuli

ziemskiej, natomiast $KM=1$ oznacza wysokość lotu celu interpretowaną względem powierzchni terenu na trasie jego lotu /lot profilowany.



Rys.23 Interpretacja parametru KD

Wariantując wartości powyższych parametrów można badać ich wpływ na efektywność zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych środków walki, a pośrednio oceniać efektywność strefy informacji radiolokacyjnej ugrupowania bojowego wojsk radiotechnicznych.

W sekwencji dotyczącej analizy możliwości oddziaływania środków walki na cele powietrzne, w programie przewidziano możliwość parametrycznego określania sposobów współdziałania wojsk rakietowych i lotnictwa myśliwskiego. W tym celu przewidziano następujące parametry:

- VCP -- założona graniczna wartość prędkości celów powietrznych /podana w metrach na sekundę/. Wszystkie cele powietrzne, których prędkości lotu są większe od VCP przydziela się do zwalczania wojskom rakietowym;
- HC1 -- założona dolna granica wysokości zwalczania celów powietrznych przez lotnictwo myśliwskie;

- HC2 - założona górna granica wysokości zwalczania celów powietrznych przez lotnictwo myśliwskie. Wszystkie cele wykonujące lot poniżej dolnej i powyżej górnej granicy wysokości przydziela się do zwalczania wojskom raketowym;
- SKC - założona graniczna wielkość składu celu powietrznego. Wszystkie cele powietrzne, których skład jest większy od SKC przydziela się do zwalczania jednocześnie lotnictwu myśliwskiemu i wojskom raketowym.

Wariantując wartości powyższych parametrów można badać wpływ różnych sposobów współdziałania lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych na efektywność ich działań bojowych.

Jak już powiedziano wyżej, w trakcie realizacji programu tworzone są tablice CLS1, CRLP, CPN i CDOAR. Dane zawarte w tablicach CLS1, CRLP i CPN stanowią podstawę do utworzenia tablicy CLS2, w której zapisywane są relacje cel-lotnisko /strefa/ z uwzględnieniem radiolokacyjnej informacji dowodzenia. Natomiast dane z tablic CRLP i CDOAR stanowią podstawę do utworzenia tablicy CDOAR1, w której zapisywane są relacje cel-dywizjon raketowy z uwzględnieniem informacji radiolokacyjnej wojsk radiotechnicznych. Fizycznie, tablice CLS2 i CDOAR1 odzwierciedlają wpływ strefy informacji radiolokacyjnej wojsk radiotechnicznych na stopień wykorzystania potencjalnych możliwości oddziaływania środków walki na poszczególne cele powietrzne symulowanego nalotu ŚNF przeciwnika.

W dalszej części program dokonuje przydziału środków walki na cele powietrzne. W każdym cyklu przydział dokonywany jest na podstawie danych zawartych w tablicach: CLS1, CLS2, CLS3, CDOAR i CDOAR1. Tablica CLS3 powstaje na bazie danych tablicy CLS2 w trakcie analizy możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego z uwzględnieniem radiolokacyjnej informacji bojowej, wykorzystywanej do realizacji naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne. W wyniku przydziału uzyskuje się liczbę możliwych oddziaływań na samoloty wchodzące w skład celu powietrznego, dla trzech przypadków:

1/ z uwzględnieniem pełnego zabezpieczenia informacyjnego działań bojowych środków walki /CLS1, CDOAR/;

2/ z uwzględnieniem wpływu, na wykorzystanie potencjalnych możliwości bojowych środków walki, realnej radiolokacyjnej informacji

dowodzenia /CLS2, CDOAR1/;

3/ z uwzględnieniem wpływu, na wykorzystanie potencjalnych możliwości bojowych środków walki, realnej radiolokacyjnej informacji dowodzenia i bojowej /CLS3/.

Wyniki obliczeń drukowane są w odpowiedniej postaci^{32/} na drukarce wierszowej i stanowią podstawę do analizy i oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.

Z uwagi na przyjętą technikę obliczeniową^{33/} i założony cel badań w programie dopuszcza się maksymalnie: 20 pododdziałów radiotechnicznych, 10 lotnisk, 20 stref dyżurowania lotnictwa myśliwskiego w powietrzu, 10 obiektów obrony, 30 dywizjonów raketowych oraz 30 celów powietrznych /pojedynczych lub grupowych/ w trakcie trwania jednego przebiegu symulacyjnego.

32/ Postać danych wynikowych oraz przykład zastosowania programu EPOR w procesie badań przedstawiono w rozdziale trzecim.

33/ Program opracowano na EMC ODRA-1305. W przypadku konieczności oceny większego ugrupowania należy w programie odpowiednio rozszerzyć rezerwację poszczególnych obszarów pamięci operacyjnej.

WNIOSKI KOŃCOWE ROZDZIAŁU DRUGIEGO

W rozdziale pierwszym niniejszej rozprawy założono, że najodpowiedniejszą metodą umożliwiającą praktyczne określenie mierzalnych wskaźników oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK jest symulacja systemów z wykorzystaniem ETO.

Pomimo istniejącego, już w okresie pokoju, systemu OPK nie można na nim dokonywać pomiaru wszystkich interesujących badacza /dowódcę, sztab/ wielkości. Ograniczenia te wynikają chociażby z faktu, że wojska OPK prowadzić będą działania bojowe z konkretnym przeciwnikiem powietrznym, którego działań bojowych w skali realnej nie można zrealizować^{34/} dla celów badawczych.

Jednakże możliwość sprawdzenia teoretycznych przesłanek o systemie, dokonywanie na nim empirycznych obserwacji i wyciągania na ich podstawie logicznych wniosków, badania ^{wprowadzenie różnorodności źródeł zmienności} znacznej liczby źródeł zmienności systemu, a także możliwość wielokrotnego powtarzania eksperymentu przy nieporównywalnie niższych kosztach ich przeprowadzenia, niż miałyby to miejsce w przypadku systemu rzeczywistego, przemawia za poważniejszym zainteresowaniem się tą metodą badawczą.

Stwierdzono, że zastosowanie symulacji komputerowej w badaniach systemów wymaga korzystania z modeli matematycznych. W zależności od założonych celów badawczych, a także umiejętności projektantów i możliwości techniki obliczeniowej - modele matematyczne budować można o różnym stopniu szczegółowości i adekwatności z odwzorowywaną rzeczywistością. Dlatego też istotne znaczenie ma ocena adekwatności modelu. W konkretnym przypadku polega ona na opracowaniu reguły, która w oparciu o wyniki eksperymentów na badanym systemie rzeczywistym lub sprawdzonych modelach i wyniki uzyskane na podstawie modelu pozwala na wniosek wartościujący, wyrażający aprobatę lub dezaprobatę dla modelu, z punktu widzenia przyjętego kryterium adekwatności modelu i badanej rzeczywistości [29]. Najpowszechniej, do oceny adekwatności modeli, stosowane są metody statystyczne [18,22,52].

^{34/} W czasie ćwiczeń z wojskami rozgrywa się tylko niektóre, wybrane epizody działań bojowych przeciwnika powietrznego z wykorzystaniem własnego lotnictwa /głównie - pozoracja celów powietrznych/.

Jednakże w przypadku modelowania systemów hipotetycznych, do jakich zaliczyć można modelowanie działań bojowych OPK, do oceny adekwatności modelu wykorzystywać można następujące podstawowe rodzaje kryteriów naukowych [51]:

- kryteria zgodności modelu z mniej lub bardziej arbitralnie wybranym fragmentem rzeczywistości;
- kryteria wewnętrznej poprawności logicznej modelu.

W pracy skorzystano głównie z kryterium należącego do drugiego rodzaju - poprzez spełnienie warunków racjonalności metodycznej i rzeczowej [25].

Zdajemy sobie sprawę, że zastąpienie systemu rzeczywistego jego matematycznym modelem umożliwia niepełne izomorficzne odwzorowanie tego systemu. Zaletą jednak tej metody jest możliwość opisu dowolnego systemu z taką dokładnością, na jaką pozwala rozwój aparatu matematycznego, dysponowany czas i technika obliczeniowa. Możemy zresztą powiedzieć za K.Marksem, że "nauka dopiero wtedy osiąga swój pełny rozwój, gdy dochodzi do takiej fazy, w której może posługiwać się matematyką".

3. PRZYKŁAD OPERACYJNO-TAKTYCZNY

Zaprezentowaną koncepcję oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK zilustrujemy przykładem, w którym założono określoną sytuację operacyjno-taktyczną dla nadmorskiego związku operacyjno-taktycznego OPK /ZOT OPK/.

Sztab ZOT OPK opracował szereg przewidywanych wariantów nalotu ŚNP przeciwnika oraz wariantów użycia posiadanych sił i środków /wariantów działań bojowych/.

W omawianym przykładzie wyróżniono cztery warianty nalotu ŚNP, dwa warianty użycia wojsk rakietowych, dwa warianty użycia lotnictwa myśliwskiego oraz dwa warianty współdziałania.

Dowódca ZOT OPK nakazał przeanalizować i ocenić efektywność działań bojowych dla wszystkich opracowanych wariantów użycia posiadanych sił i środków w odniesieniu do każdego wariantu nalotu ŚNP przeciwnika.

W celu wykonania tak postawionego zadania konieczne jest zrealizowanie określonego programu badań /załącznik 1/. Zgodnie z tym programem, w odniesieniu do każdego wariantu nalotu ŚNP należy wykonać obliczenia dla ośmiu wariantów działań bojowych ZOT OPK, co łącznie oznacza wykonanie obliczeń dla trzydziestu dwóch wariantów.

W przedstawionym przykładzie wykonano i zaprezentowano wyniki obliczeń dla wybranych dziesięciu wariantów /w załączniku 1 oznaczono je pogrubionymi liniami/.

Zgodnie z przyjętymi założeniami teoretycznymi zobrazowano wyniki obliczeń dla dwóch sposobów wykorzystania proponowanej metody oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK.

Sposób pierwszy, tzw.pełny, polega na dokładnym przeanalizowaniu danego wariantu działań bojowych, w celu poszukiwania wniosków zmierzających do jego weryfikacji i doskonalenia. Konieczne jest więc określanie różnych wskaźników efektywności, które mogą być podstawą dokonywania analiz i zmian. Sposób ten zaprezentowano na przykładzie pierwszego wariantu działań bojowych w odniesieniu do pierwszego wariantu nalotu ŚNP /wariant 1/1, załączniki 3-9, tablice 1-7/.

Sposób drugi, tzw.uproszczony, polega na ocenie wariantów

działań bojowych i wyborze jednego z nich na podstawie jednego tylko wskaźnika /głównego/, tzn. na podstawie oczekiwanego rezultatu działań bojowych wojsk raketowych i lotnictwa myśliwskiego. Wyniki obliczeń dla tego sposobu przedstawiono na przykładzie pozostałych wariantów działań bojowych /załączniki 10-27, tablice 8-25/.

Modele nalotu ŚNP przeciwnika oraz ugrupowanie sił i środków ZOT OPK /WR, LM, WRT/ przedstawiono w załączniku 2.

Założono, że w kolejnym zmasowanym nalocie przeciwnik może wykonać uderzenia na obiekty przemysłowe, głównie porty oraz na lotniska, dywizjony raketowe, posterunki radiolokacyjne i stanowiska dowodzenia.

Przyjęto cztery następujące warianty nalotów ŚNP:

1. Nalot z dwóch kierunków, zachodniego i północno-zachodniego, z zastosowaniem zakłóceń radioelektronicznych o małej intensywności.

2. Nalot z dwóch kierunków, zachodniego i północno-zachodniego, z zastosowaniem zakłóceń radioelektronicznych o dużej intensywności.

3. Nalot z dwóch kierunków, północno-zachodniego i północnego, z zastosowaniem zakłóceń radioelektronicznych o małej intensywności.

4. Nalot z dwóch kierunków, północno-zachodniego i północnego, z zastosowaniem zakłóceń radioelektronicznych o dużej intensywności.

Do odparcia nalotów ŚNP przeciwnika dowódca ZOT OPK może użyć trzy brygady raketowe /BR OPK/ oraz trzy pułki lotnictwa myśliwskiego /plm OPK/, których działania bojowe zabezpiecza jedna brygada radiotechniczna /BRT OPK/.

Przyjęto następujące warianty użycia posiadanych sił i środków.

Wojska raketowe:

Wariant 1. Do odparcia nalotu wykorzystuje się 3 brygady raketowe - 5 BR OPK, 6 BR OPK i 9 BR OPK.

Wariant 2. Do odparcia nalotu wykorzystuje się 2 brygady raketowe - 5 BR OPK i 9 BR OPK.

W obydwu wariantach wszystkie dywizjony raketowe w momencie rozpoczęcia nalotu znajdują się w gotowości bojowej nr 1.

Lotnictwo myśliwskie:

Wariant 1. W momencie rozpoczęcia nalotu na lotniskach 10,11,12 i 13 znajduje się po 12 samolotów w gotowości bojowej nr 1, a na lotniskach 14 i 15 po 16 samolotów. W strefach 21,22,23 i 24 dyżurują po 4 samoloty.

Wariant 2. Na lotniskach liczba samolotów w gotowości bojowej nr 1 pozostaje bez zmian. Natomiast w strefach dyżurowania nie ma samolotów.

Współdziałanie:

Wariant 1. Zakłada się możliwość jednoczesnego oddziaływania lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych na cele powietrzne o składowie powyżej 8 samolotów.

Wojska raketowe mają pierwszeństwo w zwalczaniu celów powietrznych o prędkości powyżej 400 m/s.

Lotnictwo myśliwskie ma pierwszeństwo w zwalczaniu celów powietrznych w przedziale wysokości 1000-5000 m.

Wariant 2. Zakłada się, że nie ma możliwości jednoczesnego oddziaływania lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych na cele powietrzne. Pozostałe elementy współdziałania pozostają bez zmian.

W odniesieniu do lotnictwa myśliwskiego uwzględniono możliwość niszczenia celów powietrznych wyłącznie na podejściach do broniowanych obiektów - przed dolotem celów powietrznych do rubieży wykonania zadania.

Wyniki obliczeń dla wariantu 1/1

W celu zobrazowania oczekiwanych rezultatów działań bojowych lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych opracowano tablice wynikowe, zgodnie ze wzorem przedstawionym w rozdziale pierwszym /s.54/, a mianowicie:

- tablice potencjalnych możliwości oddziaływania lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych na cele powietrzne /tablice 1 i 2 - załączniki 3 i 4/;

- tablice oczekiwanych rezultatów oddziaływania lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych na cele powietrzne /tablice 3 i 4 - załączniki 5 i 6/.

W tablicach dla lotnictwa myśliwskiego podano numery lotnisk i stref dyżurowania, liczbę grup /kluczy/ samolotów na lotniskach i w strefach m_1 /, numery celów powietrznych i potrzebną liczbę oddziaływań q na każdy cel oraz liczbę oddziaływań z każdego lotniska /strefy/ na każdy cel powietrzny, jak również ogólną liczbę oddziaływań.

W tablicach dla wojsk raketowych podano numery dywizjonów raketowych, zapas rakiet m_R w każdym z nich oraz pozostałe elementy analogicznie jak dla lotnictwa myśliwskiego.

W omawianym przykładzie potencjalna liczba oddziaływań wynosi: 11 dla LM /tablica 1/ i 12 dla WR /tablica 2/. Natomiast przy uwzględnieniu realnych możliwości zabezpieczenia radiolokacyjnego przez BRT liczby te wynoszą odpowiednio 10 i 11 /tablice 3 i 4/.

Wskaźnik efektywności wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych środków walki /rozdział 1, s.37/ jest więc w tym przypadku bardzo wysoki i wynosi:

$$E = \frac{21}{23} = 0,91$$

Analizując przedstawione wyniki obliczeń można wnioskować, że wysoki stopień wykorzystania potencjalnych możliwości bojowych środków walki /ze względu na ogólną liczbę oddziaływań/ uzyskano dzięki dobremu zabezpieczeniu w informację radiolokacyjną. Informacja ta nie zapewnia natomiast pełnej realizacji koncepcji wykorzystania lotnictwa myśliwskiego do zwalczania celów powietrznych na podejściach do broniowanych obiektów oraz powoduje konieczność zmiany przydziału środków walki do zwalczania SNP /porównaj tablice 1,2 i 3,4/.

Na przykład, przy założeniu pełnej informacji radiolokacyjnej lotnictwo myśliwskie mogło oddziaływać na cel 09 ze strefy dyżurowania 21 /tablica 1/. Natomiast po uwzględnieniu realnych możliwości BRT cel ten nie mógł być zwalczany /tablica 3/. Podobnych analiz można dokonywać w odniesieniu do wszystkich celów powietrznych oraz lotnisk, stref dyżurowania i dywizjonów raketowych.

Zgodnie z przyjętymi założeniami możemy również określić stopień /prawdopodobieństwo/ wykonania zadania /rozdział 1, s.40/, który w tym przypadku wynosi:

$$E_s = \frac{21}{69} \approx 0,3$$

Istotnym dla dokonywania analiz mogą być współczynniki uczestnictwa środków walki w odpieraniu nalotu /rozdział 1, s.41/, które dla lotnictwa myśliwskiego i wojsk raketowych wynoszą odpowiednio:

$$E_{U/LM/} = \frac{10}{26} = 0,38$$

$$E_{U/WR/} = \frac{11}{36} \approx 0,3$$

Współczynniki te oznaczają, że praktycznie tylko 30 % dywizjonów raketowych oraz 38 % grup samolotów, będących w dyspozycji dowódcy, brało udział w odpieraniu nalotu. W odniesieniu do dywizjonów raketowych jest to wynikiem głównie wykonywania nalotu przez przeciwnika na wybranych kierunkach, co umożliwiło mu omijanie części ugrupowań wojsk raketowych. Natomiast przyczyną niepełnego wykorzystania lotnictwa myśliwskiego jest, między innymi, ściśle uzależnienie jego działań bojowych /sposobów/ od zabezpieczenia radiolokacyjnego, a w tym od naprowadzania "z ziemi". Można więc wnioskować o konieczności stosowania innych sposobów działań bojowych lotnictwa myśliwskiego, niezależnych od zabezpieczenia radiolokacyjnego, na przykład, samodzielnego poszukiwania i zwalczania celów powietrznych przez pilotów /bez naprowadzania/.

W celu umożliwienia szczegółowych analiz dotyczących wpływu zabezpieczenia radiolokacyjnego na oczekiwane rezultaty działań bojowych środków walki, opracowano specjalne tablice obrazujące zabezpieczenie wykrywania, śledzenia i naprowadzania przez poszczególne posterunki radiolokacyjne /tablice 5,6 i 7 - załączniki 7,8 i 9/.

W tablicy 5 przedstawiono współczynniki ciągłości śledzenia i naprowadzania w odniesieniu do poszczególnych celów powietrznych. W tablicy 6 pokazano czasy wykrycia i śledzenia celów powietrznych przez każdy posterunek radiolokacyjny. W tablicy 7 dokonano analogicznego zestawienia dla wszystkich punktów naprowadzania lotnictwa myśliwskiego. Porównanie danych dotyczących wykrywania, ciągłości śledzenia i naprowadzania z rezultatami działań bojowych pozwala wnioskować o wpływie zabezpieczenia radiolokacyjnego na możliwości zwalczania

poszczególnych celów powietrznych. Na przykład, cele 08 i 09 nie były zwalczane /tablice 3 i 4/. Z danych tablicy 5 wynika, że cele te mają najniższe współczynniki śledzenia i naprowadzania, a najdłuższy czas ciągłego śledzenia celu 08 wynosi 2,5 minuty /tablica 6/. Podobne analizy można dokonywać dla wszystkich posterunków radiolokacyjnych i punktów naprowadzania w odniesieniu do każdego celu powietrznego.

Porównanie wyników obliczeń dla różnych wariantów działań bojowych

Wyniki obliczeń dotyczące oczekiwanych rezultatów działań bojowych dla różnych wariantów użycia posiadanych sił i środków zawarto w tablicach.

W pierwszej kolejności porównamy oczekiwane rezultaty działań bojowych dla wariantów 1,2,3,4,7 i 8 w odniesieniu do wariantu nalotu 1, które przedstawiono w tabeli.

Wariant działań	1 Tablice 3 i 4	2 Tablice 8 i 9	3 Tablice 10 i 11	4 Tablice 12 i 13	7 Tablice 14 i 15	8 Tablice 16 i 17
Oczekiwane rezultaty LM i WR	21	21	19	19	18	18

Z porównania danych wynika, że najwyższe /jednakowe/ rezultaty działań bojowych zapewniają warianty 1 i 2. Dokonanie wyboru jednego z nich wymaga więc uwzględnienia innych czynników, determinujących decyzję dowódcy.

Podobnie zestawimy wyniki obliczeń dla wariantów 5 i 6 w odniesieniu do wariantu nalotu 3.

Wariant działań	5 Tablice 18 i 19	6 Tablice 20 i 21
Oczekiwane rezultaty LM i WR	17	17

Porównując wyniki widzimy, że przy tym samym wariancie wykorzystania wojsk raketowych i lotnictwa myśliwskiego, zmiana wariantu

współdziałania nie miała praktycznie wpływu na oczekiwane rezultaty działań bojowych. Są one jednak niższe niż dla innych wariantów /np. wariant 1 nalotu SNP/.

Z kolei porównamy wyniki obliczeń dla wariantów działań bojowych 7 i 8 w odniesieniu do wariantów nalotu 1 i 4.

Wariant działań Wariant nalotu	7	8
1	18	18
4	6	6

Z porównania wyników obliczeń widać wyraźnie, podobnie jak dla wariantów 5 i 6, że zmiana wariantu współdziałania nie wpływa na oczekiwane rezultaty działań bojowych. Natomiast zarówno wariant 7, jak i 8 nie zapewniają wysokiej skuteczności zwalczania celów powietrznych w warunkach silnych zakłóceń radioelektronicznych.

W przedstawionym przykładzie operacyjno-taktycznym zaprezentowano jedynie fragment badań z wykorzystaniem programu na EMC ODRA-1305, w celu potwierdzenia założeń teoretycznych oraz poprawności modelu i algorytmu oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK. W praktyce oczekuje się znacznie szerszego wykorzystania proponowanej metody badawczej, przy zaangażowaniu interdyscyplinarnych zespołów naukowych i zastosowaniu nowoczesnej techniki obliczeniowej.

WNIOSKI KOŃCOWE

Podjęcie decyzji o użyciu sił i środków obrony powietrznej wiąże się z koniecznością uwzględniania wielu różnorodnych czynników dotyczących taktyki i możliwości bojowych przeciwnika powietrznego oraz wojsk OPK, to znaczy tych, które mają decydujący wpływ na wykonanie zadania bojowego. Dla wykonania tego zadania siły i środki wojsk OPK mogą być wykorzystane w różny sposób. W tej sytuacji decyzja polega głównie na dokonaniu wyboru najlepszego z możliwych /znanych/ sposobów realizacji zadania bojowego. Najczęściej nazywa się je wariantami działań bojowych. Poprawność takiej decyzji zależy w głównej mierze od umiejętności rozwiązania trzech następujących problemów.

Pierwszy z nich dotyczy trafności wyboru podstawowych czynników, które mają decydujący wpływ na wykonanie zadania. Czynniki te determinują z kolei możliwe sposoby /warianty/ użycia posiadanych sił i środków obrony w walce z przeciwnikiem powietrznym.

Drugi problem dotyczy waboru takiego wariantu działań bojowych, który zapewni najlepsze wykonanie zadania. Wyboru dokonuje się na podstawie określonych kryteriów, wykorzystując do tego wskaźniki pozwalające ocenić i porównać skutki powzięcia danej decyzji. Chciałoby się, aby podstawowym kryterium oceny był oczekiwany /prognozowany/ rezultat działań bojowych, w zależności od wariantu użycia posiadanych sił i środków. W tym właśnie aspekcie poszukuje się metod oceny efektywności dla potrzeb wypracowywania wariantów decyzji, a następnie wyboru z nich wariantu najlepszego.

Wreszcie trzeci problem polega na dostosowaniu metod i kryteriów oceny efektywności do potrzeb dokonywania analiz i prognoz przez dowódców, sztaby i zespoły naukowo-badawcze.

Prezentowana w rozprawie metoda oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK zmierza do rozwiązania niektórych z tych podstawowych problemów i stanowi próbę wniesienia skromnego, zdaniem autorów, wkładu do dalszego rozwoju teorii i praktyki wojsk OPK.

Z przeprowadzonych badań wynika, że hipotezy o celowości zastosowania analizy systemowej, a w niej symulacji systemów do oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK są słuszne. Opracowana i

zaproponowana w rozprawie metoda badawcza może być skutecznym narzędziem do rozwiązywania problemów decyzyjnych dotyczących głównie oceny, wyboru i doskonalenia wariantów działań bojowych, a także do prowadzenia badań ułatwiających: formułowanie kierunków doskonalenia systemu OPK /np. poprzez porównanie wartości wskaźników charakteryzujących efektywność jego działania/. Może ona również znaleźć zastosowanie w grach decyzyjnych, w celu umożliwienia ćwiczącym sprawdzania i weryfikowania podejmowanych decyzji.

Zastosowanie analizy systemowej jako metody badawczej, co sygnalizowano we wnioskach końcowych rozdziału pierwszego, umożliwiło uwzględnienie pryncypiów badań systemowych, z których za najistotniejsze uznano traktowanie obiektu badań jako systemu. Ułatwiło to wyodrębnienie podstawowych elementów /modułów/ systemu OPK oraz jego uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych, a także sformułowanie celów i zasad działania.

Zastosowanie symulacji systemów, jako techniki rozwiązywania problemów, umożliwia śledzenie w czasie zmian zachodzących w dynamicznym modelu systemu. Znajduje to swoje odbicie w charakterze modelu matematycznego, a także w jego strukturze funkcjonalnej. Składa się on z szeregu bloków. Struktura blokowa ułatwiła z kolei uproszczenie opisu wzajemnych oddziaływań wewnątrz systemu, za pomocą odpowiednich połączeń między blokami.

Zgodnie z założeniem o zastosowaniu proponowanej metody badawczej na szczeblach operacyjnych i operacyjno-taktycznych wojsk OPK, przyjęto odpowiedni stopień uogólnienia opracowanego modelu działań bojowych i algorytmów oceny efektywności. Wyeksponowano w nich podstawowe elementy /moduły/ systemu OPK oraz ich funkcje. Nie rozwijano natomiast opisów dotyczących poszczególnych elementów modelu /modułów/ i algorytmów.

Takie podejście do rozwiązania problemu, zgodnie z przyjętą hipotezą roboczą, miało na celu nadanie wiodącej oraz integrującej roli proponowanej metodzie badawczej, traktowanej jako baza metodyczna i merytoryczna w rozwijaniu dalszych badań, dotyczących szczegółowych ocen efektywności, poszczególnych elementów systemu OPK.

W rozprawie skoncentrowano uwagę na sprecyzowaniu teoretycznych zasad, metod i kryteriów oceny efektywności działań bojowych wojsk

OPK. Dla potwierdzenia słuszności przyjętych rozwiązań wykorzystano program obliczeniowy na EMC i wykonano obliczenia dla wybranego przykładu operacyjno-taktycznego /rozdział trzeci/. Przykład ten stanowi jeden z możliwych wariantów zastosowania proponowanej metody badawczej.

Należy jednak podkreślić, że zarówno program na EMC, jak i wykonane obliczenia miały na celu głównie weryfikację założeń teoretycznych, a w tym poprawności modelu działań bojowych i algorytmów. Zdaniem autorów pełna weryfikacja proponowanych w rozprawie rozwiązań, a szczególnie ustalenie zakresu praktycznego ich zastosowania, jest możliwa poprzez doskonalenie algorytmów i programów obliczeniowych na EMC, a także konfrontację uzyskiwanych wyników z doświadczeniami z lokalnych konfliktów zbrojnych oraz ćwiczeń jednostek bojowych wojsk OPK.

Formułując założenia teoretyczne oraz opracowując algorytmy oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK brano pod uwagę możliwości obliczeniowe dysponowanej EMC /ODRA-1305/. Spowodowało to znaczne ograniczenia w spełnieniu wymagań dotyczących konwersacyjności modelu symulacyjnego, zwłaszcza w zakresie sposobów obrazowania wyników obliczeń. Autorzy przypuszczają, że po uruchomieniu EMC IRYS-80 z wielu założonych ograniczeń będzie można zrezygnować, a tym samym przybliżyć model do rzeczywistości.

Autorzy brali również pod uwagę, że wypracowanie metod oceny efektywności wojsk OPK jest problemem interdyscyplinarnym, zarówno pod względem teoretycznym, jak i praktycznym. Jego rozwiązanie, szczególnie w aspekcie praktycznym, wymaga zaangażowania zespołów naukowych składających się ze specjalistów różnych dziedzin. Każdy bowiem moduł systemu OPK może stanowić oddzielny przedmiot badań. Dotyczy to w szczególności poszczególnych rodzajów wojsk prowadzących działania bojowe w tym systemie. Należy przy tym zaznaczyć, że w niektórych dziedzinach nie w pełni rozwinięto badania szczegółowe, specjalistyczne. Dotyczy to zwłaszcza rozpoznania radioelektronicznego, walki radioelektronicznej, a także modelowania działań bojowych rodzajów wojsk, wykonujących zadania w systemie OPK na zasadzie operacyjnego podporządkowania. Z kolei rozwiązuje się szczegółowo niektóre problemy symulacji zabezpieczenia działań bojowych wojsk OPK oraz w poszczególnych modułach systemu OPK /np. w ramach

tematu badawczego MODEL-4/. Jednak ich uwzględnienie w modelu działań bojowych wojsk OPK - ZENIT - wymaga szeregu prac weryfikacyjnych i adaptacyjnych.

Autorzy oczekują, że przedstawiona rozprawa habilitacyjna może spełnić wiodącą rolę jako podstawa /baza/ merytoryczna i metodyczna, głównie w dwóch aspektach:

1/ W badaniach dotyczących oceny efektywności działań bojowych wojsk OPK w skali operacyjnej i operacyjno-taktycznej.

2/ W rozwijaniu, ukierunkowywaniu i integracji kolejnych badań dotyczących poszczególnych modułów systemu OPK, w tym również w ramach realizacji zadania naukowego pod kryptonimem ZENIT nt.: "Model działań bojowych wojsk w systemie OP".

Jeżeli choć w części oczekiwania te zostaną spełnione, to autorzy będą usatysfakcjonowani.

B I B L I O G R A F I A

1. Adamczyk A.: Koncepcja metody oceny efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych związku operacyjno-taktycznego OPK, Zeszyty Naukowe ASG WP nr 1 1980 r.
2. Adamczyk A., Antczak S., Kierebiński H., Zabłocki E.: Efektywność zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych wojsk OPK, ASG WP 1981 r.
3. Adamczyk A., Antczak S., Kierebiński H., Majewski T., Zabłocki E.: Opracowanie miar kryterium efektywności pola radiolokacyjnego, WAT 1979 r.
4. Adamczyk A., Antczak S., Kierebiński H., Zabłocki E.: Ocena efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych lotnictwa myśliwskiego OPK, ASG WP 1979 r.
5. Antczak S., Zabłocki E.: Podstawowe założenia kompleksowej oceny efektywności wykorzystania sił i środków korpusu OPK oraz efektywności obrony obiektów, Zeszyty Naukowe ASG WP nr 4 1983 r.
6. Antczak S.: Algorytm oceny efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych związku operacyjno-taktycznego OPK i przykład jego zastosowania z wykorzystaniem EMC, Zeszyty Naukowe ASG WP nr 1 1980 r.
7. Antczak S.: Kryteria oceny efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych, Przegląd WL i OPK nr 8 1980 r.
8. Antczak S.: Wybrane kryteria oceny wpływu zakłóceń radioelektronicznych na możliwości wykrywania i śledzenia obiektów powietrznych za pomocą RLS, Przegląd WL i OPK nr 12 1980 r.
9. Antczak S.: Wykorzystanie współczynnika degradacji jako miary skuteczności zakłóceń RLS, Przegląd WL i OPK nr 4 1981 r.
10. Antczak S.: Zastosowanie badań operacyjnych do oceny pola radiolokacyjnego i wyboru ugrupowania WRT Przegląd WL i OPK nr 6 1982 r.
11. 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 WP 1978 r.

12. Antczak S.: Analiza systemowa w planowaniu działań bojowych wojsk OPK, Myśl Wojskowa nr 5 1984 r.
13. Badania operacyjne i metody ekonometryczne w wojsku, WAP 1980 r.
14. Biuletyn informacyjny nr 2 /122/, MON 1976 r.
15. Burlaga H., Piasecki S., Stanek A.: Model systemu obrony, WAT 1970 r.
16. Fiedotienkow H.: Wybor pokazatielia effiektiwnosti diejstwij protivoborstwaczuszczych storon, Wojennaja Mysl nr 11 1979 r.
17. Filar W.: Organizacja i planowanie dowozu na szczeblu frontu i armii przy wykorzystaniu EMC /rozprawa habilitacyjna/, ASG WP
18. Fishman G.: Symulacja komputerowa. Pojęcia i metody, Warszawa 1981 r.
19. Flanek Cz.: Metodologia oceny efektywności wykorzystania sił i środków w systemie OPL wojsk operacyjnych /rozprawa doktorska/, ASG WP 1977 r.
20. Gasparski W., Lewicka A.: Problematyka badań systemowych - próba charakterystyki, Prakseologia nr 2/46 1973 r.
21. Głuszkow W.: Sowierszenstwowanie uprawlenija narodnym choziajstwom na osnowie ekonomiko-matlematiczeskich mietodow i wyczislenij tiechniki, Moskwa 1971 r.
22. Gordon G.: Symulacja systemów, Warszawa 1974 r.
23. Gozdecki Cz., Kołodziński E.: Taktyka rodzaju wojsk. Charakterystyka SNP głównych państw kapitalistycznych, zasady ich użycia oraz prognoza rozwoju, WAT 1980 r.
24. Instrukcja współdziałania jednostek raketowych i lotnictwa w systemie OPK państw UW, MON 1975 r.
25. Jagielski J.: Prognozowanie uderzeń środków napadu powietrznego na obiekty obrony korpusu OPK metodą symulacji grafodynamicznej /rozprawa doktorska/, ASG WP 1984 r.
26. Kazaniecki A.: Współdziałanie w systemie obrony powietrznej korpusu OPK, Zeszyty Naukowe ASG WP nr 4 1983 r.

27. Kierebiński H.: Modelowanie walki podstawowych rodzajów wojsk OPK na szczeblu taktycznym z zastosowaniem symulacji komputerowej /rozprawa doktorska/, ASG WP 1984 r.
28. Kołodziński E., Pietkiewicz T.: Skuteczność działania systemu OP. Wybrane problemy automatyzacji dowodzenia, WAT 1980 r.
29. Kołodziński E., Pietkiewicz T.: Adekwatność modeli symulacyjnych, Postępy Cybernetyki nr 2 1987 r.
30. Kołodziński E., Pietkiewicz T.: Wpływ centralizacji dowodzenia na skuteczność działania systemu OP, Myśl Wojskowa nr 2 1981 r.
31. Kołodziński E.: Model działania systemu OP, Myśl Wojskowa nr 12 1982 r.
32. Kołodziński E., Pietkiewicz T.: Badanie skuteczności działania systemu OP metodą symulacji cyfrowej, WAT 1984 r.
33. Kompendium sił zbrojnych państw NATO, MON 1983 r.
34. Konieczny J.: Inżynieria systemów działania, Warszawa 1983 r.
35. Koźmiński A.: Decyzje. Analiza systemowa organizacji, Warszawa 1979 r.
36. Kukuła Z., Smoter J.: Odpieranie pierwszego nalotu ŚNP NATO w granicach PRL, ASG WP 1980 r.
37. Kukuła Z., Smoter J.: Sztuka operacyjna wojsk OPK. Część II, ASG WP 1979 r.
38. Kulczycki R.: Zastosowanie symulacji komputerowej do doskonalenia ugrupowania i kierowania ogniem związku taktycznego /oddziału/ wojsk rakietowych OPK /rozprawa habilitacyjna/, ASG WP 1979 r.
39. Kulikowski R.: Analiza systemowa i jej zastosowanie, Warszawa 1977r.
40. Materiały z narady naukowej nt.: Wybrane problemy oceny efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych związku operacyjno-taktycznego OPK, Zeszyty Naukowe ASG WP nr 1 1980 r.
41. Materiały z sympozjum naukowego nt.: Problemy doskonalenia systemu OPK PRL w świetle prognostycznego rozwoju środków walki, Zeszyty Naukowe ASG WP nr 2 1981 r.

42. Metodyka wojskowych badań naukowych, ASG WP 1983 r.
43. Modelowanie systemowe społeczno-gospodarczego rozwoju kraju, Warszawa 1979 r.
44. Modelowanie rozwoju społeczno-gospodarczego kraju metodami analizy systemowej, Warszawa 1979 r.
45. Obroniecki T.: Określanie ilościowo-jakościowego stosunku sił OPL do ŚNF oraz jego wykorzystanie na szczeblu operacyjnym /rozprawa doktorska/, ASG WP 1983 r.
46. Ocena efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych wojsk OPK, Cz.II ASG WP 1981 r.
47. Pokruszyński W.: Podstawowe problemy kierowania ogniem WR OPK w przyszłościowym zautomatyzowanym systemie dowodzenia /rozprawa habilitacyjna/, ASG WP 1977 r.
48. Pokruszyński W.: Sztuka operacyjna wojsk OPK, ASG WP 1985 r.
49. Pokruszyński W., Zabłocki E., Antczak S., Kazaniecki A.: Komputerowy model symulacyjny działań bojowych wojsk w systemie obrony powietrznej /konceptcje rozwiązania problemu/, ASG WP 1983 r.
50. Rogucki A.: Analiza systemowa w planowaniu obrony, MON 1975 r.
51. Sienkiewicz P.: Inżynieria systemów, MON-1983 r.
52. Sienkiewicz P.: Teoria efektywności systemów kierowania.T.2. Problemy efektywności działania, ASG WP 1979 r.
53. Simonnard M.: Programowanie liniowe, Warszawa 1967 r.
54. Smoter J.: Metodyka wypracowania decyzji dowódcy korpusu OPK podczas organizacji i prowadzenia działań bojowych, Zeszyty Naukowe ASG WP nr 4 1983 r.
55. Stoff W.: Modelowanie i filozofia, Warszawa 1971 r.
56. Taborowski S.: Modelowanie nalotów przeciwnika powietrznego dla potrzeb planowania działań bojowych korpusu OPK /rozprawa doktorska/, ASG WP 1977 r.
57. Tarabanow B.: Kriteriai efektywnosti borby z wozdusznym protivnikom, Wojennaja Mysl 1979 r.
58. Tezy do sympozjum naukowego nt.: Wybrane problemy oceny efektyw-

- ności wykorzystania i skuteczności działania korpusu OPK, ASG WP 1931 r.
59. Wakin S.A., Szustow L.N.: Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego, MON 1972 r.
 60. Zabłocki E., Adamczyk A.: Metoda oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK /rozprawa doktorska/, ASG WP 1978 r.
 61. Zabłocki E.: Kryteria oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego OPK, Przegląd WL i OPK nr 11 1979 r.
 62. Zabłocki E.: Ocena możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego OPK, ASG WP 1979 r.
 63. Zabłocki E.: Organizacja działań bojowych w oddziałach wojsk OPK, ASG WP 1980 r.
 64. Zabłocki E.: Niektóre problemy wyboru kryteriów i metod oceny efektywności wykorzystania sił i środków OP, Zeszyty Naukowe ASG WP nr 1 1980 r.
 65. Zabłocki E.: Modelowanie walki powietrznej, Przegląd WL i OPK nr 10 1983 r.
 66. Zabłocki E., Szymański R.: Modelowanie walki powietrznej, Zeszyty Naukowe ASG WP nr 4 1983 r.
 67. Zabłocki E.: Taktyka lotnictwa myśliwskiego obrony powietrznej kraju, ASG WP 1985 r.
 68. Zabłocki E., Antczak S.: Ocena efektywności działań bojowych związku operacyjno-taktycznego OPK dla potrzeb planowania walki, ASG WP 1984 r.
 69. Zapiór J.: Zastosowanie symulacji i symulatorów do szkolenia taktyczno-bojowego wojsk OPK /rozprawa doktorska/, ASG WP 1979 r.
 70. Żebrowski M.: Taktyka ogólna wojsk OPK, ASG WP 1982 r.

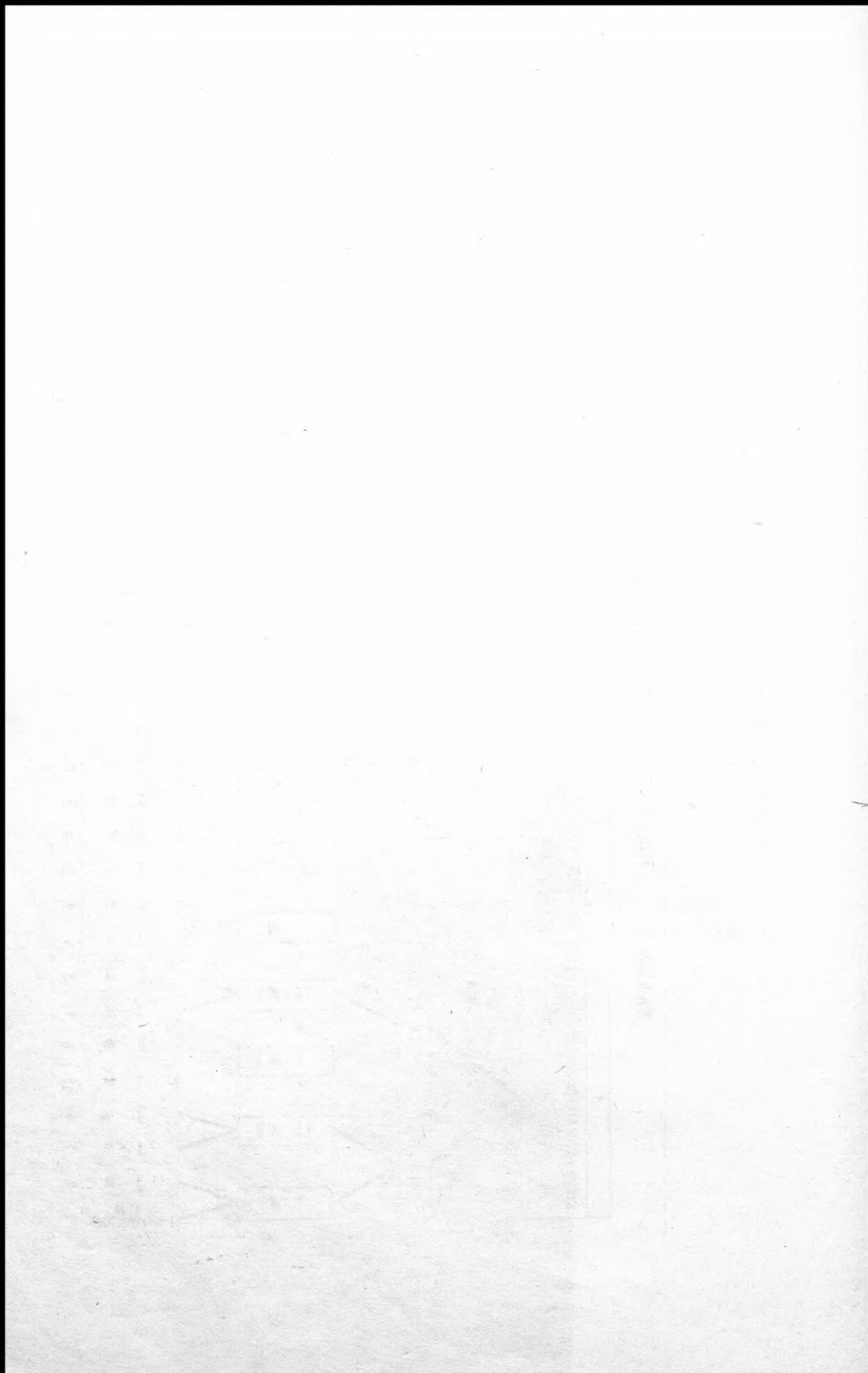
Wydrukowano w 20 egz.

Egz.nr 1-20 Bibl.Nauk.DZS

Wyk.płk Zabłocki

ppłk Antozak

Druk ASG WP nr pf-1048/WW

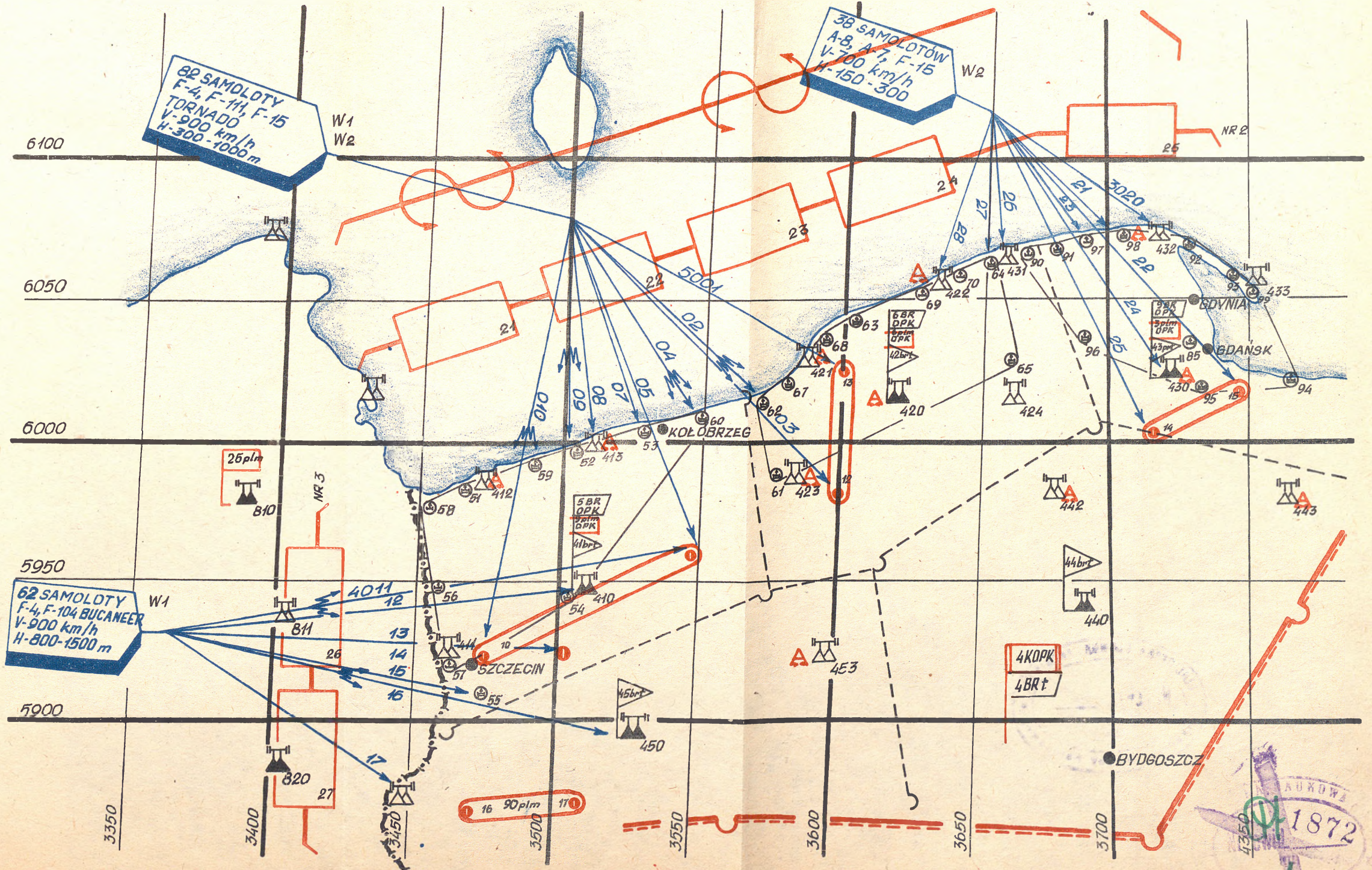


PLAN DZIAŁAŃ BOJOWYCH 4 KORPUSU OPK

Wariant

POUFNE
Egz. Nr.....

Wklejka 1 do poz. pf. 1048/WW
Załącznik 2





Potencjalne możliwości oddziaływania LM na ŚNP

Wariant 1/1

Tablica 1

Nr LOTNISKA (STREFA)	Nr CELU	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	RAZEM
		2 3	2 8	2 3	2 8	2 3	2 8	2 1	2 1	2 1	2 5	2 5	2 4	2 5	2 1	2 8	2 4	2 1	
21	1							1											1
21	1																		0
22	1					1													1
22	1								1										1
23	1		1																1
23	1						1												1
24	1	1																	1
24	1			1															1
10	2											1	1						2
11	2				1							1							2
12	4																		0
13	4																		0
14	5																		0
15	5																		0
RAZEM		1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	11

Legenda:

q - potrzebna liczba oddziaływań na dany cel powietrzny.

m₁ - możliwa liczba oddziaływań z lotniska lub strefy /liczba grup samolotów/.

1/1 - licznik - wariant działań bojowych; mianownik - wariant nalotu.

Wykaz zabezpieczenia wykrywania
i śledzenia celów powietrznych przez WRT

Wariant 1/1

Czas rozpoczęcia nalotu T = 6.0000

Tablica 6

NR RLP NR CELU			410	411	412	413	420	452	820	810	812
	5001	P					6.1100	6.1630			
	K					6.1630	6.1830				6.0730
5002	P	6.1400									6.0300
	K	6.2200									6.1400
5003	P					6.0830					6.0230
	K					6.1730					6.0830
5004	P	6.1230									6.0130
	K	6.2230									6.1230
5005	P					6.0830					6.0230
	K					6.1700					6.0830
5006	P	6.1500									6.0400
	K	6.2330									6.1500
5007	P			6.0630							6.0200
	K			6.1130							6.0830
5008	P	6.1030				6.0800					6.0400
	K	6.1130				6.1030					6.0530
5009	P	6.1630				6.1230					6.0600
	K	6.1800				6.1630					6.0800
5010	P	6.1600	6.2330								6.0500
	K	6.2330	6.2600								6.1600
4011	P		6.1700							6.0100	
	K		6.1730							6.1700	
4012	P							6.0330			
	K							6.2230			
4013	P	6.1900								6.0630	
	K	6.1930								6.1900	
4014	P							6.0630			
	K							6.1500			
4015	P							6.1000			
	K							6.2230			
4016	P	6.1930								6.0630	
	K	6.2400								6.1930	
4017	P		6.1230						6.0830		
	K		6.1800						6.1230		

Legenda:

P - czas rozpoczęcia śledzenia celu powietrznego /wykrycia/.

K - czas zakończenia śledzenia celu powietrznego.

6.0330 - 6 - godzina; 03 - minuty; 30 - sekundy.

Wykaz zabezpieczenia naprowadzania IM na cele powietrzne przez WRT

Wariant 1/1

Tablica 7

Nr CELU	Nr RUP	410	412	413	420	421	422	430	432	440	450	452	453
		P	6.1100	6.1100	6.1100	6.1200	6.1200	6.1400					6.1100
K	6.1800	6.1800	6.1600	6.1800	6.1800	6.1800					6.1800	6.1700	6.1600
P			6.1500										6.1200
K			6.1800										6.1800
5002	P	6.1100	6.0600	6.0700	6.1000	6.1000	6.1200	6.2000	6.1800	6.2100	6.1100	6.1100	6.1200
	K	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.1700	6.1800
	P											6.1800	6.1800
K												6.2200	6.2200
5003	P	6.1400	6.1000	6.0800	6.1000	6.1100	6.1400				6.1100	6.1100	6.1200
	K	6.1700	6.1600	6.1700	6.1700	6.1700	6.1700				6.1700	6.1700	6.1800
	P	6.0900	6.0500	6.0600	6.0900	6.0900	6.1100	6.2000	6.1800	6.2100	6.1100	6.1100	6.1500
K	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.1700	6.1700	6.2200
P												6.1800	
K												6.2200	
5005	P	6.0300	6.0500	6.0800	6.0900	6.1100	6.1100				6.1100	6.1100	
	K	6.1700	6.0700	6.1700	6.1700	6.1700	6.1300				6.1700	6.1700	
	P		6.1000				6.1500						
K		6.1700				6.1700							
5006	P	6.0900	6.0500	6.0800	6.0900	6.1100	6.1100	6.2000	6.1800	6.2100	6.1100	6.1100	6.1200
	K	6.2300	6.2300	6.2300	6.2300	6.2300	6.2300	6.2300	6.2300	6.2300	6.2300	6.1700	6.2300
	P											6.1800	
K											6.2300		
5007	P	6.0800	6.0500	6.0500	6.0800	6.0700	6.0900					6.1100	6.1100
	K	6.1100	6.1100	6.1100	6.1100	6.1100	6.1100				6.1100	6.1100	6.1100
	P	6.1000	6.0900	6.0800	6.0800		6.0900				6.1100	6.1100	
K	6.1100	6.1100	6.1100	6.1100		6.1100				6.1100	6.1100		
5009	P	6.1200	6.1400	6.1200	6.1200		6.1200				6.1200	6.1200	
	K	6.1800	6.1800	6.1800	6.1800		6.1800				6.1800	6.1800	
	P	6.1200	6.0800	6.0900	6.1200	6.1200	6.1200	6.2000	6.1800	6.2100	6.1200	6.1200	6.2000
K	6.2600	6.2600	6.2600	6.2600	6.2600	6.2600	6.2600	6.2600	6.2600	6.2600	6.2600	6.1700	6.2600
P												6.1800	
K												6.2600	
4011	P	6.0600	6.0400	6.0800	6.1100	6.1200	6.1200				6.0800	6.0200	6.1200
	K	6.1700	6.1700	6.1700	6.1700	6.1700	6.1700				6.1700	6.1700	6.1700
	P	6.0600	6.0500	6.0800	6.1100	6.1200	6.1200	6.2000	6.1800	6.2100	6.0800	6.0500	6.1200
K	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.1500
P													6.1700
K													6.2200
4013	P	6.0600	6.0600	6.0800	6.1100	6.1200	6.1200		6.1800		6.0800	6.0600	6.1200
	K	6.1900	6.1900	6.1900	6.1900	6.1900	6.1900		6.1900		6.1900	6.1900	6.1500
	P												6.1800
K												6.1900	
4014	P	6.0600	6.0600	6.0800	6.1100	6.1200	6.1200				6.0800	6.0600	6.1200
	K	6.1300	6.1300	6.1300	6.1300	6.1300	6.1300				6.1300	6.1300	6.1300
	P	6.1000	6.1000	6.1000	6.1100	6.1200	6.1200	6.2000	6.2100		6.1000	6.1000	6.1200
K	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.2200	6.1500	
P												6.2200	
K												6.2200	
4016	P	6.1000	6.1000	6.1100	6.1200	6.1200	6.2000	6.1800	6.2100		6.1000	6.0800	6.1200
	K	6.2400	6.2400	6.2400	6.2400	6.2400	6.2400	6.2400	6.2400		6.2400	6.2400	6.1500
	P												6.1700
K												6.2400	
4017	P	6.1000	6.1000	6.1000	6.1100	6.1200	6.1200				6.1000	6.0800	6.1200
	K	6.1800	6.1800	6.1800	6.1800	6.1800	6.1800				6.1800	6.1600	6.1500
	P												6.1700
K												6.1800	

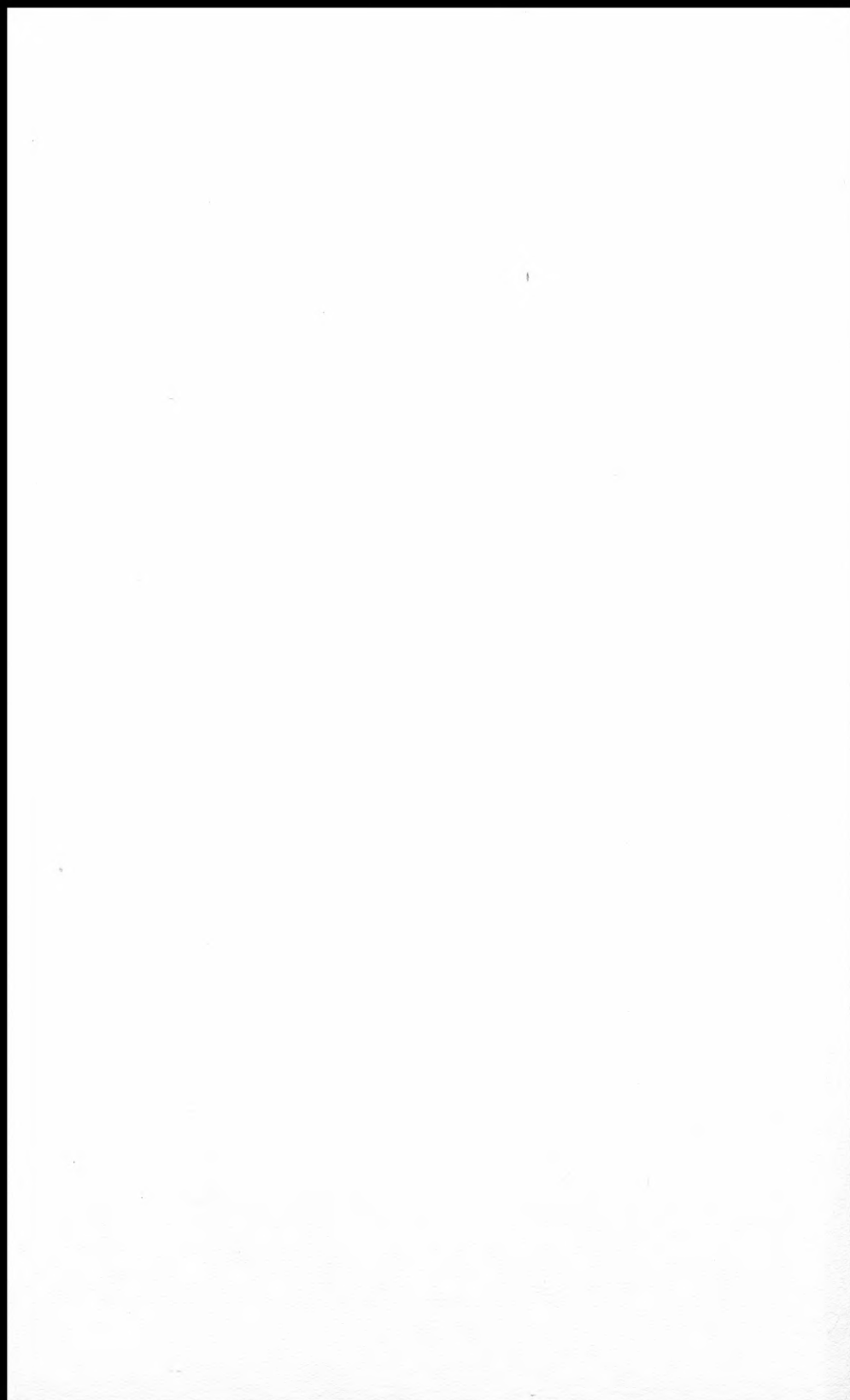
Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na ŚNP

Wariant 1/1

Tablica 3

№ LOTNISK (STREF)	№ CELU	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	RAZEM
		3	8	3	8	3	8	1	1	1	5	5	4	5	1	8	4	1	
21	1																		0
21	1																		0
22	1							1											1
22	1		1																1
23	1												1						1
23	1														1				1
24	1											1							1
24	1				1														1
10	2											1		1					2
11	2				1	1													2
12	4																		0
13	4																		0
14	5																		0
15	5																		0
RAZEM		0	1	0	2	1	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	10

Wskaźnik efektywności zabezpieczenia radiolokacyjnego działań bojowych
LM: $W = 0,91$



Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na SNP

Wariant 2/1

Tablica 3

WŁOŚNIK (STRZEFA)	NR CELU	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	RAZEM
		2	3	8	3	8	3	8	1	1	1	5	5	4	5	1	8	4	
21	1																		0
21	1																		0
22	1							1											1
22	1		1																1
23	1												1						1
23	1														1				1
24	1											1							1
24	1				1														1
10	2											1		1					2
11	2				1	1													2
12	4																		0
13	4																		0
14	5																		0
15	5																		0
RAZEM		0	1	0	2	1	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	10

Oczekiwane rezultaty oddziaływania LM na S.M.P

Wariant 6/3

Tablica 20

Nr LOTNISK (STREF)	Nr CELU m ²	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	20	21	22	23	24	25	26	RAZEM
		3	8	3	8	3	8	1	1	1	5	1	1	5	1	4	5	3	
21	1																		0
21	1																		0
22	1							1											1
22	1				1														1
23	1														1				1
23	1															1			1
24	1													1					1
24	1																	1	1
10	2				1						1								2
11	2		1				1												2
42	4																		0
43	4																		0
14	5																		0
45	5															1			1
RAZEM		0	1	0	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	2	0	1	11

